

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 1/21</i>
------------------------------------	--	---

**DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA
A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI
(MICROSTRIP E PIXELLATI)**

(Issue 2.1 - Ottobre 2005)

Rapporto Interno IASF/BO n. 404/2004

Authors:

N. Auricchio⁽¹⁾
E. Caroli⁽¹⁾
A. Donati
S. Del Sordo⁽²⁾
F. Schiavone⁽¹⁾
G.F. Taiocchi⁽³⁾
G. Ventura⁽¹⁾

Affiliations:

1. INAF/IASF – Bologna
2. INAF/IASF – Palermo
3. AEN – Ponteranica (BG)

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 2/21</i>
------------------------------	--	---

1. Obiettivo

Il presente documento ha l'obiettivo di descrivere l'elettronica di un sistema di misura tipo gamma camera a 64 canali sviluppato all'interno di una collaborazione tra IASF- Sez. Bologna e la Ditta AEN (Ponteranica) e consegnato il 27/07/04 al gruppo appartenente all'IASF che si occupa del sottosistema Rivelatore per raggi X duri nel progetto ASI/OAB nell'ambito del contratto N. I/014/04/0 per un progetto preliminare di payload per astrofisica delle alte energie.

2. Descrizione della logica del sistema elettronico Position Sensitive

L'elettronica è stata progettata in modo da trattare un rivelatore sensibile alla posizione, sia a pixel che a microstrip come una rivelatore di tipo gamma camera. Questa soluzione ha permesso lo sviluppo di una elettronica con una logica quasi indipendente dal tipo di rivelatore che ha la possibilità di essere facilmente estendibile alla lettura e gestione di un numero elevato di canali.

La logica di questo tipo di elettronica si basa sulla ricostruzione della posizione di un evento come se il rivelatore fosse continuo (gamma camera) mediante una differenza pesata dei segnali generati dalle interazioni che costituiscono l'evento mentre l'energia si ottiene sommando tutti i segnali corrispondenti. I segnali provenienti dal rivelatore (dalla zona di 64 pixel equivalenti collegata alle catene elettroniche di pre-amplificazione e formatura) vengono iniettati sui nodi di una maglia di resistenze rispettando la posizione geometrica. Il segnale in uscita è raccolto sui 4 vertici della maglia resistiva, sommando le 4 raccolte si ottiene l'informazione sull'energia, mentre dai loro rapporti si determina la posizione.

La posizione dell'evento è data da:

$$x = \frac{x_A - x_B}{x_A + x_B}$$

$$y = \frac{y_C - y_D}{y_C + y_D}$$

L'energia dell'evento è fornita dalla relazione seguente:

$$E = x_A + x_B + y_C + y_D \quad (\text{rivelatore a pixel})$$

$$E = y_C + y_D \quad (\text{rivelatore a microstrip})$$

In particolare questo sistema permette di valutare se un evento sia stato raccolto da un solo rivelatore, quindi, centrato su una delle 64 piccole zone ben delimitate, oppure se raccolto come baricentro da due o più rivelatori simultaneamente. La differenza tra le due raccolte indica se la radiazione ha interessato due o più rivelatori e, quindi, se è stata scatterata.

Sono necessarie 4 serie di conversioni bidimensionali. La prima per determinare il parametro x, la seconda quello della y, la terza è a vuoto ma serve come tempo per calcolare accuratamente la posizione dell'evento, individuare il coefficiente di guadagno per quella posizione e quindi

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref: PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 3/21</i>
------------------------------------	--	--

predisporre per una misura accurata dell'energia, la quarta e ultima per valutare l'energia. Il tempo morto totale sale quindi a circa 20 microsec per evento.

I convertitori sono dei flash ADC con un particolare accorgimento per migliorare la linearità differenziale: per cambiare la costante di conversione basta cambiare la tensione di riferimento. Per equalizzare i segnali, quindi, devo cambiare la costante di conversione (vedi schema di Taiocchi). Dei due quozienti ottenuti per determinare la posizione si utilizzano i 5 bit più significativi a formare una matrice pari a 1024 zone in cui viene idealmente diviso il campo di misura. Ogni zona ha, quindi, un riscontro in celle di memoria con contenuto a 10 bit che caricati su una DAC forniscono la tensione di riferimento per la conversione ADC finale. La quarta conversione è quella che riconosce l'energia come somma dei 4 segnali x_A , x_B , y_C , y_D . La tensione di riferimento così ottenuta viene applicata a 4 helipot che definiscono due finestre analogiche di energia (finestre A e B).

La mappa interna di individuazione dei guadagni è stata portata da 256 zone (4x4 bit) a 1024 (5x5 bit). Questo perché mentre per il fotomoltiplicatore si può pensare ad una certa gradualità nel variare da una zona all'altra, nel caso dei pixel di CZT lo stacco è netto (Fig. 1). Ogni pixel individuato (zona nera) estende la sua correzione a agli otto pixel adiacenti (zona tratteggiata). Resta interposta una terra di nessuno non corretta in cui vale il guadagno medio per garantire una non sovrapposizione della correzione nel caso il pixel si trovasse sui bordi della maglia.

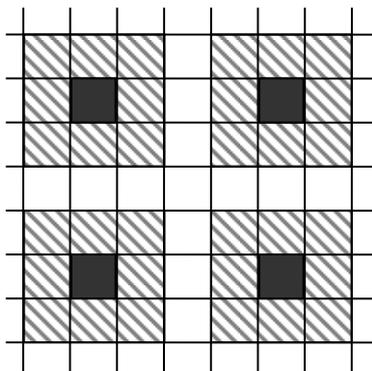


Figura 1. Individuazione della posizione con correzione dei guadagni.

Le catene di amplificazione hanno differenze di guadagno contenute in qualche per cento, ma la carica è raccolta su un solo elettrodo e non, come nel caso dei fotomoltiplicatori, a forma di macchia che interessa più elettrodi. Nel caso di alte energie la risoluzione spaziale dà luogo a macchie di raccolta concentrata, intervallate da spazi vuoti. Valori intermedi tra le macchie sono possibili solo in presenza di due eventi simultanei o scatterati, e in questi casi la correzione non funziona perché rari. Nel caso delle basse energie le macchie si allargano e si confondono, dando luogo ad una indeterminazione nel valore del guadagno con cui devono essere convertiti gli eventi fuori macchia. La correzione automatica del guadagno viene abilitata nel modo seguente. Durante la quarta conversione, che usa il riferimento corretto per gli helipot, a metà circa, si interroga se il segnale strecciato del valore di energia si trova in finestra B e contemporaneamente se sopra o sotto il valore mediano di questa. Il risultato è memorizzato su due flag. Terminata la quarta conversione e, quindi, tutto il ciclo d'elaborazione, si è pronti per accettare nuovi eventi.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 4/21</i>
------------------------------------	--	---

Se siamo in correzione abilitata, inizia l'aggiornamento della memoria di correzione. Sulla cella individuata si opera un ± 3 (+3 se siamo nella finestra superiore) e ± 1 sulle 8 celle adiacenti. In questo caso si opera un intreccio di correzioni che riacorda la normalizzazione. La finestra A è usata per una seconda riga. In funzione dei bit delle due finestre si possono costruire due mappe, più una terza dei *fuori finestra*.

La risoluzione spaziale nasce dal rapporto di due numeri interi. È evidente che il rapporto è ben definito quando i numeri sono grandi (alte energie) mentre si deteriora con numeri piccoli. La risoluzione in energia non influisce sulla risoluzione spaziale, che è legata alla sola ampiezza del segnale.

Le distorsioni e i limiti di questo sistema elettronico sono i seguenti:

- 1) L'impedenza di uscita degli ASIC è considerata zero perciò i nodi di maglia risultano cortocircuitati impedendo ai segnali di distribuirsi. L'inconveniente si limita mettendo in serie agli ASIC una impedenza molto alta approfittando del segnale molto grande. La rete è fatta da resistenze da $3\text{ k}\Omega$ con un'impedenza d'ingresso di circa $1\text{ k}\Omega$ mentre le resistenze d'iniezione sono di $330\text{ k}\Omega$ (Fig. 2). I preamplificatori a bassa impedenza d'uscita diventano elementi d'assorbimento del segnale e sono, perciò, disaccoppiati con resistenze di valore 100-150 volte superiori a quelle che compongono la linea. Nel nostro caso le resistenze parassite sono molte e l'effetto si traduce in una diversa attenuazione del guadagno corretta poi nella scheda madre.

