

**Esercizio no.1**

soluzione a pag.4

Mediante un sistema a 4bit in un convertitore A/D con  $V_{FS}=10$  codificare in forma digitale

A] 3,8V

B] 8,4V

C] 0,61V

**Esercizio no.2**

soluzione a pag.5

In un convertitore flash a 3bit individuare la tensione di riferimento  $V_{REF}$  e i valori dei resistori che determinano una risoluzione  $Q=1$ . Ricavare i valori di tutte le tensioni di soglia.

**Esercizio no.3**

soluzione a pag.6

Determinare il quanto  $Q$  e l'errore massimo  $\varepsilon_{max}$  per un ADC a 8bit e  $V_{FS}=10V$ . Ripetere i calcoli per  $n=16$  e  $V_{FS}=5V$ .

**Esercizio no.4**

soluzione a pag.6

Un ADC  $n=8$   $V_{FS}=5V$ , determinare i numeri binari in uscita per delle  $V_i=1,7V$  e  $V_i=3,8V$

**Esercizio no.5**

soluzione a pag.6

Un convertitore  $n=12$   $V_{FS}=5V$ , trovare la risoluzione  $Q$ .

**Esercizio no.6**

soluzione a pag.7

Un convertitore  $n=8$   $V_{FS}=12V$ , trovare la  $Q$  e l' $\varepsilon_{max}$ . Quanto vale  $N$  per  $V_i=5,7V$ ?

**Esercizio no.7**

soluzione a pag.7

Si vuole convertire un segnale che ha una  $f_M=75Hz$  (frequenza massima) con un ADC ad 8 bit che ha tempo di conversione  $T_C=200\mu s$ , valutare l'opportunità di anteporre al dispositivo un modulo SH.

**Esercizio no.8**

soluzione a pag.7

Si vuole convertire in digitale con un ADC ad 8 bit e tempo di conversione  $T_C=15\mu s$  un segnale il cui spettro si estende fino alla frequenza di  $f_M=65Hz$ . Dire se è indispensabile inserire un SH a monte dell'ADC.

**Esercizio no.9**

soluzione a pag.8

Convertire in digitale con un ADC a 8 bit e tempo di conversione  $T_c=100\mu s$ , un segnale sinusoidale che ha  $f_{max}=100Hz$ , dire se è indispensabile la presenza di un modulo S/H.

**Esercizio no.10**

soluzione a pag.8

Calcolare il valore massimo della frequenza di un segnale sinusoidale con valore di picco  $V_p=4V$  che può essere convertito direttamente senza S/H da un ADC a 8 bit con  $V_{FS}=10V$  e tempo di conversione  $T_c=100\mu s$ .

**Esercizio no.11**

soluzione a pag.9

Rilevare la temperatura di un ambiente in un intervallo da 0°C a 100°C; individuare il numero di bit del convertitore assumendo una precisione del decimo di grado.

**Esercizio no.12**

soluzione a pag.9

Calcola la massima ampiezza che può avere un segnale sinusoidale, di frequenza pari a 180Hz perché sia possibile acquisirlo senza usare un modulo S/H con un ADC a 10bit avente un tempo di conversione di 25μs ed una tensione di fondo scala  $V_{FS}=10V$ .

**Esercizio no.13**

soluzione a pag.10

Calcola la massima frequenza che può avere un segnale a dente di sega unipolare con ampiezza 5V perché sia possibile acquisirlo senza S/H con un ADC ad 8 bit avente tempo di conversione  $T_c=50\mu s$  e con tensione di fondo scala  $V_{FS}=10V$ .

**Esercizio no.14**

soluzione a pag.11

Calcola la massima frequenza che può avere un segnale triangolare unipolare con una ampiezza di 5V, perché sia possibile acquisirlo con un ADC ad 8 bit con tempo di conversione di 50μs e con una tensione di fondoscala  $V_{FS}=10V$  senza far uso di un modulo S/H.

