

Siamo chiamati a verificare il corretto funzionamento di un forno da cucina. Il forno è riscaldato da una serpentina alimentata a bassa tensione alternata V_1 (tensione massima, 10 V di picco) alla frequenza di 10 kHz. Si hanno a disposizione due sensori di temperatura (V_2 , V_3) a termocoppia di tipo K (sensibilità $40 \mu\text{V} / ^\circ\text{C}$), uno per la temperatura del forno, l'altro da inserire nel cibo per controllarne lo stato di cottura.

1a) Si descriva a parole come è possibile organizzare la misura delle due temperature attraverso una scheda di acquisizione dati (che ha al suo interno un termometro integrato con sensibilità $10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$ e a 0°C ha come uscita 0 V , V_4) per ottenere delle misure corrette di temperatura.

Successivamente vogliamo acquisire oltre alle temperature, anche la tensione di alimentazione della serpentina e di un altro segnale V_5 proveniente da un controllore analogico che comanda la potenza erogata sulla serpentina con banda massima 10 Hz e ampiezza massima 1 V di picco.

Si ha a disposizione una scheda di acquisizione dati che utilizza un convertitore A/D con dinamica bipolare $D_{\text{ADC}} = \pm 1 \text{ V}$, guadagni impostabili pari a $G_i = 0.1; 1; 10; 100 \text{ (V/V)}$.

1b) Si indichi la modalità e il numero minimo di canali necessari a campionare i cinque segnali.

1c) Si calcoli la frequenza di acquisizione della scheda per campionare i cinque segnali "contemporaneamente".

1d) Si indichino i guadagni da impostare sui singoli segnali per massimizzare la risoluzione su ogni singolo segnale, sapendo che le temperature (V_2 , V_3 , V_4) sono da misurare con una risoluzione di 0.1°C e il segnale di controllo (V_5) deve essere misurato con una risoluzione di almeno $\Delta V_5 = 1 \text{ mV}$.

1e) Si calcoli il numero di bit minimo della scheda per acquisire correttamente i cinque segnali.

$$V_1: f = 10 \text{ kHz} - D = \pm 10 \text{ V}$$

$$V_2: \text{over } S = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$V_3: \text{Meat } S = 40 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$$

$$V_4: \text{DAQ } S = 10 \text{ mV}/^\circ\text{C} \quad 0 \text{ V} @ 0^\circ\text{C}$$

$$V_5: B_w = 10 \text{ kHz} - D = \pm 1 \text{ V}$$

- 1 a) To measure the temperatures (V_2 and V_3) we need a reference. This is done by having a cold junction. This cold junction can have a fixed temperature and then we just measure both using a differential channel and calculate the difference. To avoid errors we can measure the cold junction using the temperature sensor of the board and adjust the results using those measurements.

1 b) Differential, 2 channels per signal = 10 channels

1 c) V_2, V_3 and $V_4 \Rightarrow$ No freq requirements

In truth use around 100 kHz

$$V_1 \rightarrow f_s = 2 \cdot f_{\text{max}} = 20 \text{ kHz} \Rightarrow f_{\text{DAQ}} = 5 \cdot 20 \text{ kHz} = 100 \text{ kHz}$$

$$V_5 \rightarrow f_s = 2 \cdot f_{\text{max}} = 20 \text{ kHz}$$

$$1 d) G = \{0.1; 1; 10; 100\}$$

$$V_1 - G_1 = 0.1$$

$$V_2 - G_2 = 100$$

$$V_3 - G_3 = 100$$

$$D = \{\pm 10; \pm 1; \pm 0.1; \pm 0.01\}$$

$$V_4 - G_4 = 1$$

$$V_5 - G_5 = 1$$

if over at 200°C

$$V_{2,3} = (200 - 20) \cdot 40 \mu\text{V} = 7.2 \text{ mV}$$

DAQ at 20°C

$$V_4 = 20 \cdot 10 \text{ mV} = 200 \text{ mV}$$

$$1 e) \Delta V_2 = \Delta V_3 = 0.1 \cdot S = 4 \mu\text{V} \Rightarrow m = \log_2 \left(\frac{D_{2,3}}{\Delta V_{2,3}} \right) = 12.2 \Rightarrow m = 13 \text{ bit}$$

$$\Delta V_4 = 1 \text{ mV} \Rightarrow m = \log_2 \left(\frac{D_4}{\Delta V_4} \right) \Rightarrow m = 11 \text{ bit}$$

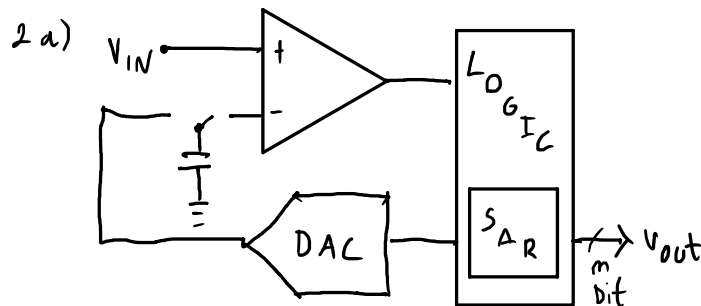
$$\Delta V_5 = 1 \text{ mV} \Rightarrow m = 11 \text{ bit}!$$

2a) Si descrivano le caratteristiche, numero di bit e frequenze tipiche di conversione dei voltmetri approssimazioni successive aiutandosi con uno schema a blocchi del voltmetro.

2b) Sarebbe possibile realizzare un voltmetro *flash* attraverso un'architettura *pipelined*? Si potrebbe utilizzare un voltmetro *flash* all'interno di un'architettura *pipelined*? Si giustifichi la risposta disegnando un'architettura *pipelined* e indicando dove andrebbe o non andrebbe messo il voltmetro *flash*.

