

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Bari

INFN/TC-83/4
22 Febbraio 1983

G. Aloisio, M. Mallamo e I. Matarrese:
MISURE PRELIMINARI DI COMPENSAZIONE STATISTICA
"CYCLING-SCALE" NEI CONVERTITORI ANALOGICO-
-DIGITALI

Servizio Documentazione
dei Laboratori Nazionali di Frascati

MISURE PRELIMINARI DI COMPENSAZIONE STATISTICA "CYCLING-SCALE"
NEI CONVERTITORI ANALOGICO-DIGITALI

G. Aloisio, M. Mallamo e I. Matarrese
INFN, Sezione di Bari, and Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica
dell'Università di Bari

1. - INTRODUZIONE

Il metodo "cycling-scale"⁽¹⁾ rappresenta concettualmente un perfezionamento del metodo "sliding-scale"⁽²⁾ dovuto a Gatti et al.

La nostra indagine, relativa al metodo "cycling-scale", si affianca a quella recentemente svolta da altri⁽³⁾ e relativa al metodo "sliding-scale".

Il presente lavoro riporta i risultati di una preliminare verifica sperimentale.

La nostra indagine conferma le previsioni della teoria relative al miglioramento dei parametri caratteristici di un convertitore analogico-digitale, anche se essa è stata rivolta essenzialmente alla misura di errori di linearità differenziale, di profili e larghezze per un numero limitato di canali.

2. - METODO DI COMPENSAZIONE STATISTICA "CYCLING-SCALE"

Il metodo di compensazione statistica "cycling-scale" si basa su un'opportuna trasformazione dell'ampiezza del segnale di ingresso V_K (K indica l'ordine del canale in cui verrebbe classificato il segnale in assenza di compensazione) secondo la legge:

$$F(V_K, i) = \begin{cases} Q_i - V_K & K \leq i \leq N \\ (Q_{MAX} + Q_i) - V_K & 0 \leq i < K \leq N+1 \end{cases} \quad (1)$$

dove Q_i è il livello analogico ausiliario che caratterizza l' i -esimo stato interno del convertitore, Q_{MAX} è l'estremo superiore del "range" dello strumento e $N+1$ è il numero di differenti canali dell'A. D. C.

Il punto di partenza nell'esame degli effetti del "cycling-scale" è la stima del profilo di canale $P_c(K/V)$ dell'A. D. C. compensato, dato da:

$$P_c(K/V) = \sum_{i=0}^N R(i) P(K/i/V) \quad (2)$$

dove $R(i)$ è la probabilità dell' i -esimo stato interno e $P(K/i/V)$ è la probabilità condizionale che l'impulso di ampiezza V sia classificato nel canale K -esimo quando il sistema è nello stato interno i . In base alla legge di trasformazione (1), la larghezza del canale K -esimo in un A. D. C. compensato è data da:

$$l_{K,c} = \int_0^{\infty} P_c(K/V) dV = \frac{1}{N+1} \sum_{i=0}^N l_{K,i} = 1 \quad (3)$$

cioè uguale alla larghezza di canale teorica l (assumendo che tutti gli stati interni siano equiprobabili) e, quindi, con un errore di linearità differenziale:

$$\varepsilon_d = \left| S_{K,c} \right|_{MAX} = \left| \frac{l_{K,c} - l}{l} \right| \times 100 \quad (4)$$

uguale a zero.

3. - APPARATO SPERIMENTALE

In Fig. 1 è dato lo schema a blocchi dell'apparato usato per la verifica sperimentale del metodo "cycling-scale".

Le specifiche delle varie parti del sistema sono riassunte in Tabella I.

Il calcolatore genera le due sequenze numeriche che opportunamente convertite dai convertitori digitale-analogici realizzano, rispettivamente, lo spettro bianco da simulare V_K e i livelli analogici ausiliari Q_i o $(Q_{MAX} + Q_i)$.

La funzione di trasformazione $F(V_K, i)$, data dalla (1), è ottenuta tramite un sommatore analogico.