**Esercizio no.15**

soluzione a pag.12

Considerando di usare un ADC ad 8 bit senza modulo S/H con valore di fondo scala  $V_{FS}=10V$  e che ha un tempo di conversione  $T_c=10\mu s$  che acquisisca segnali sinusoidali. Calcola la frequenza massima che devono avere i segnali e il massimo numero di canali che possono essere usati tramite un MUX analogico.

**Esercizio no.16**

soluzione a pag.12

Operando in time-sharing quanti segnali sinusoidali può convertire un ADC con  $T_c=50\mu s$  a 10bit con  $V_{FS}=10V$ ?

**Esercizio no.17**

soluzione a pag.13

Calcola il tempo di conversione che può avere un ADC per poter acquisire un segnale avente uno spettro di frequenza compreso fra i 300Hz e i 3300Hz; scegliere una frequenza 1,5 volte maggiore della frequenza minima.

**Esercizio no.18**

soluzione a pag.13

Si devono elaborare in time-sharing 25 canali analogici sapendo che il periodo di campionamento è di 125μs. Calcola la max frequenza del segnale di ingresso ed il tempo di conversione che deve avere l'ADC.

**Esercizio no.19**

soluzione a pag.14

Tramite un convertitore A/D si devono acquisire 4 segnali analogici per poi passarli ad un microprocessore in modo che i campioni pur acquisiti in tempi diversi siano riferiti agli stessi istanti. Disegnare lo schema a blocchi del sistema e la massima frequenza che può avere il segnale se il tempo di conversione dell'ADC è di  $20\mu s$ .

**Esercizio no.20**

soluzione a pag.15

Si devono acquisire 3 segnali in modo sequenziale, disegna lo schema a blocchi del sistema e calcola il massimo tempo di conversione dell'ADC se la frequenza massima del segnale è di 5kHz.

**Esercizio no.21**

soluzione a pag.16

Determinare le caratteristiche di un filtro passa-basso necessario per limitare la banda di un segnale avente frequenza massima  $f_{max}=1,8kHz$ ; tale segnale deve essere campionato con frequenza  $f_s=10kHz$  e convertito con un ADC ad 8 bit . Determinare il massimo tempo di conversione per l'ADC.

**Esercizio no.22**

soluzione a pag.17

Si vuole campionare un segnale audio alla frequenza di  $f_s=44,1kHz$  e convertirlo con un ADC a 10 bit, individuare le caratteristiche del filtro in ingresso da usare che limiti la frequenza massima  $f_M$  a 14kHz. Determinare il massimo tempo di conversione.

**Esercizio no.1**

Mediante un sistema a 4bit in un convertitore A/D con  $V_{FS}=10$  codificare in forma digitale

A] 3,8V

B] 8,4V

C] 0,61V

**Esercizio no.1: soluzione**

$$V_i \cdot 2^n = V_{FS} \cdot N \quad N = \frac{V_i \cdot 2^n}{V_{FS}} \quad N = \frac{3,8 \cdot 2^4}{10} = \frac{3,8 \cdot 16}{10} = 6,08$$