2c) Se realizzo un convertitore ad approssimazioni successive da 18 bit con una frequenza di conversione pari a 18 MSample/s, formato da 6 stadi, quanto sarà la minima frequenza di conversione del singolo stadio e di quanti bit sarà il convertitore. Si disegni un diagramma a blocchi del convertitore così realizzato.

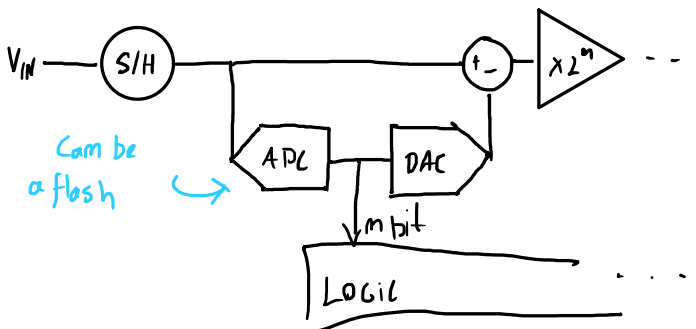
2d) Un convertitore A/D a 14 bit e 200 kSa/s, privo di altre non-idealità ad eccezione di un rumore interno con varianza $\sigma_N^2 = 4 \times 10^{-8} \text{ V}^2$ e un rumore esterno elettronico $\sigma_{\text{ext}}^2 = 4 \times 10^{-8} \text{ V}^2$ ha una dinamica D da 0 V a 2 V. Si calcoli il numero di bit equivalenti del convertitore.



Works by sequentially comparing the input voltage to a generated reference voltage, that's firstly in bit and then is converted to the analog domain. With the comparisons and using a binary search approach one can approximate the generated reference voltage to the input one.

m bit \rightarrow 8 to 18 bit
freq \rightarrow 10 kHz to 2 MHz

2b) No, you can't make a flash out of pipelines.
Yes, you can use flash to make a pipeline.



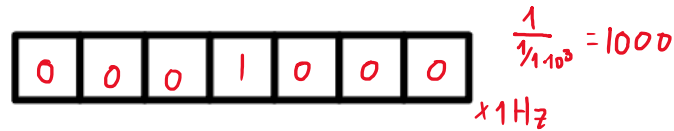
2c) ?

2d) $m = 14 \text{ bit}$ $\sigma_N^2 = 4 \times 10^{-8} \text{ V}^2$ $D = 2 \text{ V}$
 $f = 200 \text{ KHz}$ $\sigma_{\text{ext}}^2 = 4 \times 10^{-8} \text{ V}^2$

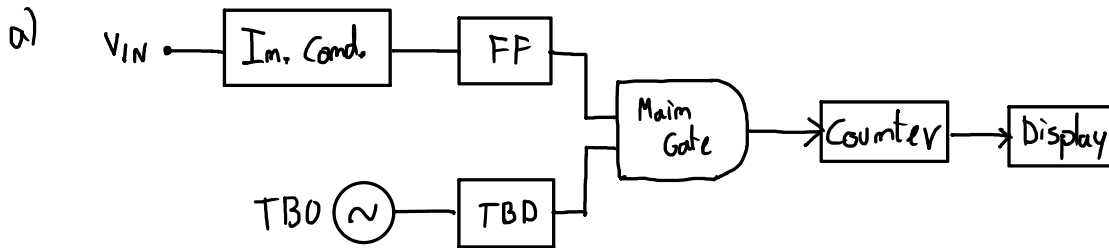
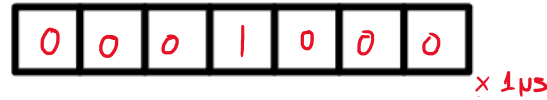
$$m_e = m - \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{\sigma_{\text{ext}}^2 + \sigma_N^2}{\sigma_Q^2} \right) = 10.98 \text{ bit} !$$

3a) Si descriva brevemente, aiutandosi con uno schema a blocchi, come avviene una misura periodo in un contatore elettronico.

3b) Si scriva nei riquadri sottostanti cosa compare (quanti conteggi fa lo strumento) sul *display* di un contatore in modalità di misura di frequenza con tempo di apertura 1 s quando viene misurata la frequenza di 1 kHz:



e cosa viene mostrato sul *display* misurando la stessa frequenza di 1 kHz in modalità periodo utilizzando un *clock* a 1 MHz:



Si vuole misurare l'efficienza differenziale di un laser a semiconduttore (la pendenza della curva potenza emessa vs la corrente che lo alimenta). Per fare ciò si compiono 6 misure della potenza emessa dal laser al variare della corrente iniettata, che forniscono i seguenti risultati:

Corrente (mA)	40	41	42	43	44	45
Potenza (mW)	9.02	13.24	14.96	16.53	17.64	21.07

4a) Si calcoli, tramite il procedimento di regressione lineare, il valore dell'efficienza differenziale (mW/mA) e della soglia del laser (la corrente per la quale il laser inizia a emettere potenza).

4b) Si riportino in un grafico i punti sperimentali e la curva di regressione ottenuta.

Nota: Si riportano qui sotto le formule che esprimono il coefficiente angolare m e l'intercetta q sull'asse Y della retta di regressione ai minimi quadrati:

$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad q = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{n}$$

a)

$$m = 2.143$$

$$q = -75.685$$

$$0 = mx + q \Leftrightarrow \frac{75.685}{2.143} = x = 35 \text{ mA}$$

Soglia del laser $I = 35 \text{ mA}$

Efficienza differenziale $m = 2.143 \frac{\text{mW}}{\text{mA}}$

