

**DOCUMENT TYPE:** TECHNICAL NOTE

**TITLE:** CARATTERIZZAZIONE DEL SISTEMA  
ELETTRONICO LABEN UTILIZZATO NEI TEST AL  
CERN DI GINEVRA DI NOVEMBRE 2000

**DOCUMENT Ref. No.:** AGILE-ITE-TN-006 N° OF PAGES: i-v, 14  
TeSRE Report n. 338/02

**ISSUE No.:** 1.0 **DATE:** February 2002

**PREPARED BY:** E. CELESTI, C. LABANTI, A. MAURI, E. ROSSI

**CHECKED BY:** C. LABANTI

**SUBSYSTEM MANAGER:** C. LABANTI

**APPROVED BY:**

**SUBSYSTEM LEADER:** G. DI COCCO **DATE:**

**PROJECT LEADER:** M. TAVANI **DATE:**

**PROGRAM MANAGER:** **DATE:**

**PAPM:** A. BERNABEO **DATE:**

**CONFIGURATION:** **DATE:**





## SOMMARIO

INTRODUZIONE.....	1
1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRONICO LABEN.....	2
2 TEST ESEGUITI SUL SISTEMA E CARATTERISTICHE MISURATE.....	5
2.1 MISURA DEL GUADAGNO.....	6
2.2 MISURA DELLA LINEARITÀ DEL GUADAGNO.....	6
2.3 MISURA DEL RUMORE DELLA CATENA (SENZA PA).....	7
2.4 PROVE DI USCITA LUCE E RUMORE CON RIVELATORE CSI(TL) + PREAMP LABEN .....	8
2.5 MISURE DI JITTER E WALKING TIME.....	8
2.6 REGOLAZIONE DEL DELAY .....	10
2.7 VALUTAZIONI DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA CON SEGNALE IN SATURAZIONE.....	11
3 CONCLUSIONI .....	13
APPENDICE 1: CALCOLO DELL'ERRORE SULLA NON LINEARITÀ DEL SISTEMA ELETTRONICO .	14

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Pannello frontale del sistema elettronico. ....	3
Figura 2: Schema di funzionamento dell'elettronica LABEN. ....	4
Figura 3: Set-up del sistema per le misure di jitter e walking time. ....	9
Figura 4: Viene mostrato l'andamento del jitter a $3\sigma$ in relazione con l'inverso dell'impulso all'ingresso del sistema Laben, che risulta quasi lineare. ....	10
Figura 5: Le due immagini all'oscilloscopio mostrano l'andamento del segnale stretchato in uscita dal multiplexer, indicato dalla traccia 1, al limite di saturazione (sinistra, input al sistema Laben = 2.4V) e saturato .....	12

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Riepilogo dei risultati per le misure di jitter e walking time.....	10
--------------------------------------------------------------------------------	----

## INTRODUZIONE

Il Minicalorimetro per AGILE è composto da 32 rivelatori a CsI(Tl) per un totale di 64 canali di lettura. L'elettronica di front-end di ogni canale è composta da un pre-amplificatore di carica (PA), montato in prossimità del rivelatore, e da una catena elettronica per il condizionamento e la memorizzazione analogica del segnale. In occasione di una campagna di test con prototipi di rivelatori la ditta LABEN ha realizzato un sistema di lettura dei segnali analogici che è il primo banco di prova della catena elettronica del Minicalorimetro.

Di seguito sono riportati i risultati dei test di caratterizzazione della catena LABEN.

## 1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA ELETTRONICO LABEN

Il sistema elettronico per l'analisi del segnale analogico proveniente dai preamplificatori di carica, è composto da:

- 16 canali di condizionamento del segnale (formatura e stretching).
- Possibilità per il canale 1 di funzionare in modo Peak and Hold (trigger interno).
- Funzionamento in modalità Sample and Hold (trigger esterno).
- Multiplexer dei segnali stretchati.
- Conversione Analogico Digitale (AD) dei segnali di tutti i 16 canali con ADC DATEL ADS-942A low power, 14 bit, 2 MHz, input 0-10V
- Trasferimento dei segnali digitali ad un PC via scheda di acquisizione dedicata.
- Sul PC, programma di acquisizione, storage ed invio su rete dei dati.
- Possibilità di acquisizione e conversione AD dei dati stretchati da un sistema indipendente (ad esempio il Test Equipment di un altro sottosistema AGILE come TE Trieste).

Il sistema è composto da:

- Modulo di elettronica montato nella meccanica di un modulo BIN.
- Computer per acquisizione dati.
- Software di gestione del modulo di elettronica e di display, storage e trasmissione dati.

