

Flash ADC e realizzazione di un termometro

LORENZO BARTOLOZZI

LUCA PACIOSELLI

GIUSEPPE PRUDENTE

Università di Perugia
A.A. 2018/2019

Sommario

La presente esperienza è volta a studiare il funzionamento di un flash ADC con 4 canali e realizzarci un termometro digitale tramite un sensore LM35.

I. INTRODUZIONE

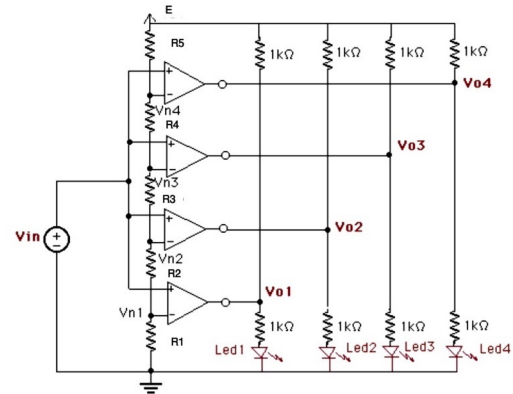
i. Strumenti a disposizione

- generatore di funzioni (alimentatore in alternata, AC) GW GFG;
- oscilloscopio digitale RIGOL;
- basette sperimentali;
- LED a luce gialla (funzionamento tra 2,10V-2,18V);
- resistenze da 100Ω, 1000Ω e 10kΩ;
- un sensore di temperatura LM35;
- due amplificatori operazionali, od op-amp, 741.

ii. Cenni di teoria

Un flash ADC è un dispositivo che, tramite un determinato numero di comparatori, è in grado di convertire un segnale analogico in uno digitale. Nella presente esperienza si sono utilizzati degli op-amp 741 come comparatori, i quali agiscono in modo tale che, secondo la seguente Figura 1:

Figura 1: Schema flash ADC esperienza (la E sopra al partitore di tensione è la V_{max} che viene "ripartita" dal partitore)



quando la V_{in} è maggiore della V_{ref} , determinata per ogni comparatore tramite il partitore di tensione, la V_{out} sarà uguale all'alimentazione positiva dell'op-amp 741 e la corrente che ne risulta alimenterà il LED corrispondente; quando la V_{in} è minore della V_{ref} , la V_{out} passerà attraverso la resistenza di pull-up (di seguito nella relazione si vedrà che il nostro apparato sperimentale non presenta resistenze di pull-up).

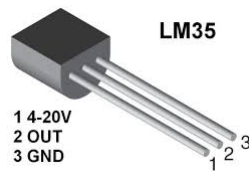
Il sensore di temperatura LM35 è un circuito integrato che presenta un segnale in tensione in uscita linearmente proporzionale alla temperatura, in gradi centigradi, che rileva secondo

la seguente formula:

$$V_{out} = V_{offset} + 10 \frac{mV}{^{\circ}C} * T(^{\circ}C) \quad (1)$$

la precisione con cui si ricava la temperatura da tale formula è di circa $0,5^{\circ}C$. Il dispositivo LM35 (Figura 2)

Figura 2: Sensore di temperatura LM35



ha tre terminali:

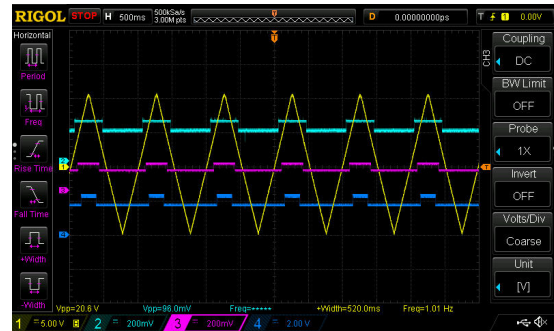
- 1: alimentazione che va da $4V$ a $20V$;
- 2: tensione in uscita, che segue la formula (1);
- 3: messa a terra.

II. PROCEDURA SPERIMENTALE

Flash ADC

Inizialmente si è costruito il circuito seguendo la Figura 1, con le resistenze di pull-up di valore pari a $1k\Omega$, quelle prima dei LED di 100Ω e quelle del partitore di tensione tutte di $10k\Omega$. Al fine di verificare il corretto funzionamento del circuito si è utilizzata come V_{in} un'onda triangolare creata dal generatore di funzioni con ampiezza picco-picco di $20,6V$ e una frequenza di $1,01Hz$; la risposta del dispositivo è la seguente (Figura 3):

Figura 3: Il segnale in giallo è quello in ingresso, mentre gli altri sono i LED 1, 2 e 3 (il LED 4 non è stato preso in considerazione per questa acquisizione, in quanto l'oscilloscopio RIGOL ha 4 canali in entrata)



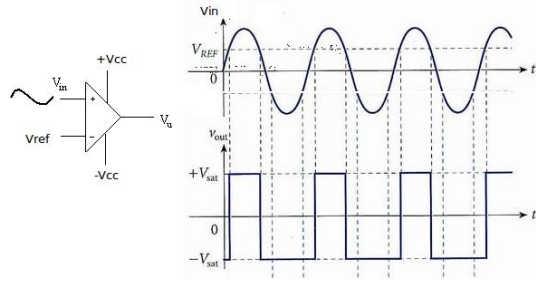
che è proprio l'andamento che si sta cercando, i LED che si accendono, e poi si spengono, in maniera progressiva con l'avanzare della forma d'onda del segnale in ingresso.