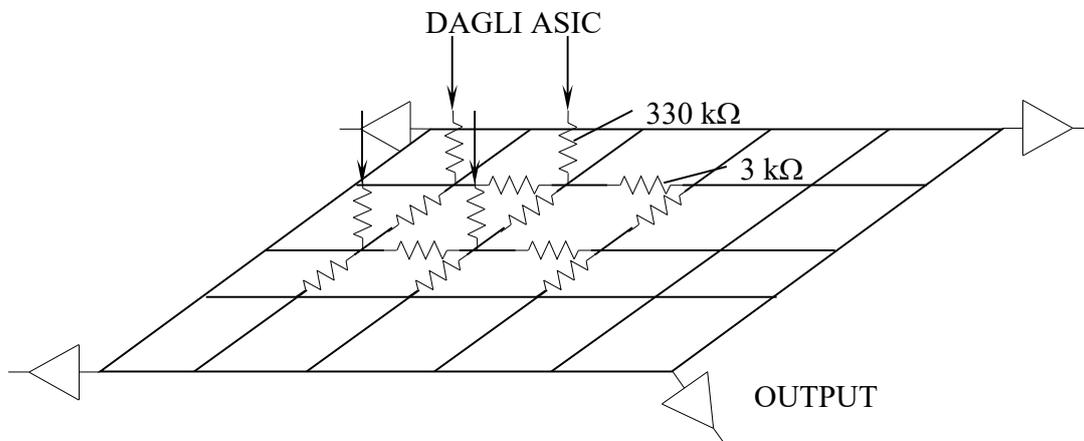


Figura 2. Iniezione del segnale sui nodi della maglia di resistenze.

- 2) La distribuzione del segnale non è lineare sulle 4 estremità ma una funzione logaritmica per cui nell'elaborazione semplificata lineare effettuata dalla scheda madre si ha una aberrazione tendente a zero nella zona centrale ma molto accentuata alle estremità (Fig. 3). Il difetto è stato attenuato spostando la raccolta ad una maglia esterna al campo di misura. In questo modo si stirano verso l'esterno i bordi molto deformati. Le 4 uscite sono ovviamente riamplicate e sommate in modo d'avere i 4 parametri utili all'elaborazione x_A, x_B, y_C, y_D . Sono però disponibili anche i 4 segnali preamplificati di vertice utili come monitor (Fig. 4). I 4 segnali x e y vengono mandati alla scheda madre.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref: PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 5/21</i>
------------------------------------	--	--

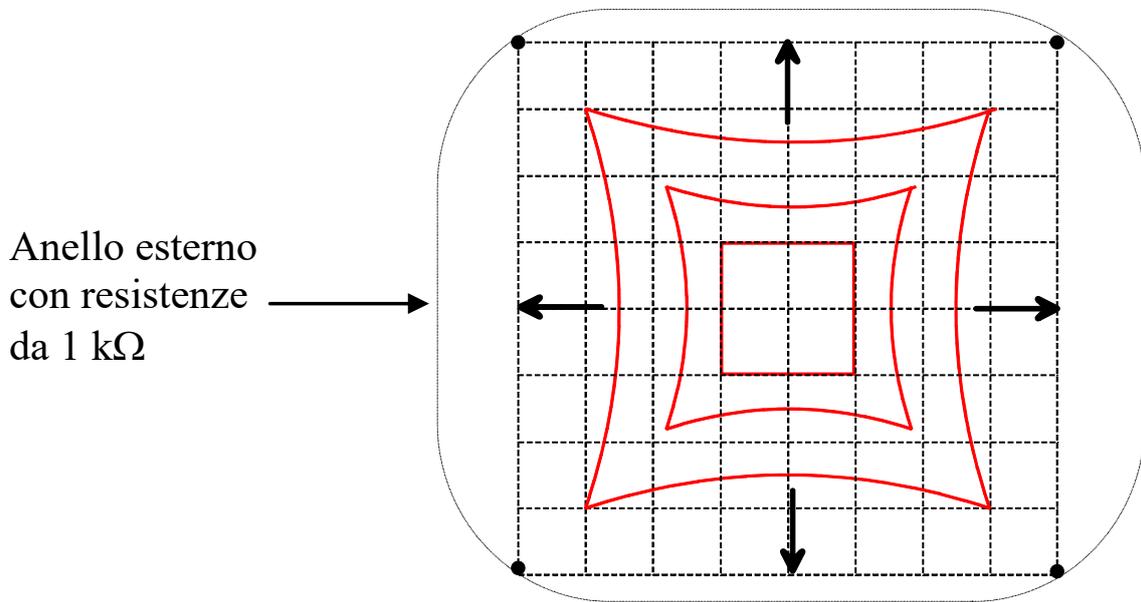


Figura 3. Distorsione di posizione introdotta dalla raccolta su piastra resistiva.

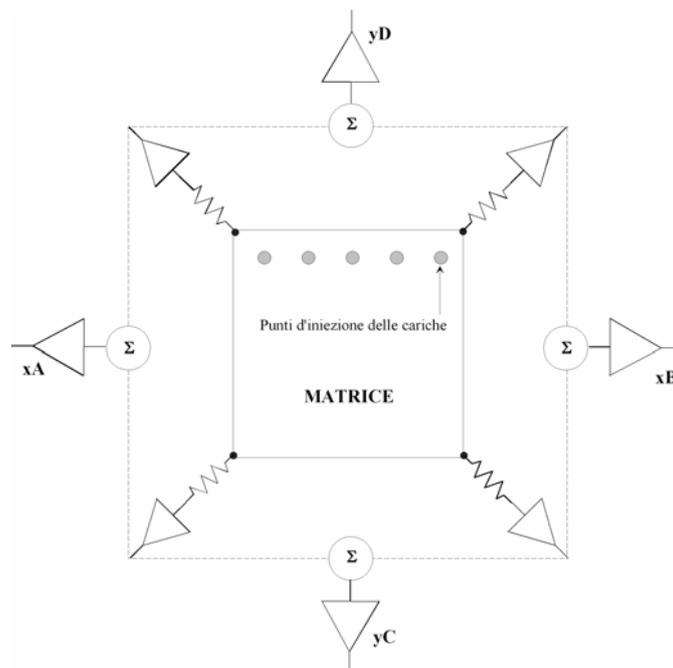


Figura 4. Raccolta dei segnali.

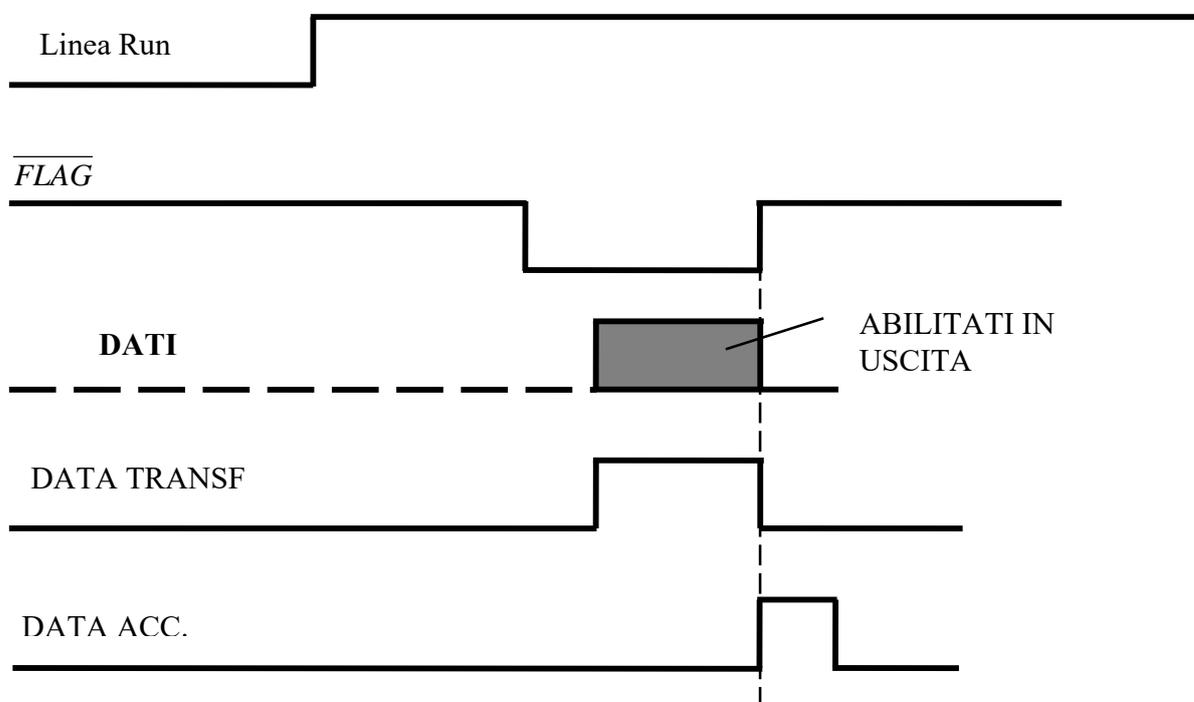
INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 6/21</i>
------------------------------	--	---