È stato analizzato in dettaglio il solo modulo di elettronica il cui schema a blocchi è mostrato in Figura 2.

Il pannello interfaccia del modulo di elettronica contiene (Figura 1):

- 16 canali di ingresso del segnale da PA di carica.
- 1 regolazione di soglia del discriminatore sul canale 1.
- 1 regolazione di polo zero sul canale 1.
- Regolazione ADC gain.
- 1 switch per selezionare il funzionamento in modalità trigger interno\esterno.
- 1 ingresso di trigger e clock per il funzionamento in modalità trigger esterno.
- 1 uscita analogica del segnale stretchato in uscita dal Multiplexer.
- Uscita differenziata del segnale prelevato dall'uscita del MUX.
- Start/stop input – Flag che va al PC per il funzionamento del sistema in abbinamento al TE-Trieste.

I circuiti di ognuno dei canali comprendono:

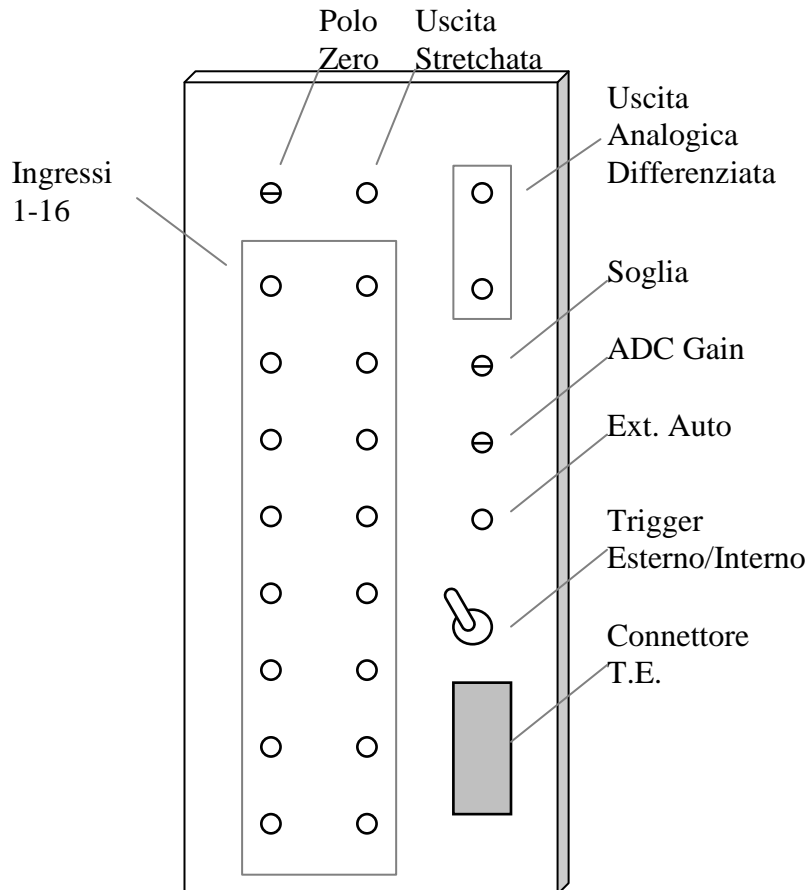
- Amplificatore formatore (Shaping time 3  $\mu$ S).
- Sample and Hold, converte il segnale su comando da trigger esterno (sample).

Il solo canale 1 inoltre è dotato di:

- Baseline restorer.
- Regolazione di polo zero.
- Possibilità di funzionare anche in Peak and Hold, con uno “zero crossing discriminator” con soglia regolabile.

I circuiti di tutti i canali sono rappresentativi della catena GRID del Minicalorimetro.  
Il circuito del canale 1 può funzionare in maniera rappresentativa della catena Burst del Minicalorimetro su selezione del relativo comando da pannello esterno.

