

### Problema 1

Un DAC con rete di tipo resistenze pesate a 6 bit ha una risoluzione  $V_{LSB}=0,0625V$ .

1. Determina la tensione di fondo scala  $V_{FS}$ , il valore massimo  $V_{UM}$  della tensione d'uscita.
2. Determina i valori della tensione d'uscita associata ai codici 011001, 010111.
3. Disegna e dimensiona il circuito.

### Risoluzione problema 1

(1) La tensione di fondo scala è  $V_{FS} = V_{LSB} \cdot 2^n = 0,0625V \cdot 2^6 = 4V$

Il valore massimo della tensione d'uscita è

$$V_{UM} = 4V \cdot (R/2R + R/4R + R/8R + R/16R + R/32R + R/64R) = 4V \cdot 0,984375 = 3,9375V$$

(2) I valori della tensione d'uscita associata ai codici del testo sono:

$$V_{(011001)}: 4V \cdot (R/4R + R/8R + R/64R) = 1,5625V$$

$$V_{(010111)}: 4V \cdot (R/4R + R/16R + R/32R + R/64R) = 1,4375V$$

(3) Dimensionamento del circuito: 1 amplificatore invertente con R sul ponte e le resistenze pesate da 2R (MSB) fino a  $2^6R = 64R$  (LSB); tensione di riferimento 4V.

### Problema 2

Un ADC0804 a 8bit ha un tempo di conversione  $T_{CV}=100\mu s$ . Determina se è possibile convertire un segnale audio in banda 300Hz÷3400Hz adatto ad una comunicazione telefonica (256 livelli di quantizzazione e frequenza di campionamento  $f_s=8kHz$ ).

### Risoluzione problema 2

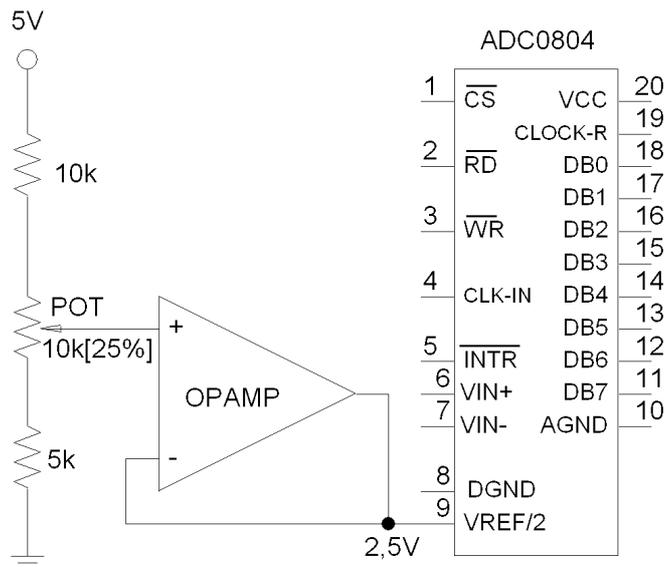
La banda del segnale telefonico è  $B = 3400Hz - 300Hz = 3,1kHz \Rightarrow f_s > 2 \cdot B = 8kHz$

Dall'espressione:  $T_{CV} < 1/[\pi \cdot f \cdot (2^n - 1)] \Rightarrow f = 12,489 Hz$  dove f è la frequenza massima che può avere il segnale. Quindi non è possibile convertire un segnale audio con l'AD0804, perché ottengo:  $f_s = 8kHz > f = 12,489 Hz$  quindi dovrei utilizzare un sample and hold davanti all'ADC.

### Esercizio 3

Ottenere il riferimento per un convertitore ADC0804 pari a  $V_{REF/2}=2,5V$  utilizzando un amplificatore a guadagno unitario, con operazionale.