3) Un'altra fonte d'incertezza è dovuta alla presenza simultanea sulla matrice di raccolta di tutti i 64 rumori dei singoli pixel. Il rumore è circa 8 volte più alto di quello che si avrebbe usando le 64 linee individuali tradizionali. Bisogna valutare se questo rumore è ininfluente rispetto all'incertezza della raccolta intrinseca al rivelatore e quindi di quanto si peggiora la raccolta. Se questo risulta intollerabile si introduce tra gli ASIC e la matrice un'unità **SOPPRESSORE** di rumore (vedi appendice 1).

4) Uscita dati

I dati in uscita sono formati da una singola parola a 32 bit (10 come posizione x, 10 come y e 10 come energia più i due bit delle soglie analogiche A e B), TTL a logica negata più 4 livelli di servizio:

- la linea di run/stop: abilita il conteggio per livello positivo proveniente dall'esterno (in entrata)
- il flag: livello negativo in uscita che indica dati convertiti pronti (in uscita)
- Il data transf: livello positivo che apre i gate di uscita dei 32 bit dei dati (in entrata)
- Il data accepted: valore basso che si alza per resettare il flag e poi sparisce (in entrata)



INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref: PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 7/21</i>
------------------------------------	--	--

4. Descrizione dell'elettronica di Front end

Questa elettronica si propone diverse finalità:

1. **Meccanica.** Un solo circuito stampato solidale con il pannello frontale, con connettore multiplo di ingresso dei segnali (connessione ai preamplificatori) e alimentazione .
Connettore di alimentazione con ± 12 V e +6 .
Connettore di uscita dei dati in parallelo con logica di Hand Shaking (una sola parola fino a 30 bit).
2. **Regolazione dei guadagni e dell'offset degli ingressi.** DC restorer e regolazione di offset su ogni singolo ingresso. Regolazione dei 4 guadagni (uno per ingresso). Sommatori analogici operati sui 4 segnali stretchati e opportune regolazioni per poter avere grandezze sempre positive e così operare le normalizzazioni con grandezze convertite in digitale.
3. **Doppio convertitore veloce** (3.2 μ s di conversione) per ridurre i tempi morti. Le conversioni sono due + due (normalizzazione asse x e normalizzazione y) e quindi circa 8 μ s di tempo morto + 5 μ s di linear gate (Rise Time Protection). E' possibile una terza conversione per l'energia se si vuole anche questo parametro oltre ai due di mappa (x e y). In questo caso si aggiungono altri 4 μ s.
4. **Doppia finestra d'energia** selezionabile con 4 helipot (due per la finestra A e due per la B). Ad ogni finestra è associabile una mappa propria per consentire misure di densità.
5. **Flat Field e stabilizzazione automatica** operata su 256 (1024 nel nostro caso) punti della mappa per livellare il più possibile la resa locale del rivelatore. Questa operazione è fatta usando la finestra di energia B, dove i due helipot regolano l'uno (B) il valore mediano della finestra e il secondo ($B \pm \Delta B$) regola l'ampiezza delle due semifinestre ΔB poste a cavallo di B in valore %. Un normalizzatore a tabella di 6+6 bit consente di individuare rapidamente la posizione del fotone (mappa di 4x4 bit = 256 punti, nel nostro caso mappa di 5x5 bit = 1024 punti). Una memoria di 256 parole di 12 bit fornisce la grandezza digitale e quindi analogica di riferimento per l'energia (anziché operare sull'ampiezza del segnale, si opera sui riferimenti dei comparatori delle soglie). L'aggiornamento delle memorie è fatto con la solita tecnica degli stabilizzatori di spettro digitali. In particolare nel nostro caso per migliorare l'uniformità le eventuali correzioni operano di due passi in + o - per il punto individuato e di un passo con lo stesso segno per gli 8 punti adiacenti.
6. **Gestione dei dati.** Benché le operazioni siano fatte gestendo grandezze originali di 12 bit, in uscita sono portati i soli 10 bit più significativi di ogni parametro. La mappa avrà, quindi, 10 bit per la x, 10 per la y e 10 bit per l'energia. Due bit individuano la finestra A e la finestra B, ossia le due possibili energie associate alla mappa. È possibile, però, avere lo spettro della sola energia che compare in alternativa alla grandezza x. La possibilità è selezionabile a mano e consente la taratura di qualunque grandezza intermedia grazie ad opportuni pin del connettore test del fronte (dell'unità base).
7. **Logiche di servizio.** Il front end è asservibile ad unità esterna. A questo scopo è stato fornito di un ingresso di Coincidenza Pronta e di una ritardata. Una uscita di Sincronismo da Costant Fraction provvede ad eventuali misure in sincronismo con analogo rivelatore per mappe tridimensionali.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 8/21</i>
------------------------------------	--	---

4.1 Descrizione delle componenti dell'elettronica

4.1.1 Unità Base

Questa unità è comune a tutti e due i prototipi di rivelazione e contiene la logica di trigger, di calcolo della posizione e dell'energia, il sistema di conversione A/D che si basa su 4 flash ADC e infine le fifo di uscita dei dati e la gestione del protocollo hand –shake di comunicazione con il sistema di acquisizione esterno. Sull'unità base è attivo anche un sistema che permette la autoregolazione dei guadagni.

L'unità di conversione o **unità base** è dotata di 11 potenziometri utili per le tarature iniziali riguardanti il trattamento dei segnali analogici di ingresso:

- 4 potenziometri indipendenti per l'offset dei 4 ADC;
- 4 potenziometri indipendenti per il gain delle 4 uscite;
- due potenziometri per il range delle mappe;
- 1 potenziometro per lo zero comune.

La messa a punto analogica del sistema riguarda principalmente le regolazioni dell'unità di conversione. È necessario infatti che vengano regolati con una certa accuratezza i guadagni dei 4 segnali in ingresso x_A , x_B , y_C , y_D e i loro relativi offset (8 potenziometri). L'offset a zero può essere regolato con l'aiuto di un tester, mentre per le ampiezze serve un multicanale esterno perchè la regolazione sia accurata. Le grandezze x_A+x_B , y_C+y_D servono per centrare la mappa, mentre due altri potenziometri regolano x_A-x_B , y_C-y_D in modo da poter stabilire il range di apertura. Tutte queste grandezze sono disponibili su un connettore frontale nel quale si inserisce un commutatore per poterle monitorare in modo singolo e come si è detto valutarle con l'oscilloscopio oppure usare un multicanale per una calibrazione più precisa. Per accelerare i tempi di calibrazione e soprattutto di verifica utilizziamo una unità esterna che simula un generatore di test e si sostituisce ai rivelatori e relativi ASIC che vengono visti come blocco unico e inaccessibile.

4.1.2 Interfaccia per rivelatore a microstrip

Matrice di resistenze per la ricostruzione della posizione ed energia degli eventi rivelati dal prototipo a microstrip. Questa interfaccia permette di leggere 16+16 strip equivalenti a 256 pixel.

4.1.3 Interfaccia per rivelatore a pixel

Matrice di resistenze per la ricostruzione della posizione ed energia degli eventi rivelati dal prototipo a pixel. Questa interfaccia permette l'acquisizione di 64 canali equivalenti ad un subset di 8x8 pixel del rivelatore.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref: PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 9/21</i>
------------------------------------	--	--

4.2 Descrizione del Pannello Frontale dell'unità base

Sul pannello frontale sono posti i seguenti comandi:

- 1) Potenzimetri delle soglie di energia SUPERIORE ed INFERIORE che limitano l'intervallo di energia rilevabile.
- 2) Connettore a 9 pin per il collegamento con il rivelatore (connettore di ingresso).