**Figura 1: Pannello frontale del sistema elettronico.**



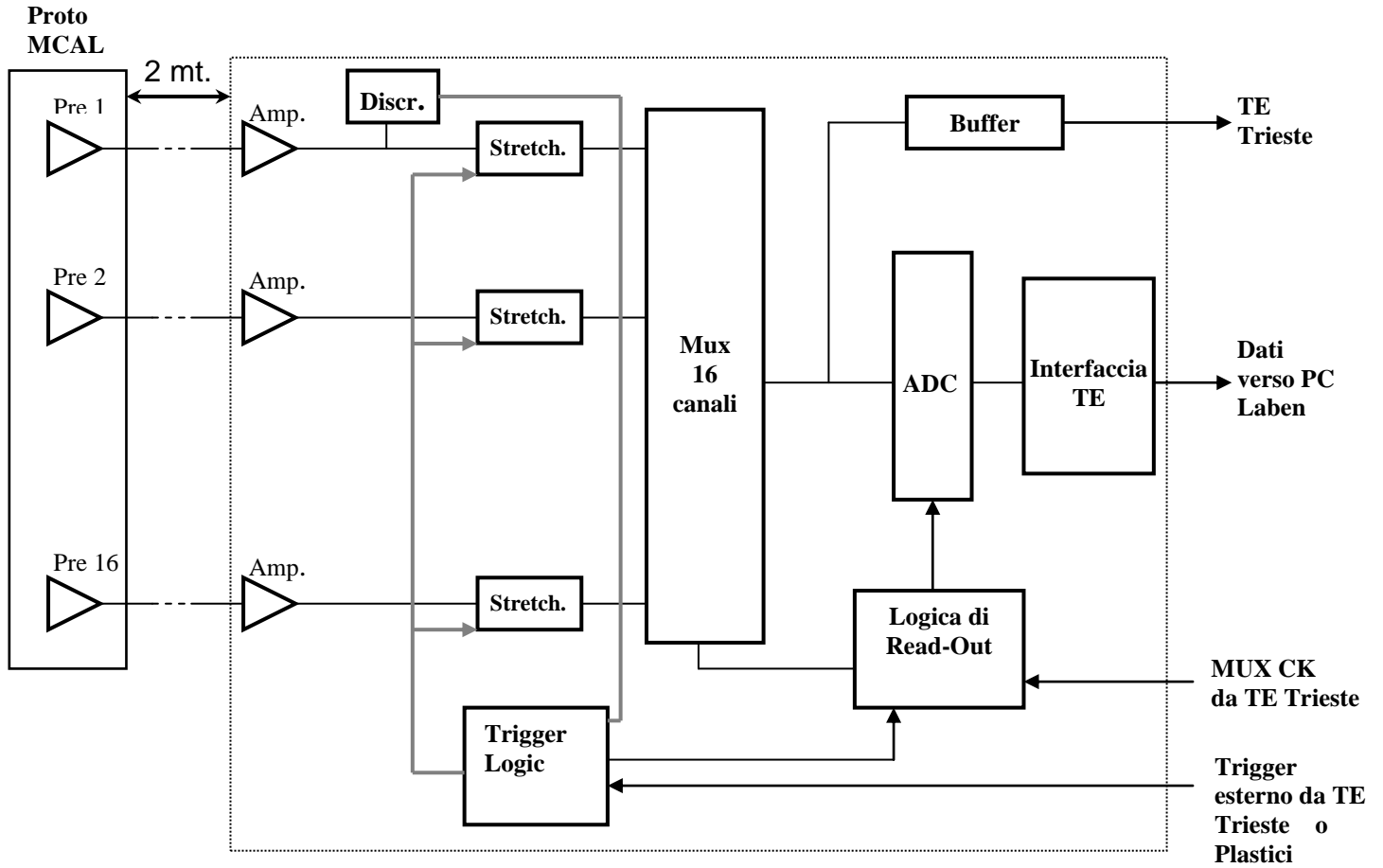


Figura 2: Schema di funzionamento dell'elettronica LABEN.



## 2 TEST ESEGUITI SUL SISTEMA E CARATTERISTICHE MISURATE

Il modulo di elettronica è stato valutato per le seguenti caratteristiche:

- Misura di guadagno.
- Linearità del guadagno.
- Andamento del rumore (senza PA) vs ampiezza del segnale di ingresso.
- Misura di rumore e uscita luce con rivelatore e PA LABEN.
- Misura di jitter e walking time del canale 1 con PA LABEN in self trigger mode.
- Influenza del valore di delay tra trigger esterno e sample del segnale sull' ampiezza del segnale.
- Valutazione del comportamento del sistema con segnali saturati.

## 2.1 MISURA DEL GUADAGNO

È stato valutato il guadagno complessivo del sistema, considerato tra l'ingresso dell'amplificatore e l'uscita dell'ADC, nel modo seguente:

- Sono stati iniettati segnali di ampiezza diversa, prodotti da un impulsatore collegato direttamente all'ingresso di un canale.
- Per ogni valore del segnale di ingresso è stata valutata la posizione del centroide del picco, in canali, convertita dall'ADC e acquisita su PC.
- È stata interpolata con una retta la funzione che lega i canali dei centroidi dei picchi in uscita con i segnali d'ingresso.
- È stato valutato il segnale in uscita in tensione togliendo l'offset del sistema e rammentando che un canale dell'ADC corrisponde a 1.22 mV al suo ingresso.