### Risoluzione esercizio 3



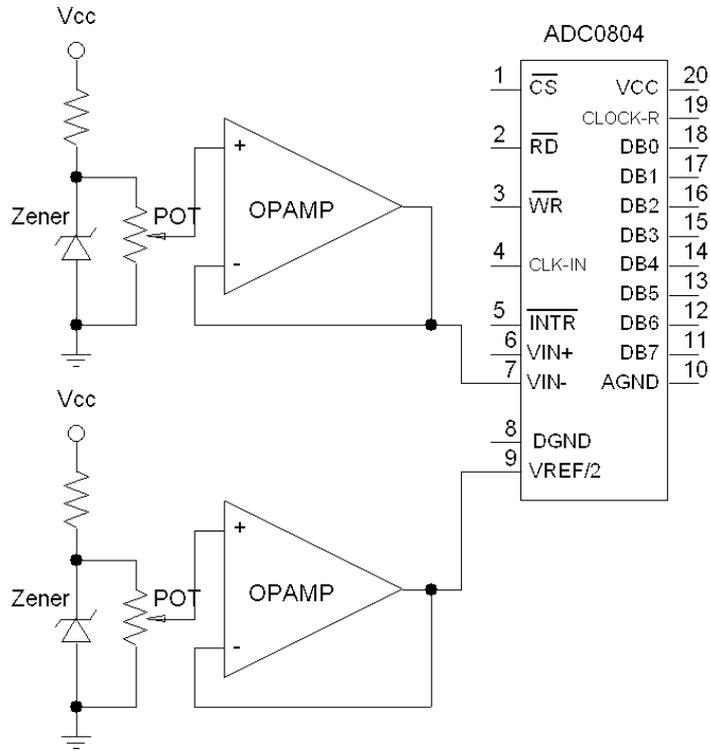
#### Esercizio 4

Per un ADC0804 si vuole ottenere un range del segnale d'ingresso  $V_{IN(+)}$  tra  $0,5 \div 3,5V$ . Dimensionare  $V_{REF/2}$  e  $V_{IN(-)}$  e disegnare un circuito che realizzi tali riferimenti di tensione.

NB: ricorda che il pin 6:  $V_{IN(+)}$  è il segnale di ingresso, mentre il pin 7:  $V_{IN(-)}$  è il riferimento del segnale di ingresso (ad esempio per un range tra  $0 \div 5V$  viene messo a massa)

#### Risoluzione esercizio 4

Al pin 7 bisogna applicare  $V_{IN(-)}=2V$ , mentre al pin 9 bisogna applicare  $V_{REF/2}=(3,5-0,5)/2=1,5V$ . Per stabilizzare i riferimenti, utilizzo degli zener da  $2,5V$ .

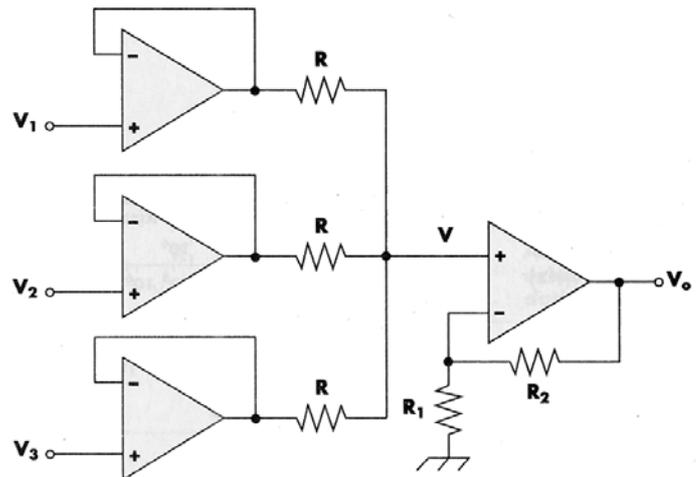




### Problema 6 (tratto dal Tema d'esame di Elettronica ITIS 1987)

In un sistema di acquisizione e trasmissione dati sono utilizzati tre sensori identici i cui segnali di uscita in tensione sono inviati a un dispositivo che fornisce la loro media aritmetica  $V_0$ . Questo valor medio è convertito ogni minuto in forma numerica da un convertitore analogico digitale a 8 bit e acquisito da un sistema a microprocessore. Nello svolgimento del progetto utilizza dispositivi reali di tua conoscenza (AO, ADC, R, trimmer, S&H...):

1. Dimensiona il dispositivo che esegue la media aritmetica, nell'ipotesi che ciascun sensore fornisca un segnale di tensione compreso tra 0 e 2,5 V ed il convertitore A/D abbia un campo di lavoro tra 0 e 5 V
2. Viene richiesto di leggere i segnali in ingresso con una frequenza di 10 acquisizioni al secondo; scegli un ADC di tua conoscenza per eseguire l'operazione e nel caso non abbia un tempo di conversione sufficiente utilizza anche un S&H.
3. Se l'ingresso vale  $V_1=2,5V$ ,  $V_2=1,25V$ ,  $V_3=2V$ , quanto vale l'uscita digitale?



### Risoluzione problema 6

(1) Non abbiamo informazioni sulla resistenza interna delle sorgenti dei tre segnali e per rendere il comportamento del circuito il più possibile indipendente da tale parametro scegliamo di separare sensori e condizionamento con dei tre buffer ad alta impedenza e guadagno unitario. Inoltre è opportuno che il sommatore/mediatore sia non invertente per stare tra 0V e 5V. Gli AO sono in numero di 4 il che permette di usare un integrato quadruplo, per esempio un LM324, che ha anche il vantaggio di poter essere alimentato in tensione singola.