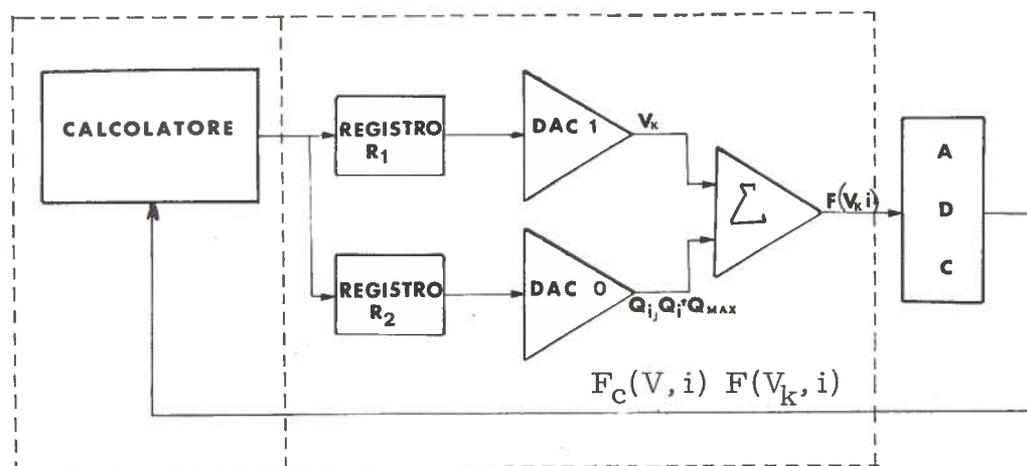


FIG. 1 - Apparato sperimentale.

TABELLA I - Caratteristiche del sistema.

ADC = ADC-UH Series - DATEL INTERSIL

Caratteristiche:

- a) 8 Bits;
- b) dinamica d'ingresso: $-2,560 \div 0$ Volts;
- c) tempo di conversione: 120 nsec;
- d) risoluzione nominale: ± 1 LSB.

DAC0, DAC1 = MODULO MNCAA PDP-11/23

Caratteristiche:

- a) 12 Bits;
- b) dinamica d'ingresso: $\pm 2,560$ Volts;
- c) settling time: $4 \mu\text{sec}$;
- d) risoluzione nominale: $\pm 1/2$ LSB.

Σ = AMPLIFICATORE OPERAZIONALE MONO OP-10

Caratteristiche:

- a) tensione di offset: 0,3 mV tipico;
- b) CMRR = 110 dB tipico;
- c) slewing rate: $0,17 \text{ V}/\mu\text{sec}$;
- d) tensione di drift media: $0,4 \text{ V}/^\circ\text{C}$ tipico.

CALCOLATORE = SISTEMA DIGITAL EQUIPMENT DECLAB PDP-11/23

Il risultato numerico della conversione viene acquisito dal calcolatore, che provvede numericamente al ripristino delle origini della scala di misura e alla classificazione dei risultati.

La sequenza numerica relativa ai livelli Q_i è stata ottenuta emulando un generatore di sequenze "massimali" a "shift-register" reazionato.

4. - MISURE SPERIMENTALI E ANALISI DEI RISULTATI

I miglioramenti introdotti dal metodo di compensazione statistica "cycling-scale" sui parametri caratteristici di un convertitore analogico-digitale sono evidenziati dal confronto di questi ultimi con quelli dello stesso convertitore non compensato.

Sono state effettuate le seguenti misure sperimentali:

- misura del profilo di canale;
- misura della larghezza di canale;
- misura dell'errore di linearità differenziale.

Il conseguimento di questi risultati è legato alla possibilità di accumulare statistiche sufficientemente alte: più alta è la statistica, più i risultati ottenuti rispecchiano quelli previsti dalla teoria.

E' opportuno rilevare che, mentre la misura dei parametri senza compensazione non ha comportato eccessivi problemi, in quanto è stata ampiamente soddisfatta l'esigenza di avere un'alta statistica (possibilità di classificazione di un alto numero di eventi per canale), non è stato così in compensazione, per la stessa natura del metodo usato.

Infatti, poichè il convertitore analogico-digitale sotto test ha una risoluzione nominale di $1/256$, la corretta compensazione di tutti i 256 canali secondo il metodo "cycling-scale" e le caratteristiche dei D. A. C. utilizzati (vedi Tabella I), implicano che il numero di conversioni che deve effettuare l'A. D. C. è ~ 524000 : pur essendo bassi i tempi di conversione dell'A. D. C., tenuto conto del tempo complessivo richiesto per la generazione di un singolo impulso da inviare all'A. D. C., per la sua conversione e la relativa acquisizione ed elaborazione, la completa compensazione di tutti i canali richiederebbe all'incirca più di 500 ore-macchina continue.

L'impossibilità di realizzare una misura di questo tipo, la necessità di prescindere dagli effetti di deriva termica (almeno in questa prima fase della ricerca) e d'altro canto l'esigenza di mantenere un'alta statistica, ha suggerito di limitare la misura ad un numero di canali ristretto, ma pur sufficienti per gli obiettivi della sperimentazione.

4.1. - Profilo di canale

In Fig. 2 sono graficati i profili di tre canali, rispettivamente per il caso senza compensazione (a) e con compensazione (b).