Sul connettore ci sono le alimentazioni a ± 12 V per il modulo di interfaccia Pixel I/F e i 4 segnali X_A , X_B , Y_C , Y_D .

- 3) Connettore di test a 15 pin.

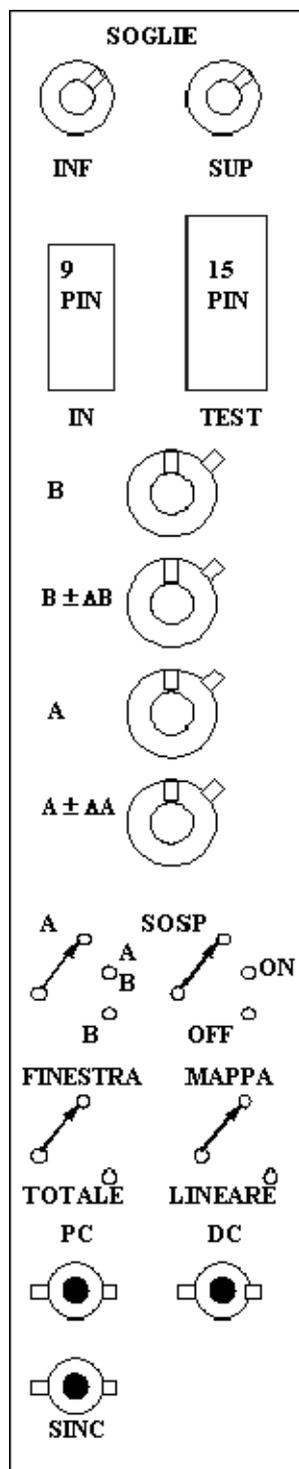
Su questo connettore sono posti i segnali analogici utili per il controllo delle tarature e relativo ingresso dell'ADC per le loro conversioni. Il collegamento è realizzato con un cavallotto esterno che permette la selezione della grandezza da convertire desiderata.

- 4) 4 helipot per la selezione delle due finestre di energia nelle quali raccogliere simultaneamente due mappe. La finestra B è utilizzata anche per la stabilizzazione automatica su un picco di energia prescelto. Per ogni finestra sono a disposizione due helipot: il primo fissa il centro della finestra e il secondo determina le due semiampiezze superiore e inferiore ($\pm \Delta E$), in % sul valore fissato dal primo helipot

- 5) Serie di commutatori di funzionamento:

- a. Commutatore che decide se la mappa è costruita sfruttando tutto lo spettro o le sole finestre (2 posizioni).
- b. Selettore di una sola mappa A o B o di entrambe (3 posizioni).
- c. Selettore per STABILIZZATORE ON:
correzione inserita ad inseguire il baricentro della finestra B.
STABILIZZAZIONE OFF:
correzione paralizzata e riferimento fisso in zona centrale (valore medio).
STABILIZZAZIONE SOSPESA:
la correzione è paralizzata però il riferimento è congelato sui valori raggiunti in fase di STABILIZZAZIONE ON.
- d. Selettore di Mappa o Lineare.
Si riferisce a come i dati in uscita vengono abilitati.
Nel primo caso escono i dati x e y della mappa oltre ai due bit di finestra (A e B).
Nel secondo caso escono i dati monodimensionali dell'energia opportunamente selezionati dalla voce b.
- e. 3 BNC di servizio (segnali TTL). Ingresso di COINCIDENZA PRONTA e RITARDATA (ritardo riferito ai 5 μ s di RST). Uscita del segnale di SINCronismo.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 10/21</i>
------------------------------	--	--



Schema del pannello frontale dell'unità base

SOGLIE (INF e SUP) Potenziometri Soglie analogiche Superiore-inferiore

IN connettore 9 pin femmina (ingressi e alimentazione)

TEST connettore 15 pin femmina per test interni

B helipot di selezione dell'energia centrale della finestra B

B ± ΔB selezione percentuale delle due semifinestre rispetto al valore B dell'energia B. La finestra $B \pm \Delta B$ è l'eventuale operatrice per la normalizzazione e stabilizzazione dei guadagni

A e A ± ΔA selezione analoga per la finestra B

Selettore a 3 posizioni **A/AB/B** per le finestre di energie (vedi FINESTRA/TOTALE).

Selettore a 3 posizioni **SOSP/ON/OFF** relativo all'inserimento dello stabilizzatore di spettro

Selettore a 2 posizioni **FINESTRA/TOTALE** per l'abilitazione dell'accumulo nelle due finestre o dell'accumulo totale.

Selettore a 2 posizioni **MAPPA/LINEARE** relativo alla conformazione dei dati in uscita

BNC PC (Pront Coincidence) e **DC** (Delayed Coincidence) ingressi TTL per comandare le coincidenze

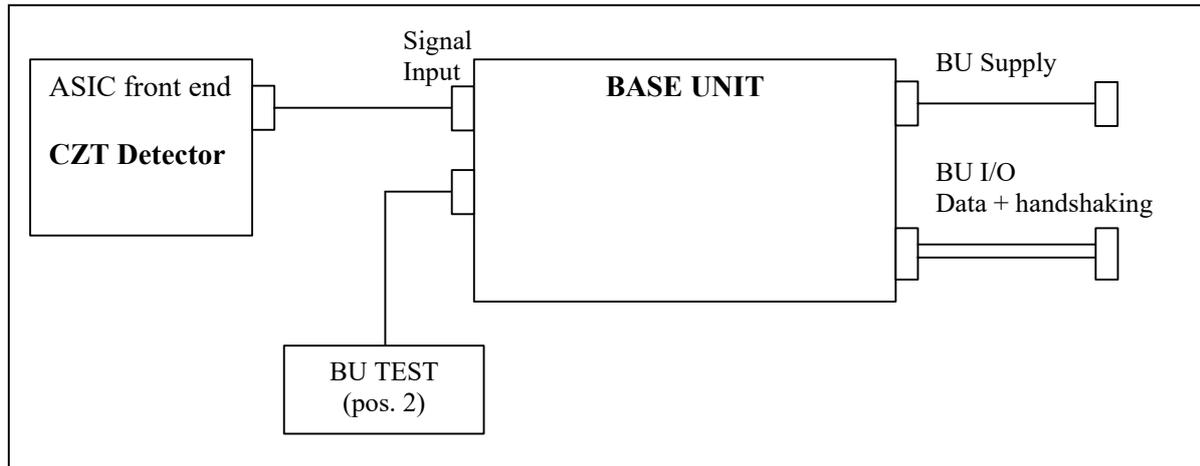
BNC SINC uscita di sincronismo (Costant Fraction) per la coincidenza tra due rivelatori

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 11/21</i>
------------------------------	--	--

4.3 Schemi delle configurazioni di misura e modalità di taratura

Di seguito sono riportati gli schemi delle diverse configurazioni di misura.