Il test è stato fatto sul canale 1, sia in modalità trigger interno che esterno, e sul canale 2 in modalità trigger esterno.

Set-up misura:

Impulsatore BNC-PB4, freq. 2500Hz, r.t.=50ns, f.t.=50 $\mu$ s, Vout=2.80V,  
attenuazione  $\times 100$ ,  $\times 50$ ,  $\times 10$ ,  $\times 5$ .

ADC su sistema LABEN: DATEL ADS-942 A, 14 bit (usati 12 bit, 4096 canali), 2 MHz,  
Input analogico 0-10V (usati 0-5V).

Dalle misure fatte risulta:

Guadagno

Canale 1 Trigger interno:	gain = 3.786 $\pm$ 0.004	(3.10 ch/mV)
Canale 1 Trigger esterno:	gain = 3.588 $\pm$ 0.012	(2.94 ch/mV)
Canale 2 Trigger esterno:	gain = 3.568 $\pm$ 0.006	(2.92 ch/mV)

Per il calcolo dell'errore è stato usato il software TableCurve.

## 2.2 MISURA DELLA LINEARITÀ DEL GUADAGNO

La linearità del guadagno è stata valutata utilizzando i dati delle misure descritte in 2.1 ed utilizzando la seguente procedura:

- Sono stati iniettati segnali di ampiezza diversa, prodotti da un impulsatore collegato direttamente sull'ingresso di un canale.
- Per ogni valore del segnale di ingresso è stata valutata la posizione del centroide del picco in canali, convertiti dall'ADC e acquisiti su PC.
- È stata interpolata con una retta la funzione che lega i canali dei centroidi dei picchi in uscita con i segnali d'ingresso.
- È stata valutata la percentuale tra la posizione del centroide del picco, in canali, ed il corrispondente valore dato dalla funzione interpolata.
- Dalle differenze espresse in percentuale si è ricavata la max non linearità.

Set-up misura:

Impulsatore BNC-PB4, freq. 2500 Hz, r.t. 50 ns, f.t. 50  $\mu$ s,  $V_{out} = 2.80V$ ,  
attenuazione  $\times 100$ ,  $\times 50$ ,  $\times 10$ ,  $\times 5$ .

Dalle misure fatte risulta:

Linearità differenziale (valore massimo):

Canale 1 Trigger interno:	max. non lin. = + 0.17 $\pm$ 0.02 %
Canale 1 Trigger esterno:	max. non lin. = - 0.41 $\pm$ 0.01 %
Canale 2 Trigger esterno:	max. non lin. = - 0.32 $\pm$ 0.01 %

L'errore sulla non linearità è stato calcolato come descritto in Appendice 1.

## 2.3 MISURA DEL RUMORE DELLA CATENA (SENZA PA)

L'andamento del rumore della catena (senza PA) è stato valutato in funzione del segnale d'ingresso, in maniera comparativa, utilizzando la seguente procedura:

- Sono stati iniettati segnali di ampiezza diversa, prodotti da un impulsatore collegato direttamente all'ingresso di un canale.
- Per ogni valore del segnale d'ingresso si è valutata la larghezza centroide del picco, in canali, convertiti dall'ADC e acquisiti su PC.
- Sono state confrontate le ampiezze FWHM dei vari picchi per diversi valori dei segnali.

Set-up misura:

Impulsatore Ortec-419: r.t.=100 nsec, Norm.=1,  $V_{out}=+1.00 V$ , att.  $\times 40$ ,  $\times 20$ ,  $\times 10$ ,  $\times 5$ ,  $\times 2$ .

La misura è stata eseguita mettendo una resistenza da 100 $\Omega$  verso terra all'ingresso del canale 1.

Il rumore su entrambi i canali si mantiene costante come aspettato:

Canale 1 Trigger interno:	Att. $\times 2$	Ctr = 1600.8	FWMH = 3.5	RIS. = 0.2%
	Att. $\times 5$	Ctr = 698.0	FWHM = 3.1	RIS. = 0.5%
	Att. $\times 10$	Ctr = 395.2	FWHM = 3.3	RIS. = 1.1%
	Att. $\times 20$	Ctr = 247.9	FWHM = 3.5	RIS. = 2.3%
	Att. $\times 40$	Ctr = 173.1	FWHM = 3.2	RIS. = 4.2%
Canale 1 Trigger esterno:	Att. $\times 2$	Ctr = 1723.6	FWMH = 3.9	RIS. = 0.2%
	Att. $\times 5$	Ctr = 756.8	FWHM = 3.2	RIS. = 0.5%
	Att. $\times 10$	Ctr = 425.9	FWHM = 3.1	RIS. = 0.9%
	Att. $\times 20$	Ctr = 265.2	FWHM = 3.5	RIS. = 2.1%