Dimensioniamo il circuito di condizionamento. Dal teorema di Millman abbiamo che:

$$V = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{V_3}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{3}$$

Allo stesso risultato per la tensione V si può arrivare usando Kirchhoff:

$$\begin{cases} V - V_1 = I_1 \cdot R \\ V - V_2 = I_2 \cdot R \\ V - V_3 = I_3 \cdot R \\ I_1 + I_2 + I_3 = 0 \end{cases}$$

Poiché le tre tensioni arrivano al massimo a 2,5 V, questo vale anche per V  $\Rightarrow$  lo stadio non invertente deve perciò avere guadagno 2, da cui segue  $R_1 = R_2$ ; il valore effettivo può essere, per esempio 22k $\Omega$ . È opportuno, per ragioni di controllo dell'offset, che le tre R presentino in parallelo  $R//R//R$  un valore pari al parallelo  $R_1//R_2 = 11k\Omega$ :  $R//R//R = R_1//R_2 \Rightarrow R/3 = 11k\Omega$  che dà come valore commerciale  $R=33k\Omega$ .

(2) Utilizziamo il convertitore ADC0804 ad 8bit ad approssimazioni successive, il quale ha un tempo di conversione  $t_{CV}=100\mu s$ . Determiniamo la frequenza massima che può avere il segnale d'ingresso senza incrementare l'errore e tollerando una accuratezza di 1 LSB:  $f_{MAX} = \frac{1}{\pi \cdot t_{CV} \cdot (2^n - 1)} = 12,5Hz$  che è

maggiore della frequenza di acquisizione richiesta dal problema, pari a 10Hz.

(3) Se l'ingresso vale  $V_1=2,5V$ ,  $V_2=1,25V$ ,  $V_3=2V$ , la media vale  $(2,5+1,25+2)/3 = 1,916V$ , la quale subisce una amplificazione di 2 ottenendo  $V_0 = 3,833V$

Dato che  $1LSB = 5V/2^8 = 0,0195V$  l'uscita digitale vale  $\lfloor 3,833/0,0195 \rfloor = \lfloor 196,581 \rfloor = 196 = 11000100_B$

Verifico:

$$196 \cdot 0,0195V = 11000100_B \cdot 0,0195V = 3,822$$

$$197 \cdot 0,0195V = 11000101_B \cdot 0,0195V = 3,8415$$

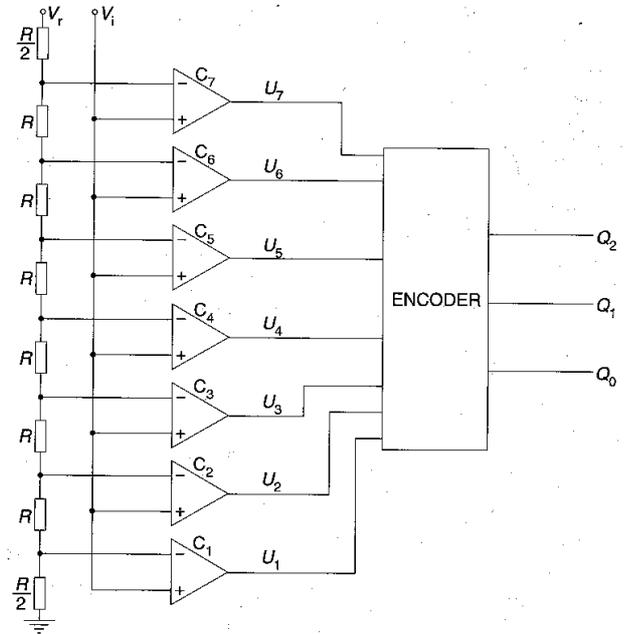
### Problema 7

Dato il convertitore A/D parallelo (flash) a 3 bit rappresentato in figura, determina il codice binario associato alle seguenti tensioni:

- $V_{IN}=1,5V$
- $V_{IN}=3V$
- $V_{IN}=4,8V$

nel caso in cui si utilizzi una tensione di riferimento  $V_R=5V$ .

Progetta e disegna la rete combinatoria che realizza l'encoder



### Problema 8

Determina la risoluzione  $V_{LSB}$  e l'errore massimo  $e_M$  (nel caso in cui la tensione associata al codice cade al centro dell'intervallo di quantizzazione) di un convertitore A/D a 5 bit con tensione d'ingresso compresa tra 0 e 5V.

### Problema 9

Realizza un DAC con rete di tipo R-2R a 3 bit, con risoluzione  $V_{LSB}=0,625V$ . Determinare la tensione di fondo scala  $V_{FS}$ , il valore massimo  $V_{UM}$  della tensione d'uscita. I valori della tensione d'uscita associata ai codici 011, 101, 110.