Condizioni di misura



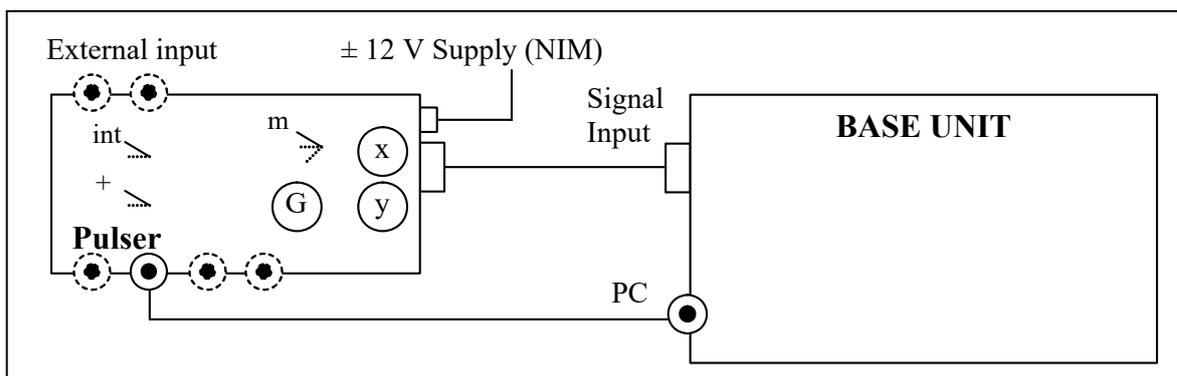
BU Test = commutatore di test

2 ⇒ misura

13-14-15 ⇒ taratura

6-7-8 ⇒ taratura

Condizioni di test usando x e y diretto



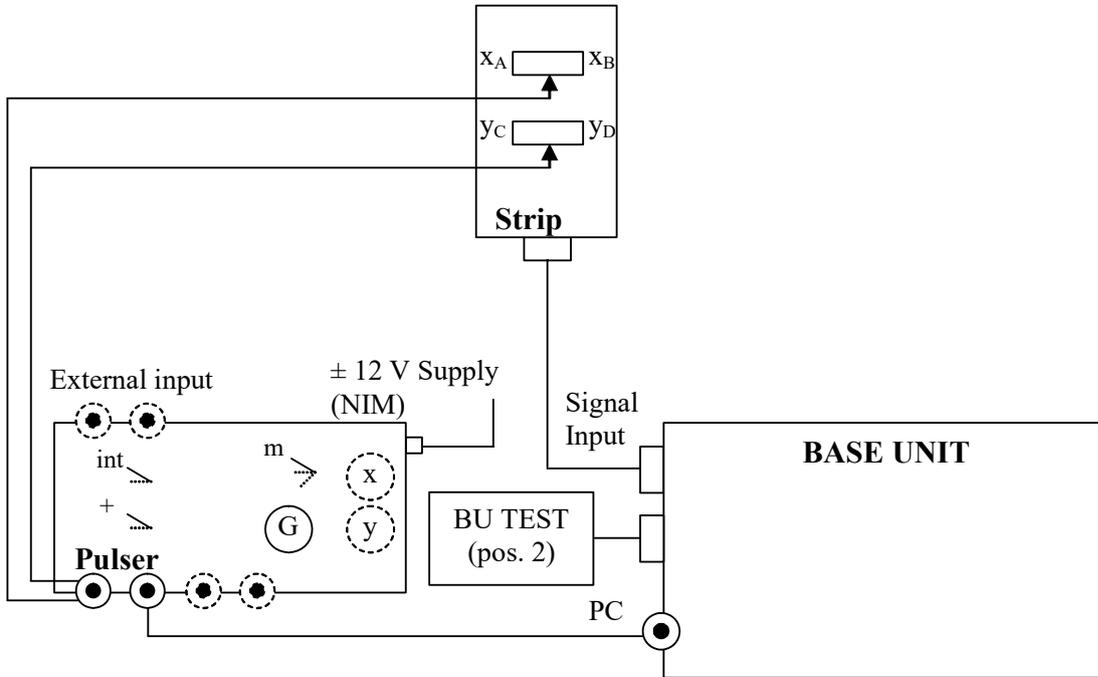
G = Gain, ampiezza del segnale. Il gain varia l'ampiezza del segnale, non cambia la posizione.

Con le posizioni: x = 5.00, y = 5.00 il segnale si trova al centro della mappa.

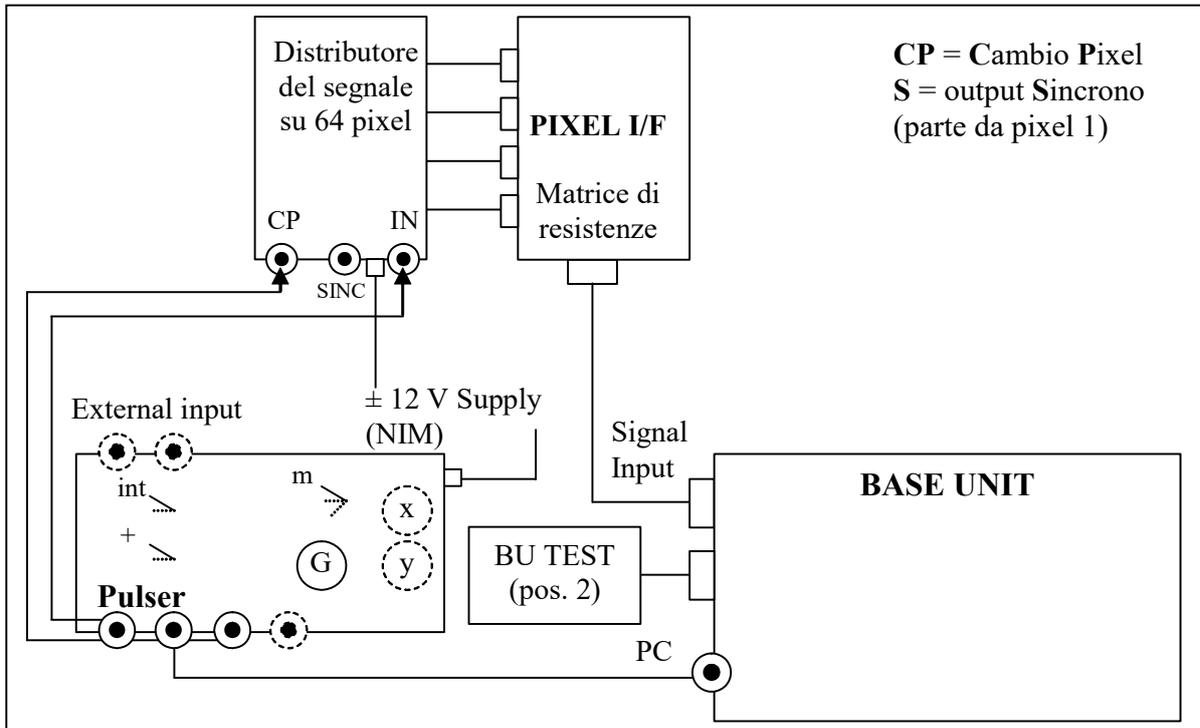
L'impulsore fornisce un segnale gaussiano, nel nostro caso utilizziamo un segnale **interno** (impulsore interno), **positivo** (polarità +) e con una frequenza **media** o bassa.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 12/21</i>
------------------------------------	---	--

Condizioni di test con rivelatore a strip



Condizioni di test con rivelatore a pixel



INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 13/21</i>
------------------------------------	---	--

5. Sequenza di taratura della parte analogica

La taratura ha lo scopo di ottenere la corrispondenza fra i pixel reali del rivelatore e la risposta dell'elettronica in modo da poter riconoscere la posizione e l'energia degli eventi. Nel nostro caso, in cui abbiamo utilizzato una matrice resistiva per la lettura di un rivelatore di 8x8 pixel, questa procedura permette di centrare la posizione di ogni pixel del rivelatore e quindi di riconoscere a posteriori se un evento è avvenuto all'interno dell'area definita da un pixel o vi è stata distribuzione di carica fra pixel adiacenti.

Le tarature vanno eseguite disponendo di tutto lo spettro e senza correzioni automatiche. È necessario settare:

- Stabilizzazione OFF
- Spettro totale
- Soglia inferiore bassa
- Soglia superiore massima.

La taratura è eseguita utilizzando il generatore d'impulsi, un multicanale TAKES o analogo e il commutatore è connesso all'uscita del connettore test a 15 PIN femmina. Il commutatore serve per presentare successivamente le varie grandezze analogiche da calibrare.