La forma del profilo di canale K-esimo compensato riproduce, come previsto dalla teoria, la legge di distribuzione delle disuniformità delle larghezze di canale del convertitore non compensato (che appare qui di tipo approssimativamente gaussiano).

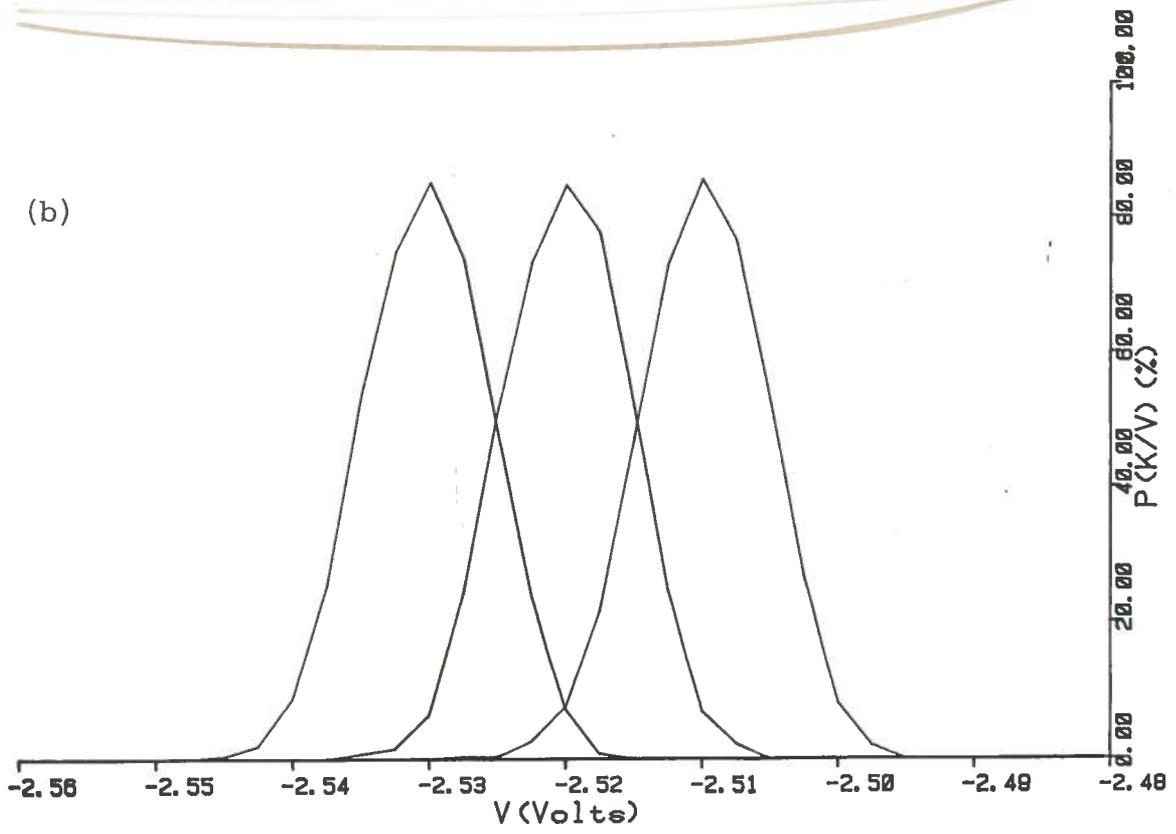
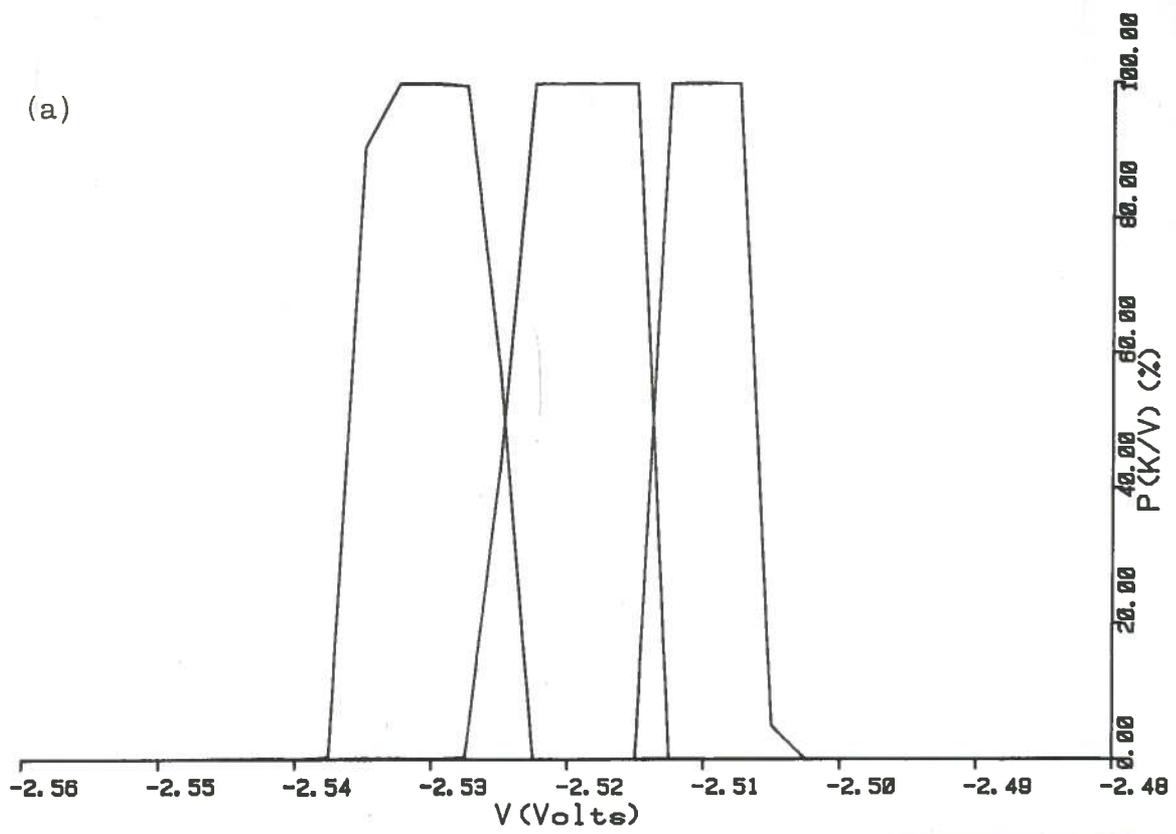