Termometro digitale

Successivamente si è modificato il circuito sostituendo il generatore di funzioni con il sensore LM35 e adeguando il partitore di tensione in modo da farlo funzionare con il dispositivo LM35.

Si è notato mentre sostituivamo il generatore di funzioni con il sensore, quindi in una condizione in cui i comparatori non avrebbero dovuto fornire corrente ai LED, che questi ultimi risultavano comunque parzialmente accesi, suggerendoci che in qualche modo, la V_{max} fornita al circuito raggiungesse i LED. Poiché dai comparatori, quando $V_{in} < V_{ref}$ esce una V_{out} pari all'alimentazione negativa, come si evince dalla seguente Figura 4:

Figura 4: Funzionamento di un comparatore con operazionale ad anello aperto



che serve per tenere spenti i LED, abbiamo incriminato il collegamento che questi hanno con le resistenze di pull-up, collegate a V_{max} , e perciò sono state eliminate dal circuito, il quale poi è stato modificato in modo tale che non ci fosse il rischio che della corrente rientrasse negli op-amp 741.

Attuati questi cambiamenti il circuito funziona nel modo che ci si aspetta; i parametri scelti sono (in riferimento alla Figura 1, ma senza resistenze di pull-up):

- $V_{max} = (7,37 \pm 0,02)V$;
- $V_{CC+} = (7,37 \pm 0,02)V$ alimentazione positiva comparatori;
- $V_s = (7,37 \pm 0,02)V$ alimentazione del sensore LM35;
- $V_{CC-} = (-1,01 \pm 0,02)V$ alimentazione negativa comparatori;
- resistenze prima dei LED pari a $(100 \pm 5)\Omega$;
- $R_1 = (1000 \pm 50)\Omega$;
- $R_2 = R_3 = R_4 = (100 \pm 5)\Omega$;
- $R_5 = (11000 \pm 550)\Omega$.

III. ANALISI DATI

¹ Si è misurata, tramite un voltmetro digitale, la tensione in uscita dal sensore LM35 a

¹Tutti gli errori, fatta eccezione per quelli sulla temperatura ricavata dai voltaggi teorici che sono determinati dal sensore LM35, sono stati calcolati con le formule base della propagazione degli errori:

$$\text{Dati } (x \pm \delta_x) \quad (y \pm \delta_y) \text{ si ha } ((x \pm y) \pm (\delta_x + \delta_y)) \text{ ed anche } (x * y) \text{ et } \left(\frac{x}{y}\right) \quad (\delta_{rel_{finale}} = \frac{\delta_x}{x} + \frac{\delta_y}{y})$$

temperatura ambiente ($T = 20 \pm 1$)°C, $V_{out} = (0,42 \pm 0,02)V$, e dalla formula (1) si è ricavato il valore della $V_{offset} = (0,22 \pm 0,03)V$ con il quale si è poi potuto calcolare la temperatura sul sensore LM35 corrispondente ad un LED che si accende.

Tramite i valori delle resistenze riportati in elenco precedentemente, si ottengono le V_{ref} e, conoscendo V_{offset} , tramite la formula (1) anche le temperature corrispondenti all'accensione di ciascun LED riportati nella seguente Tabella 1.

Tabella 1: Valori teorici di voltaggi e temperature per ciascun LED

LED	Voltaggio(V)	Temperatura(°C) $\pm 0,5^\circ C$
1	$0,60 \pm 0,06$	37,9
2	$0,66 \pm 0,07$	43,9
3	$0,72 \pm 0,07$	49,9
4	$0,78 \pm 0,08$	55,9

Infine si è messo il voltmetro digitale in modo che misurasse la V_{out} del sensore LM35 e, sapendo che quest'ultimo può sopportare fino a 120°C, lo si è riscaldato finché non si sono accesi tutti i LED; si è fatto un video al circuito, con il sensore che si raffredda mano a mano, e al monitor del multimetro fino a quando non si sono spenti tutti i LED. Andando a rivedere il video in slow-motion si sono potute vedere le V_{out} alle quali ciascun LED si spegne, con i risultati riportati nella seguente Tabella (2):

Tabella 2: Valori sperimentali di voltaggi e temperature per ciascun LED

LED	Voltaggio(V)	Temperatura(°C) $\pm 5^\circ C$
1	$0,55 \pm 0,02$	33
2	$0,65 \pm 0,02$	43
3	$0,71 \pm 0,02$	49
4	$0,76 \pm 0,02$	54

IV. CONCLUSIONI

Il termometro digitale costruito con il sensore LM35 risulta quindi funzionare in maniera

corretta poiché i risultati sperimentali sono in completo accordo con le previsioni teoriche.