La sequenza da seguire per la taratura è:

1. Senza segnali in ingresso verificare i 4 offset x_A , x_B , x_C , x_D (operazionali A11 e A13) con un tester (vedi appendice 3);
2. con i 4 segnali uguali regolare i 4 potenziometri di GAIN e l'offset comune per ottenere le 4 tarature uguali e passanti per lo zero (Fig. 5). Il commutatore le seleziona singolarmente nelle posizioni 15 per x_A , 13 per x_B , 8 per y_C e 6 per y_D . Da una verifica poi su 14 (x_A+x_B) e 7 (y_C+y_D) i segnali risulteranno di ampiezza doppia. Su pos. 2 si verifica la somma totale dei 4 segnali però normalizzata a $\frac{1}{2}$, perciò della stessa ampiezza di pos. 14 e 7;
3. verificare che al variare dell'ampiezza del segnale di test non vari la posizione sulla mappa biparametrica: se si sono utilizzati quattro segnali uguali che corrispondono alla posizione centrale nella mappa, questa posizione non deve variare se si modificano nello stesso modo le ampiezza dei quattro segnali (energia);
4. verifica e modifica delle dimensioni laterali della mappa (dinamica in posizione X e Y) attraverso la regolazione dei potenziometri $k(-A+B)$ per la X e $k(-C+D)$ per la Y sulla scheda madre (Base Unit) dell'elettronica (Fig. 5). La funzione di questi potenziometri è quella di comprimere e dilatare l'intervallo in cui vengono ricostruite le posizioni X e Y degli eventi. Questa procedura serve ad adattare l'elettronica alle dimensioni laterali del rivelatore.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	Ref: PLX-IASF-004 Issue: 2.1 Date: 4/10/2005 page: 14/21
------------------------------------	--	---

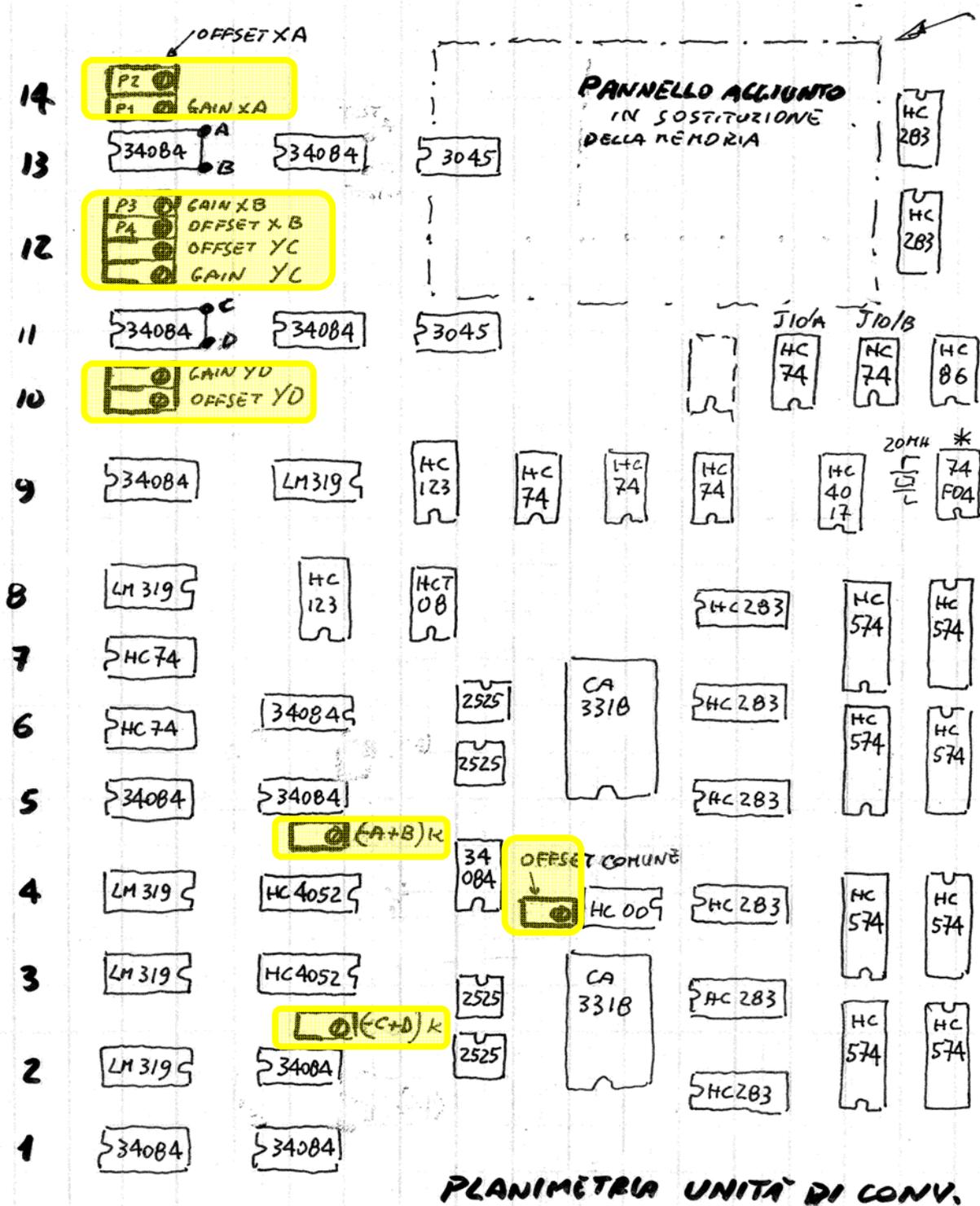


Figura 5. Particolare della BASE UNIT con evidenziati i potenziometri per la taratura.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 15/21</i>
------------------------------------	---	--

6. Interfaccia multicanale

Un modo alternativo, proposto dalla Ditta TAKES, per effettuare le calibrazioni dell'elettronica prevede l'utilizzo di un multicanale biparametrico a presentazione tridimensionale costituita da due moduli NIM: (a) Interfaccia con l'elettronica; (b) 2 Moduli di comando per la gestione della presentazione dei dati (MOD 269 e MOD 279). Le varie configurazioni necessarie per le tarature sono selezionabili per mezzo di commutatori su questi moduli. Di seguito sono elencate le modalità d'uso di questo sistema:

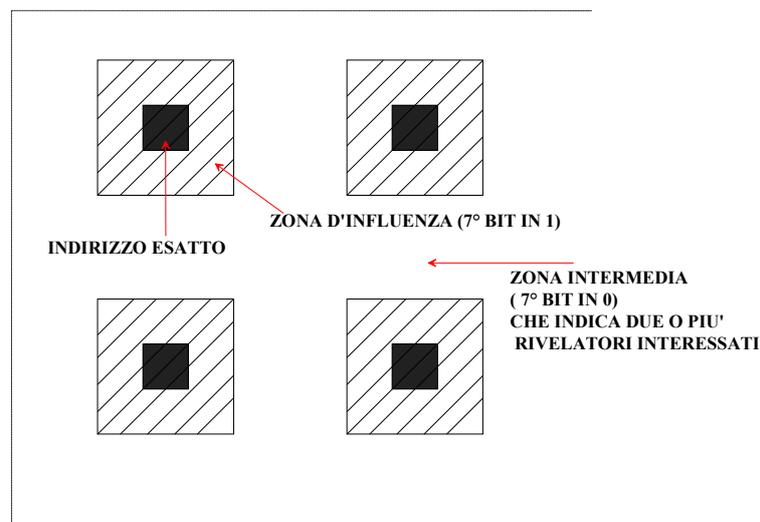
1. **Bidim/Monodim.** Se il commutatore è inserito su bidimensionale (Mappa) vengono usati 10+10 bit di posizione x-y e l'informazione di energia è usata come indirizzo di router. Si possono così ottenere 4 mappe e il router usa la selezione analogica di energia (non i 10 bit "z" digitali). La selezione analogica è fatta con gli helipot *Soglia* e *finestra* posti sulla scheda madre. Si ottiene così una mappa indirizzata dalla finestra A, una dalla B, una dalle sovrapposizioni A-B ed una per tutto il resto. Nella condizione monodimensionale (lineare) la presentazione è la tradizionale degli spettri di energia e il router commuta i sottogruppi. È così possibile visualizzare la selezione energetica per posizionare correttamente le finestre.
2. **Window on/off.** Con il commutatore 1 la selezione si considera legata all'energia. Con il 2 si introduce la possibilità di un router legato alla posizione, quindi *window on* vale per le finestre A e B e *window off* vale per l'indirizzo di posizione. La posizione *window off* può essere utilizzata per soddisfare l'ambizione di ottenere 64 spettri di energia individuale.