Con il sistema in trigger interno si nota che, per segnali con fall time a partire da 100  $\mu$ sec, il discriminatore della catena scatta anche sulla coda del segnale. Dal momento che l'impulsatore

Ortec-419 ha un fall time del segnale fisso di 200  $\mu\text{sec}$ , è stato necessario differenziare il segnale in uscita con un filtro CR ( $C = 330 \text{ nF}$ ,  $R = 100 \Omega$ ), in modo da ridurre il suo valore a circa 20  $\mu\text{sec}$ . Il problema non si presenta connettendo all'ingresso del canale 1 uno dei preamplificatori LABEN tra quelli disponibili presso il TeSRE.

## 2.4 PROVE DI USCITA LUCE E RUMORE CON RIVELATORE CSI(TL) + PREAMP LABEN

Le prove sono state effettuate sul canale 1 del sistema in trigger interno, usando come segnali di ingresso quelli prodotti su un lato di una barra di ProtoAgile provata al CERN di Ginevra (il canale 7B). Il metodo usato è descritto nel rapporto interno TeSRE n. 280.

Set-up di misura:

Impulsatore Ortec 419,  $V_{\text{out}} = -6.90\text{V}$ , r.t. = min., norm. = 1, att.  $\times 200$ ,  $\times 100$ ,  $\times 50$ ,  $\times 20$ .

Sono stati fatti due set di misure.

I risultati delle misure in II) sono più attendibili perché eseguiti dopo avere corretto il polo 0 del segnale in ingresso.

- |     |                                           |                                         |
|-----|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| I)  | Offset = 116.2 ch                         | gain = 90.5 e <sup>-</sup> /ch          |
|     | Noise = 780 e <sup>-</sup> <sub>rms</sub> | Uscita luce = 13.65 e <sup>-</sup> /keV |
| II) | Offset = 96.8 ch                          | gain = 89.5 e <sup>-</sup> /ch          |
|     | Noise = 735 e <sup>-</sup> <sub>rms</sub> | Uscita luce = 15.2 e <sup>-</sup> /keV  |

Da cui si può risalire all'energia massima analizzabile dal sistema elettronico sul canale 1:

$$E_{\text{max}} = (\text{gain} \times n^{\circ} \text{ canali}) / \text{uscita luce} = 89.5 \times 4096 / 15.2 \cong 24 \text{ MeV}$$

## 2.5 MISURE DI JITTER E WALKING TIME

Sono stati valutati il jitter ed il walking time dei segnali della catena 1 in modo trigger interno.

Il circuito ed il set-up di misura sono illustrati in Figura 3. Come impulso di start è stato preso il fronte di salita del segnale di trigger proveniente dall'impulsatore, come impulso di stop quello proveniente dal discriminatore posto sul sistema elettronico Laben.

Il MCA registra le differenze temporali dei due impulsi.

In un primo tempo è stata fatta una scansione in ampiezza del segnale in ingresso con 8 valori diversi, dalla soglia di rumore fino al limite di saturazione.