FIG. 2 - Profili di canale senza compensazione (a) e con compensazione (b).

Il profilo considerato risulta indipendente dal numero d'ordine del canale interessato, entro gli errori statistici, nonostante la presenza di gravi errori strumentali.

4.2. - Larghezze di canale ed errore di linearità differenziale

In Tabella II sono riportate le larghezze dei tre canali, calcolate come numero di impulsi immagazzinati per canale, rispetto al numero nominale di impulsi inviati per canale.

TABELLA II - Larghezze di canale.

K_i	253	252	251
Senza compensazione	1147/1024	1134/1024	781/1024
Con compensazione	1037/1024	1041/1024	1036/1024

La disuniformità massima di canale è del 4.88% nel caso di compensazione, mentre è del 35.74%, senza compensazione con un miglioramento relativo dell'86%, risultato questo evidente anche dalla Fig. 2b, in quanto la larghezza di canale non è altro che l'area racchiusa dal profilo di canale.

Dal calcolo degli scarti di linearità differenziale dei tre canali (Tabella III) si passa da un errore di linearità differenziale del 23.73% senza compensazione ad uno di 1.66% con compensazione, con un guadagno effettivo di linearità di oltre un fattore 20.

TABELLA III - Scarti di linearità differenziale.

K_i	253	252	251
Senza compensazione	+ 12.01%	+ 10.74%	- 23.73%
Con compensazione	+ 1.27%	+ 1.66%	+ 1.17%

5. - CONCLUSIONI

Questa preliminare verifica sperimentale mostra il miglioramento dei parametri caratteristici di un convertitore analogico-digitale compensato col metodo "cycling-scale", limitatamente al numero ristretto di canali e la non alta statistica.

E' evidente il miglioramento delle disuniformità delle larghezze di canale, la riduzione degli scarti di linearità e, di conseguenza, dell'errore di linearità differenziale.

Inoltre la forma del profilo di canale è identica per tutti i canali e riproduce la legge di distribuzione delle disuniformità delle larghezze di canale del convertitore non compensato.

BIBLIOGRAFIA

- (1) - E. Gatti, P. F. Manfredi and D. Marino, Analysis and characterization of cyclic-scale compensated analog-to-digital converters, Nuclear Instr. and Meth. 165, 225 (1979).
- (2) - E. Gatti, P. F. Manfredi and V. Svelto, Some remarks about the sliding-scale for analog-to-digital converters, Nuclear Electronics, Versailles 1968, p. 89-1.
- (3) - T. L. Mayhugh, Investigation into the effects of sliding-scale averaging on nuclear pulse height analysis, Dissertation presented for the doctor of philosophy degree the University of Tennessee, Knoxville (1981).