6.1 Calibrazione

Per visualizzare i 64 spettri individuali si usa il generatore di test a mappa (vedi appendice 2). La scansione del generatore si sincronizza con la raccolta a mezzo del segnale di SINCR che individua l'impulso inviato sul rivelatore d'inizio. Attraverso la catena di raccolta e conversione si ottengono i 30 bit che individuano l'evento: 10+10 bit di posizione x e y e 10 bit per il valore d'energia. Cambiando il valore dell'energia, eventuali imperfezioni di taratura danno luogo ad incertezze sulla posizione. In particolare per i segnali di piccola ampiezza. Per queste incertezze si dispone di una certa tolleranza e tutti i dati vengono raccolti in una memoria di 14 bit (7 bit per la x e 7 per la y) d'indirizzamento e 8 bit di contenuto. Quando si fa la calibrazione il transitorio del commutatore che passa da misura in calibrazione innesca un ciclo d'azzeramento della memoria stessa. Durante l'azzeramento gli indirizzi sono sostituiti da un contatore interno e i contenuti sono forzati a zero. L'azzeramento (forzatura a zero) avviene comunque alla transizione del commutatore a meno che il sistema sia in standby nel qual caso la memoria è protetta. Il proseguimento della calibrazione è ora condizionato dal DATA IN e dal generatore di test. Abbiamo all'interno un contatore di rivelatore sincronizzato col generatore di test a mezzo del BNC SINCR. Questo segnale azzerà il contatore e il segnale di SINCR in uscita dal generatore indica proprio il rivelatore di indirizzo 0. La catena di conversione conclude dopo circa $20 \div 30$ μ s con un segnale di flag (dati pronti). Il flag di calibrazione dà inizio ad un loop costituito di 10 cicli di scrittura in memoria. Il primo ciclo usa come indirizzo i 6 bit più significativi dell'asse x

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 16/21</i>
------------------------------------	--	--

e 6 dell'asse y più due indirizzi legati al livello d'energia. Come contenuto vengono scritti 6 bit di indirizzo del rivelatore (contatore interno sincronizzato), il 7° bit è fisso sempre in 1 e l'ottavo bit fisso in zero. Il settimo bit in 1 dice che il sistema è stato calibrato. I cicli di memoria successivi sommano e sottraggono 1 agli indirizzi di x e y in modo da attribuire all'indirizzo originale fatto di una sola cella, un quadrato di 9 celle. Delle 64 celle disponibili per ogni rivelatore solo le 9 adiacenti indicano con certezza un solo rivelatore.



I due bit legati all'energia sono necessari perché le distorsioni percentuali sono amplificate alle basse energie (bassi livelli di segnale) per cui la determinazione della posizione x e y diventa più problematica alle basse energie. L'elettronica definisce 4 mappature per la posizione: una, la più precisa, per energie equivalenti $\geq 2^8$ (tutto l'intervallo è $2^{10} - 1$) che riguarda i 7/8 dello spettro. Il restante primo ottavo è diviso in altre 3 mappe: una per energie equivalenti a 2^7 , una per 2^6 e la terza per lo spettro di energie inferiore al 2^6 . L'energia inferiore, quindi, a 63 canali ha un'individuazione, una seconda dai 64 ai 127, una terza dai 128 ai 255 e una quarta per valori superiori. In fase di calibrazione, se arriva un evento proveniente dal generatore di test sul rivelatore 27, abbiamo nel contatore il numero 27 perché sincronizzato col generatore di test. Abbiamo individuato a mezzo delle conversioni la posizione x e y e l'energia z. I 6 bit più significativi di x e y individuano il punto in una mappa di 4096 canali. I due bit risultanti dalla z mi indicano una delle possibili 4 mappe. Su questo canale così individuato scrivo 27 sui 6 bit di contenuto a questo dedicato. Inoltre scrivo in 1 il settimo bit a dire che questo è un canale prediletto mentre l'ottavo bit viene lasciato a zero. Automaticamente questa operazione di scrittura viene ripetuta anche per gli 8 canali adiacenti estendendo il privilegio ad una macchia di 3x3 canali. Quando in misura otterremo una x, y, z che coinciderà con questi valori esatti oppure compresi nella tolleranza che abbiamo esteso attribuiremo a questo evento l'indirizzo 27 avendo una ragionevole certezza che l'evento ha interessato solo il rivelatore 27. Valori intermedi tra il 27 e il 28 indicano eventi multipli che fanno cadere il baricentro in quella posizione. La mancanza del settimo bit indica che è un valore intermedio e perciò non attribuibile ad un certo rivelatore.

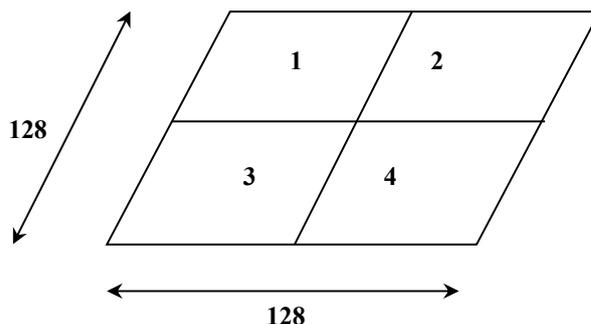
INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	Ref: PLX-IASF-004 Issue: 2.1 Date: 4/10/2005 page: 17/21
------------------------------	--	--

MISURA è l'altra posizione del commutatore CAL/MISURA. La differenza fondamentale riguarda la memoria: in calibrazione è aperta la via della scrittura mentre in misura è abilitata la sola lettura. La memoria ha una via d'abilitazione e alimentazione standby che arrivano dal cavo direttamente dall'analizzatore TAKES; questo per non alterare i dati quando si spegne l'apparecchiatura.

6.2 Commutatore bidimensionale/monodimensionale

Nella condizione *bidimensionale* sono possibili 4 mappe simultanee di dimensioni 64x64. Quindi si usa l'unità di gestione del display (MOD 269 e MOD 279) con 16k di range, 128 ch/row, compressione x e y 4 e 4 (riduce i 1024x1024 in 64x64, commutatori rotanti laterali) e 6 (2⁷) gli overflow di matrice, (commutatore centrale). Le mappe sono condizionate dalle finestre di energia A e B. Queste finestre sono posizionate sul front end di elaborazione. In particolare la finestra B è quella usata per la stabilizzazione automatica. Usando il commutatore window on/off in *off* l'asservimento è solo legato al riconoscimento o no dei rivelatori singoli. La mappa inferiore porterà gli eventi di attribuzione incerta mentre la superiore solo quelli visti certamente da un solo rivelatore. Quindi da una parte ci saranno buchi e dall'altra picchi. L'asimmetria tra le due mappe dovrebbe essere attribuibile all'angolo di scatter e quindi alla polarizzazione delle radiazioni in misura. Con *window on* le mappe sono commutate dai bit di finestra d'energia ed è una misura delle mappe monoenergetiche. Usando delle facility dell'unità di display è possibile spingere le risoluzioni al loro massimo e questo è molto utile in fase di messa a punto del sistema. Nella condizione *bidimensionale* occorre che anche il gestore display sia col commutatore in *bidimensionale*. Nella situazione *monodimensionale* i dati in uscita abbandonano la x.

- | |
|--|
| <p>1 Mappa dei soli rivelatori in finestra A
 2 Mappa dei soli rivelatori in finestra B
 3 Mappa libera (senza finestra)
 4 Mappa libera (in finestra B)</p> |
|--|



INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 18/21</i>
------------------------------------	--	--

APPENDICE 1

1. Soppressore di rumore

Se ad ognuna delle 64 linee introduciamo un taglio analogico che tenga sotto la sua soglia tutte le fluttuazioni di rumore che si hanno anche in assenza di segnale, otteniamo una specie di silenzio. Ad esempio, se per una dinamica di 2 Volt mettiamo un taglio di 100 mV, il nostro spettro risulterà spostato di questa quantità, cosa di cui possiamo tenere conto (il soppressore introduce un taglio, che dovrebbe essere annullato con un'opportuna correzione automatica dello zero). Naturalmente non miglioriamo la risoluzione perché questa sarà sempre influenzata dal rumore oltre che dalla risoluzione intrinseca del rivelatore. L'unico vantaggio è che il rumore delle varie linee non si somma all'interno della matrice di resistenze. Il circuito è abbastanza semplice. È costituito da un operazionale che lavora in controreazione e che va in saturazione per segnali superiori ai 100mV. Fino a questo valore l'uscita è tenuta a zero dopo di che segue il segnale.