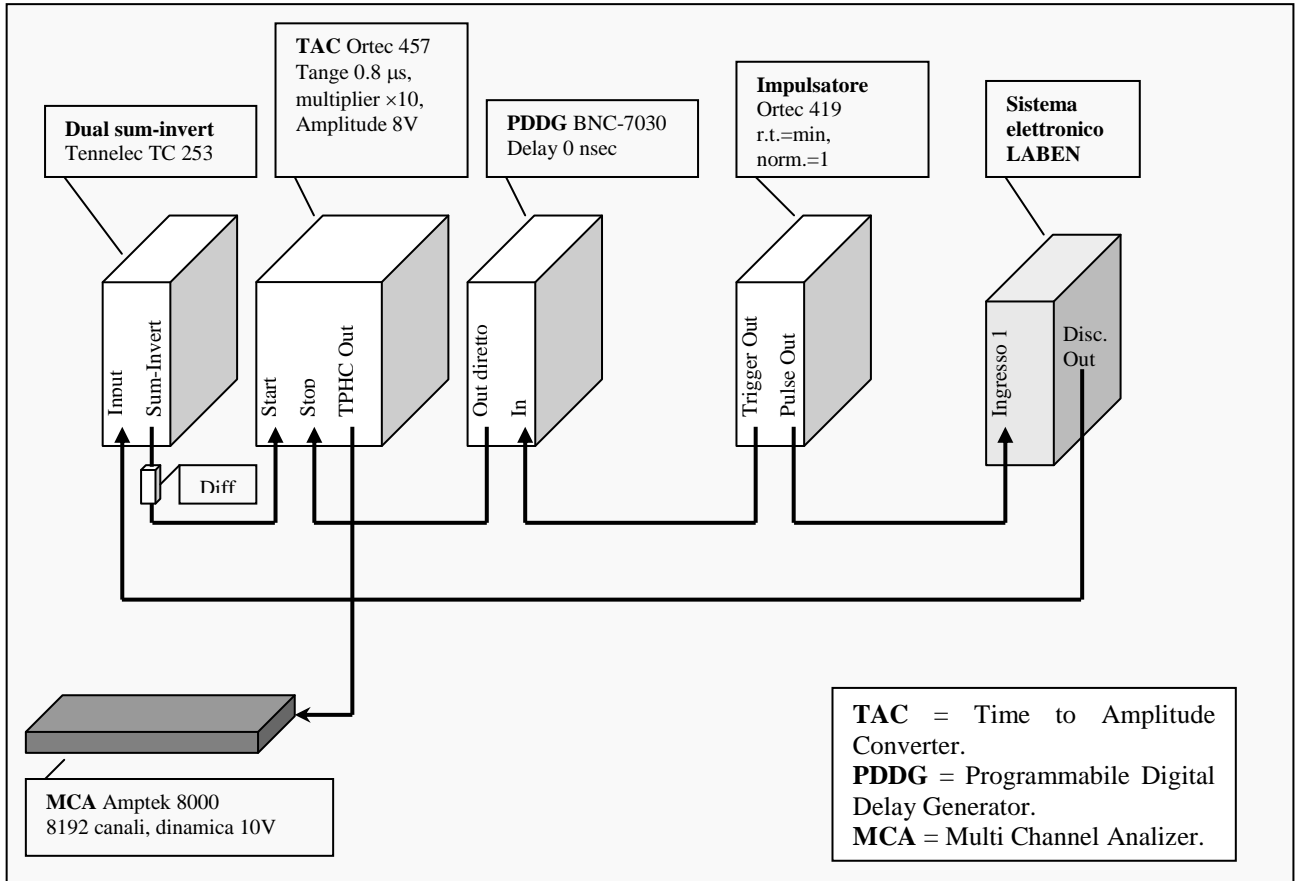
In un secondo tempo le misure sono state ripetute per tre valori significativi del segnale, dopo avere corretto il polo 0 del sistema (misure segnate con \*).

Calibrazione scala di tempo MCA: 1ch = 1.31nsec, offset = 119.7nsec.

\*1ch = 1.296nsec, offset = 121.6nsec.

Il walking time è stato valutato calcolando la differenza, espressa in nsec, tra le posizione dei centri del picco corrispondente al segnale più alto e più basso.

Il jitter è stato valutato misurando la larghezza (a  $3\sigma$ ), espressa in nsec, dei picchi corrispondenti ai vari segnali.



**Figura 3: Set-up del sistema per le misure di jitter e walking time.**

Dalle misure risulta che il **walking time** della catena elettronica è di circa **300 nsec**:

Walking Time = 300 nsec

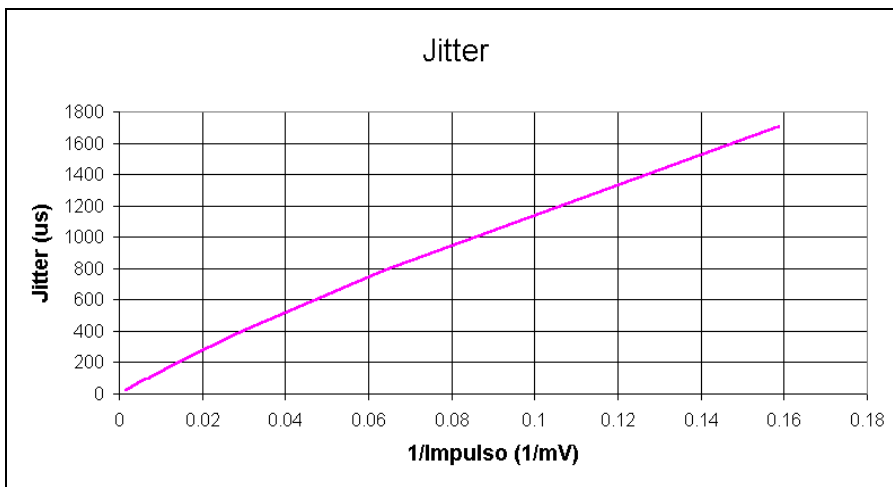
Il jitter varia fortemente in funzione del segnale in ingresso come mostrato in Tabella 1 ed in Figura 4. Il valore corrispondente alla soglia minima del segnale in modo Burst è:

Jitter ( $1\sigma$ ) @ 250 keV = 710 ns<sub>rms</sub>

Vout su impulsatore (mV)	Energia (keV)	Centroide picchi (ch)	Jitter FWHM (ns)	Jitter 3 $\sigma$ (ns)
6.3	230	5728	1700	2175
7.1*	250	5924	1670	2130
14.2*	500	5857	860	1100
15.75	575	5650	785	1000
34.5	1255	5642	390	500
69	2510	5636	200	260
138	5020	5605	100	130
172.5	6280	5594	85	110
345	12550	5549	40	55
446*	16000	5709	30	40
630	22900	5510	25	30

**Tabella 1: Riepilogo dei risultati per le misure di jitter e walking time.**

\* Misure prese dopo avere variato il polo 0 nella catena di misura.



**Figura 4: Viene mostrato l'andamento del jitter a 3  $\sigma$  in relazione con l'inverso dell'impulso all'ingresso del sistema Laben, che risulta quasi lineare.**

## 2.6 REGOLAZIONE DEL DELAY

La catena LABEN in modalità trigger esterno prevede la regolazione di un delay tra l'impulso di trigger esterno ed il comando di sample dello stretcher dei segnali.

Scopo della misura è determinare il valore ottimale del delay sul segnale di sample.

Il valore impostato inizialmente era di 7.89  $\mu$ s.

È stato valutato l'effetto del delay sui segnali campionati nel modo seguente:

- Sono stati iniettati in ingresso al canale 1 in modalità trigger esterno segnali generati con un impulsatore.
- L'impulso di trigger esterno era fornito dal trigger dell'impulsatore.
- Il delay è stato regolato con l'apposito potenziometro del circuito LABEN e monitorato con oscilloscopio.

- Per ogni delay e per ogni ampiezza di segnale dell'impulsore (3 valori) sono stati misurati posizione del centroide e FWHM del picco.

Dalle misure effettuate con tre valori diversi di ampiezza dell'impulso in ingresso, risulta che il segnale ottimale si ottiene con un delay di circa 6.5 us, in modo da effettuare lo stretching del segnale quando questo raggiunge il massimo.

In queste condizioni il FWHM dei tre picchi generati si mantiene al di sotto dei 5 canali ed il centroide misurato è quello massimo (si ha la risoluzione migliore).

## 2.7 VALUTAZIONI DEL COMPORTAMENTO DEL SISTEMA CON SEGNALE IN SATURAZIONE

Scopo della misura è determinare il comportamento della catena LABEN con impulsi saturi.

È stato inviato sul canale 1 in modalità trigger interno, **mettendo una resistenza da 50 Ω verso terra**, un segnale generato da un impulsore..

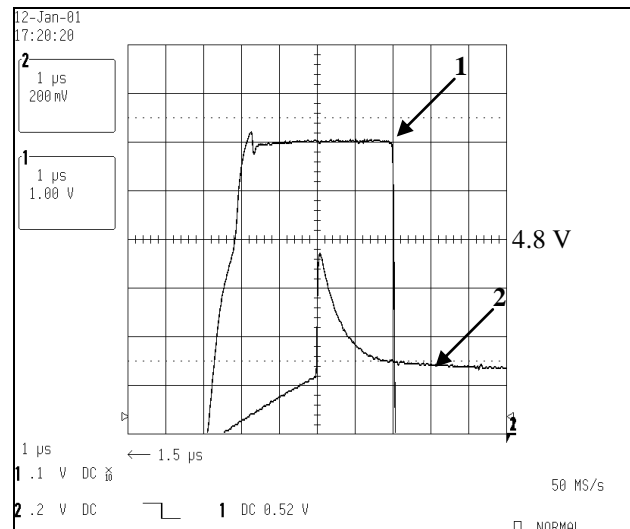
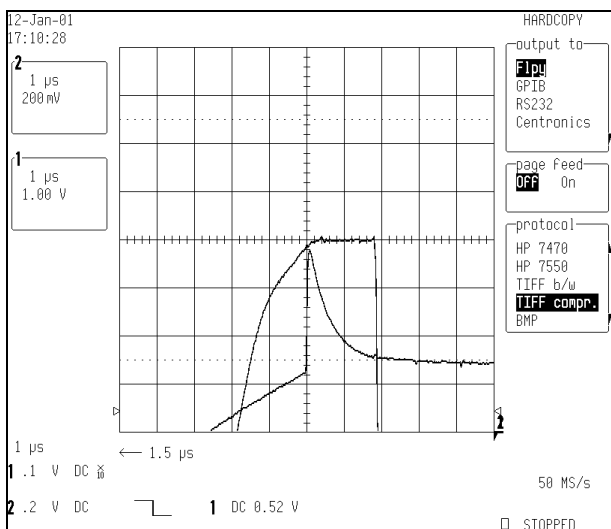
È stata monitorata con un oscilloscopio l'uscita del segnale "ADC OUT" (segnale stretchato dei vari canali multiplexati che viene poi inviato all'ingresso dell'ADC).

