**Laboratorio di Fisica II**

# Convertitore Analogico–Digitale

## 1 Scopo dell'esperimento

Costruzione di un convertitore analogico–digitale (ADC) ad approssimazioni successive a 8 bit: verifica del funzionamento dei singoli componenti, montaggio del circuito, prova a bassa velocità, prova a velocità normale (con misura della linearità), determinazione sperimentale della velocità massima di campionamento.

## 2 Materiale a disposizione

- *Breadboard* K & H mod. RH-74
- Alimentatore in continua HP E3610A oppure BVT 200
- Due generatori di impulsi/funzioni HP 8111A (1 Hz – 1 MHz, 0–5 V)
- Oscilloscopio
- Multimetro
- cavetti "banana"
- un cavo coassiale per adattatore coassiale–banana
- fili di cablaggio
- *componenti:*
  - N. 1 TLC3702CP (comparatore, cat. RS 649–481)
  - N. 1 AD557JN (8 bit Digital–to–Analog Converter, cat. RS 263–289)
  - N. 1 MC14549 (Successive Approximation Register)
  - N. 1 74HCT574 (registro a 8 bit)
  - N. 8 LED rossi
  - N. 1 LED verde

– N. 1 condensatore da 0.1 $\mu$F
– N. 1 potenziometro da 1 k$\Omega$
– N. 9 resistenze da 680 oppure 820 $\Omega$
– N. 2 resistenze da 1 k$\Omega$
– N. 1 resistenza da 10 k$\Omega$
– N. 1 resistenza da 4.7 M$\Omega$
– un pulsante

# 3 Traccia per l'esecuzione dell'esperimento

Osservazioni preliminari: è sempre consigliabile verificare il buon funzionamento di ogni singola parte del circuito prima di passare al montaggio della successiva; inoltre è bene collegare l'alimentatore (+5 V in questo caso) solo DOPO aver verificato tutti i collegamenti.

1. **Verifica del DAC:** Collegare per primo il DAC AD557 (scegliere il modo di operazione normale con fondo scala 2.56 V) seguendo lo schema (a), e verificarne il corretto funzionamento misurando $V_{out}$ in corrispondenza (p.es.) dei seguenti dati binari in ingresso: 00000000, 00000001, 01000000, 10000000.

2. **Verifica a bassa velocità:** Collegare il comparatore TLC3702 e il SAR MC14549 seguendo lo achema (b); collegare inoltre le 8 uscite del SAR a 8 LED rossi (in modo da poter osservare il processo delle approssimazioni successive: *ATTENZIONE, lasciare fin da ora lo spazio sulla breadboard per inserire il registro di uscita tra il SAR e i LED rossi, come descritto al punto 6*) e l'uscita EOC (*End Of Conversion*) del SAR a un LED verde, facendo in modo che i LED si accendano quando il corrispondente segnale è nello stato "HIGH"; preparare il segnale di clock mediante il generatore di impulsi (si osservi il segnale all'oscilloscopio, e si regoli la tensione picco–picco e l'offset in modo da avere un segnale che varia tra 0 e 5 V); collegare l'ingresso SC (*Start Convert*) del SAR a +5 V mediante un pulsante (è conveniente montare quest'ultimo su uno zoccolo); mettere a massa l'ingresso (cioè l'estremo libero della resistenza da 1 k$\Omega$) del comparatore e osservare un ciclo di conversione a velocita' ridotta (in manuale o con una frequenza di circa 1 Hz); verificare che la risposta finale sia "00000000" (è possibile tuttavia che si trovi invece "00000001").

3. **Verifica a velocità normale:** Collegare l'uscita "EOC" del SAR all'ingresso SC dello stesso SAR in modo che la fine di una conversione faccia automaticamente partire la successiva (lasciare la possibilità di

usare ancora il pulsante per far partire a mano la conversione); collegare l'ingresso del comparatore a una tensione che sia variabile o mediante un potenziometro collegato ai +5 V oppure usando un alimentatore in continua; usare una frequenza di clock di circa 100 kHz; osservare con l'oscilloscopio l'uscita del DAC e la tensione da misurare, e controllare che al variare di quest'ultima il convertitore si porti al valore di ingresso (per avere un'immagine stabile conviene usare EOC come *trigger*). Misurare per punti la relazione tra $V_{in}$ (misurata con un multimetro di sufficiente precisione) e $ADC_{out}$; effettuare un fit lineare per determinare la migliore retta; esaminare con maggiore dettaglio la regione delle basse tensioni, dove si possono evidenziare più facilmente errori di conversione.

4. **Osservazione dell'albero binario di ricerca:** Usare un secondo generatore di funzioni per mandare in ingresso un'onda triangolare di ampiezza 0–3 V e frequenza circa 100 Hz; regolando eventualmente la frequenza del clock e l'ampiezza in ingresso visualizzare tutti i rami dell'albero di ricerca binaria percorsi dall'ADC.

5. **Determinazione della massima velocità di conversione:** Calcolare usando le specifiche dei circuiti integrati il tempo minimo teorico necessario per la conversione (in un ciclo di clock devono trovare posto: ritardo di propagazione del SAR, stabilizzazione dell'uscita del DAC, ritardo del comparatore, preparazione del SAR; usare il caso peggiore); aumentare la frequenza finchè non si osservano irregolarità nella risposta dell'ADC, e cercare di valutare la frequenza di transizione tra il buono e il cattivo funzionamento.

6. **Aggiunta del registro di uscita:** Collegare il registro a 8 bit 74HCT574 agli ingressi del DAC e le uscite del '574 ai LED rossi usati in precedenza seguendo lo schema (c); usare il segnale EOC del SAR per l'ingresso clock del '574; controllare che l'indicazione dei LED rimanga stabile tra la fine di una conversione e la successiva, riducendo la frequenza del clock del SAR; studiare all'oscilloscopio i segnali EOC, clock del SAR e il bit meno significativo (LSB) e cercare di rimediare all'eventuale perdita del LSB (il primo fronte dell'EOC potrebbe essere anticipato rispetto alla stabilizzazione del LSB) ritardando opportunamente il clock del '574.

# 4 Valutazione degli errori di misura

Valutare l'errore di misura sulla tensione di ingresso consultando il manuale del multimetro; fare in modo che questo errore sia molto minore del bit meno significativo fornito dal DAC (che è circa 10 mV).

# 5 Documenti allegati

1. schemi del circuito: (a) DAC da solo, (b) DAC + comparatore + SAR, (c) aggiunta del registro di uscita

2. A disposizione in laboratorio:

   (a) specifiche (*data sheet*) del comparatore TLC3702 (da Texas Instruments, novembre 1991, pagine da 3–145 a 3-166)

   (b) specifiche del DAC AD557 (da Analog Devices, Data Converter Ref. Manual, Vol. I, 1992, pagine da 2–43 a 2–46)

   (c) specifiche del Registro ad Approssimazioni Successive MC14549 (da Motorola, CMOS Logic Data, pagine da 6–398 a 6–404)

   (d) specifiche del registro a 8 bit 74HCT574 (da National Semiconductor, CMOS Logic Data Book, pagine da 3–323 a 3–325)