2. Generatore di test

Questo è un multiplexer analogico che smista in modo sequenziale un segnale analogico impulsivo di formazione approssimativamente uguale alle uscite degli ASIC. Questo segnale è accompagnato da un trigger TTL (clock) che commuta le uscite, che sono 64 a sostituire le linee degli ASIC. Abbiamo quindi una scansione periodica e l'inizio del ciclo è segnalato da un impulso TTL di sincronismo. Se si usa un generatore di impulsi a frequenza costante con l'aiuto del sincronismo si vedono le uscite della matrice anche su un oscilloscopio. Cambiando le ampiezze del segnale d'ingresso se il sistema è tarato bene, non devono cambiare le posizioni di accumulo nella mappa acquisita. Quando si usa il generatore di test, siccome le commutazioni danno degli spickes indesiderati, è meglio mandare il clock anche all'ingresso del prompt coincidence posto sulla scheda madre. In questo modo vengono inibiti tutti i segnali non corretti.

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 19/21</i>
------------------------------	--	--

APPENDICE 2

1. Procedura per l'inizio delle misure

La procedura da seguire prima di iniziare le misure è la seguente:

1. Accensione REC;
2. Modulo 269:
 - abilitazione (premendo il pulsante **abil.** si deve accendere il led rosso di abilitazione);
 - inserimento del **data in** (selezionando il terzo commutatore dall'alto **in a** [b] e premendo contemporaneamente i due pulsanti dell'**enter**, si deve accendere il led rosso del **A [B] data in**);
 - azzeramento (selezionando **res.** [reset] e premendo contemporaneamente i due pulsanti dell'**enter** deve incominciare la misura)
3. Modulo 279:
 - Bidimensionale (inserimento di **bidimensionale** nel modulo 279 e nel modulo fornito da Taiocchi [2° modulo da sin.]) ⇒ visualizzazione della mappa, che si può settare con 6 manopole:
 - i. **vert** ↑ ⇒ visualizzazione dello spettro;
 - ii. **X** ↔ ⇒ variazione range della x;
 - iii. **Y** ↓ ⇒ variazione range della y;
 - iv. **rot** ↻ ⇒ rotazione della mappa bidimensionale
 - v. **intens.**, (intensità), due commutatori **lower** e **upper** ⇒ variazione dell'intensità dei punti.

Per eseguire i test con la matrice conviene usare 4096 canali (**range** = 4) e 64 **cn/r** (canali/righe).
 - Monodimensionale (inserimento di **monodimensionale** nel modulo 279 e nel modulo di interfaccia fornito da Taiocchi) ⇒ visualizzazione dello spettro.
Per la taratura è meglio usare 1024 canali (**range** = 1) e 512 **cn/r** cioè visualizzo i 1024 canali in due righe.

2. Test funzionali preliminari

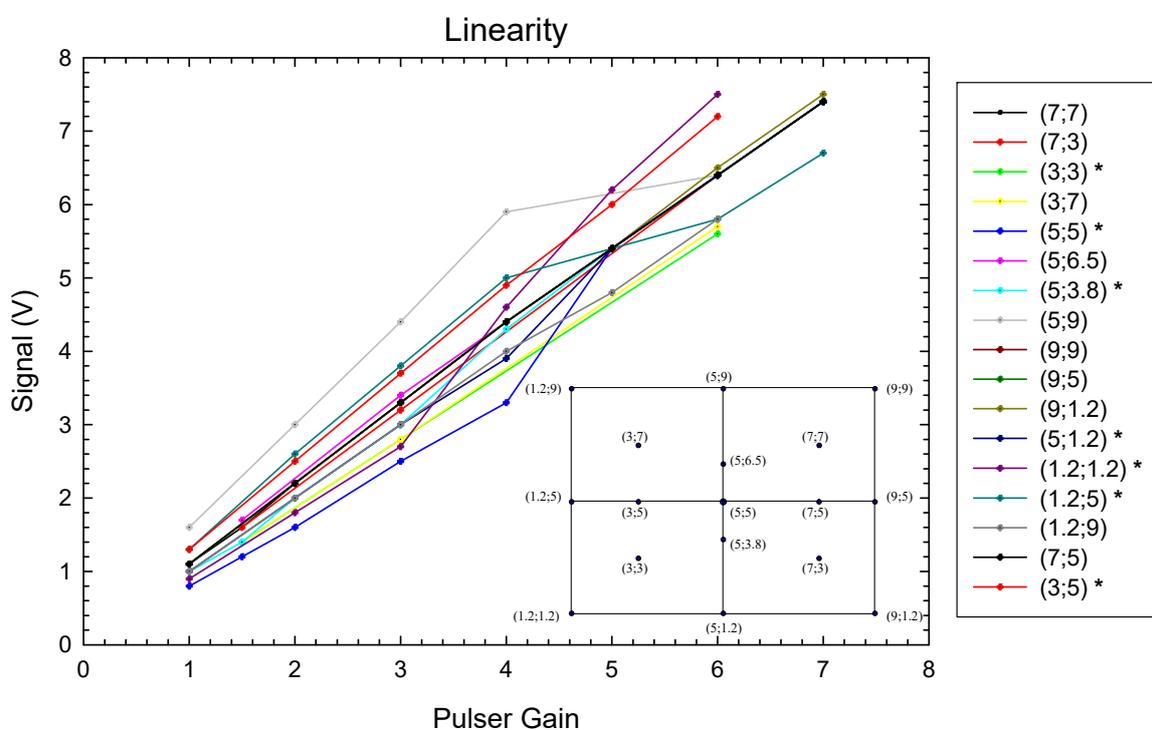
Sono stati effettuati alcuni test per verificare il funzionamento dell'elettronica, durante i quali ci si è accorti che non funziona l'autoregolazione dei guadagni.

La mappa bidimensionale presenta i 64 punti distorti, uno in particolare sembra affetto da aberrazione (in basso a sinistra). Si è utilizzato per questo test lo spettro totale. Aumentando il gain oltre il valore 3, e passando a monodimensionale non si vede lo spettro relativo. Cambiando la posizione [(2;2), (5;5), (8;8)] non si riesce comunque a visualizzare lo spettro; selezionando di nuovo la mappa bidimensionale si nota il punto in basso a sinistra con una maggiore aberrazione. Con l'impulsatore nella *configurazione di test usando x e y diretto* si è verificato:

INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 20/21</i>
------------------------------	--	--

- con gain ≤ 0.64 la macchia in bidimensionale si allarga, mentre aumentando l'ampiezza del segnale la macchia si restringe. Fino a 1/16 del fondo scala le linee sono comunque separate.
- linearità del sistema in differenti posizioni.

Nella figura seguente è riportato lo studio di linearità: sull'asse delle x è riportato il valore dell'ampiezza del segnale dell'impulsatore ed in y il segnale in uscita (Display Y), in Volt, rilevato sull'oscilloscopio. Si può notare che il segnale non è lineare in tutte le posizioni. È riportata anche una mappa delle posizioni.



ASIC front end			
CZT Detector	INAF/IASF Bologna	DESCRIZIONE E MANUALE D'USO DELL'ELETTRONICA A GAMMA CAMERA PER RIVELATORI A STATO SOLIDO SEGMENTATI (MICROSTRIP E PIXELLATI)	<i>Ref:PLX-IASF-004</i> <i>Issue: 2.1</i> <i>Date: 4/10/2005</i> <i>page: 21/21</i>

Appendice 3

L'offset misurato per i 4 canali è di 0.3 V - 0,4 V.

Sono stati portati tutti a zero.

Offset comune \Rightarrow regolazione Taiochi

Abbiamo investigato i 4 pixel di spigolo:

Pin	Pixel	Centroide
-----	-------	-----------

(3,3) \Rightarrow pixel 0 \Rightarrow C= 938.7

(23,23) \Rightarrow pixel 256 \Rightarrow C= 943.5

(23,3) \Rightarrow pixel 15 \Rightarrow C= 938

(3,23) \Rightarrow pixel 240 \Rightarrow C= 943.5

I pixel di spigolo dopo la regolazione dei guadagni presentano un canale del centroide che varia da 938 a 944 (variazione dello 0.6%). Per il pixel 240 abbiamo verificato i 4 segnali:

$x_A = 190.42$

$x_B = 775.5$

$y_C = 190.4$

$y_D = 775.5$

Abbiamo, infine, investigato i 4 pixel centrali:

Pin	Pixel	Centroide
-----	-------	-----------

(7,7) \Rightarrow pixel 136 \Rightarrow C= \sim 940

(7,20) \Rightarrow pixel 152 \Rightarrow C= \sim 940

(19,20) \Rightarrow pixel 151 \Rightarrow C= \sim 940

(19,7) \Rightarrow pixel 135 \Rightarrow C= \sim 940