Per generare impulsi tali da saturare l'uscita del segnale da "ADC OUT" è stato usato un impulsore di onde quadre HP-8011A.

L'impulso più ampio usato per il test era 4 volte l'ampiezza del segnale che satura l'uscita "ADC OUT" (pari a circa 2.4V di input sul canale 1 con 50 Ω verso terra), con trigger del sistema interno.

In queste condizioni si è notato il seguente comportamento della catena:

- Il discriminatore scatta correttamente sempre una volta sola.
- Le uscite "ANALOG OUT" non sono mai saturate.
- Il valore di saturazione dell'uscita "ADC OUT" visto all'oscilloscopio è compreso tra 4.8V minimo e 5.4V massimo (dipende dall'ampiezza dell'impulso in ingresso).
- La differenza di segnale tra il valore in ADC OUT e quello minimo di saturazione (4.8 V circa) viene analizzato dall'ADC, che genera un picco spurio nella parte bassa dello spettro (vedi Figura 5)



**Figura 5:** Le due immagini all'oscilloscopio mostrano l'andamento del segnale stretchato in uscita dal multiplexer, indicato dalla traccia 1, al limite di saturazione (sinistra, input al sistema Laben = 2.4V) e saturato (destra, input al sistema Laben = 4.75V). La traccia 2 mostra il momento in cui viene fatto il campionamento del segnale.



## 3 CONCLUSIONI

I test eseguiti sul sistema elettronico LABEN hanno portato ai seguenti risultati:

### **Linearità:**

Entro lo  $0.2 \div 0.4\%$  per il sistema in trigger interno/esterno.

### **Rumore introdotto dal sistema elettronico LABEN:**

Risoluzione =  $4.2\%$  @  $28 \text{ mV}_{\text{in}}$

Risoluzione =  $0.5\%$  @  $560 \text{ mV}_{\text{in}}$ .

### **Jitter e walking time (a $1\sigma$ ):**

Jitter misurato	= $0.7 \mu\text{s}_{\text{rms}}$
Walking Time misurato	= $0.3 \mu\text{s}_{\text{rms}}$
Jitter + Walking Time dichiarato da LABEN	= $2 \mu\text{s}_{\text{rms}}$
Jitter + Walking Time richiesto da TESRE	= $0.75 + 0.3 \mu\text{s}_{\text{rms}}$

### **Delay:**

Regolabile in modo continuo a partire da un minimo di  $\sim 5.64 \mu\text{s}$ .

Impostazione iniziale =  $7.89 \mu\text{s}$ .

Impostazione ottimale stimata =  $6.5 \mu\text{s}$ .

### **Comportamento in regime di saturazione:**

Vengono generati picchi anomali in presenza di segnali sopra il limite di conversione dell'ADC (corrispondente a  $2.4\text{V}$  all'ingresso del sistema LABEN).

## APPENDICE 1: CALCOLO DELL'ERRORE SULLA NON LINEARITÀ DEL SISTEMA ELETTRONICO

Il valore del residuo viene calcolato come segue:

$$R\% = \frac{ch_{\text{calcolato}} - ch_{\text{misurato}}}{ch_{\text{misurato}}}$$

Il valore di  $ch_{\text{calcolato}}$  viene ottenuto dalla relazione lineare:

$$ch = a + b \cdot x$$

Dove:

a = Offset in ch.

b = Guadagno in ch/mV.

x = Segnale in mV all'ingresso del sistema elettronico.

Dalla propagazione degli errori, l'errore su R% risulta:

$$\sigma_{R\%} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{ch_{\text{calc}}}}{ch_{\text{mis}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{ch_{\text{mis}}}}{ch_{\text{mis}}}\right)^2}$$

Avendo tenuto conto degli errori su  $ch_{\text{calcolato}}$  e  $ch_{\text{misurato}}$  che risultano pari a:

$$\sigma_{ch_{\text{calc}}} = \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 \cdot x^2 + \sigma_x^2 \cdot b^2}$$

$\sigma_{ch_{\text{mis}}}, \sigma_a, \sigma_b$  = Ottenuti dalla valutazione del software usato per i fit (PeakFit, TableCurve).

$\sigma_x = 1$  mV, da una valutazione delle caratteristiche dell'impulsatore.