$$A) N = 6,08 = (6)_{10} = (0110)_2$$

$$B) N = \frac{8,4 \cdot 16}{10} = 13,44 = (13)_{10} = (1101)_2$$

$$C) N = \frac{0,61 \cdot 16}{10} = 0,976 \approx (1)_{10} = (0001)_2$$

In uscita all'ADC

$$V_o = \frac{V_{FS}}{2^n} \cdot (B_0 + 2B_1 + 4B_2 + 8B_3)$$

$$V_o = Q \cdot (8B_3 + 4B_2 + 2B_1 + B_0)$$

$$V_o = Q \cdot (8B_3 + 4B_2 + 2B_1 + B_0)$$

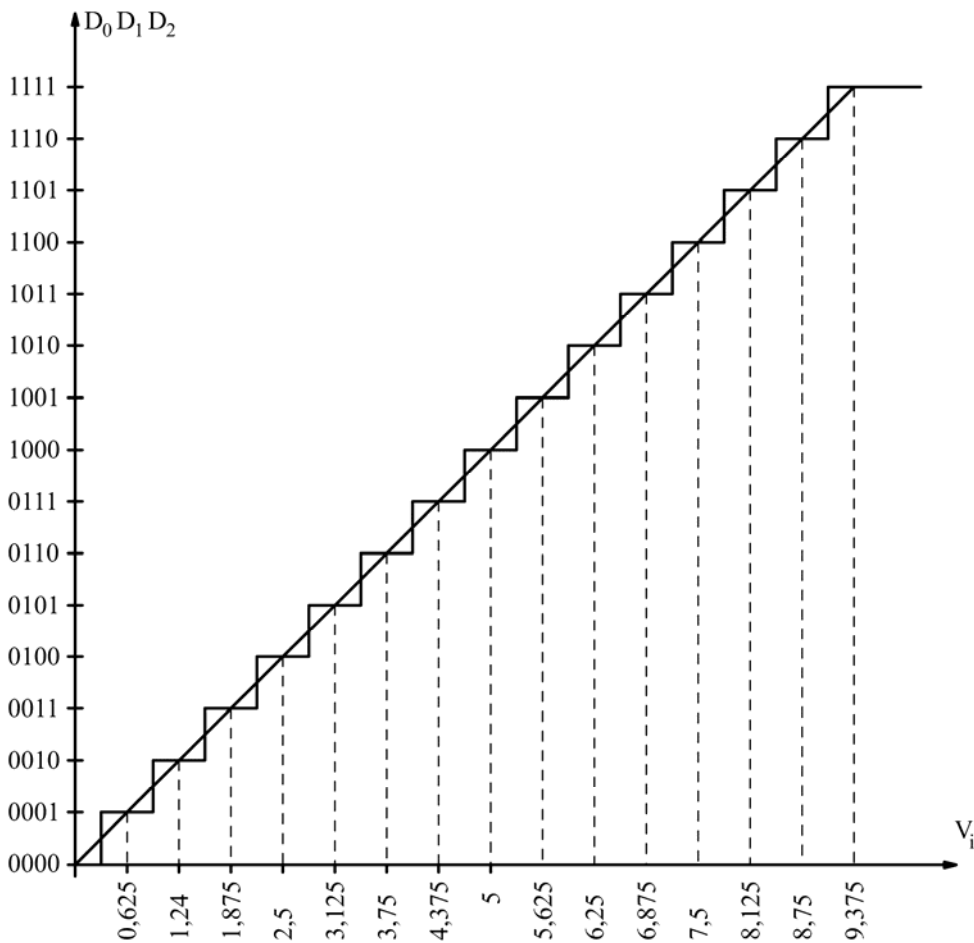
$$V_{o\min} = Q = \frac{V_{FS}}{2^4} = \frac{10}{16} = 0,625$$

$$0,625 \equiv 0001$$

$$2 \cdot 0,625 = 1,24 \equiv 0010$$

$$3 \cdot 0,625 = 1,875 \equiv 0010$$

0000 → 0	1000 → 5
0001 → 0,625	1001 → 5,625
0010 → 1,24	1010 → 6,25
0011 → 1,875	1011 → 6,875
0100 → 2,5	1100 → 7,5
0101 → 3,125	1101 → 8,125
0110 → 3,75	1110 → 8,75
0111 → 4,375	1111 → 9,375



**Esercizio no.2**

In un convertitore flash a 3bit individuare la tensione di riferimento  $V_{REF}$  e i valori dei resistori che determinano una risoluzione  $Q=1$ . Ricavare i valori di tutte le tensioni di soglia.

**Esercizio no.2: soluzione**

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n} = \frac{V_{REF}}{2^3} = 1 \quad \Rightarrow \quad V_{REF} = 8V$$

scegliendo  $R=1k\Omega \Rightarrow \frac{R}{2} = 0,5k\Omega; \quad \frac{3}{2}R = 1,5k\Omega$

La 1ª tensione di soglia vale  $\frac{Q}{2} = \frac{1}{2} = 0,5V$  le altre sono posizionate a passi di 1V dalla 1ª tensione.

1,5    2,5    3,5    4,5    5,5    6,5V

**Esercizio no.3**

Determinare il quanto  $Q$  e l'errore massimo  $\varepsilon_{max}$  per un ADC a 8bit e  $V_{FS}=10V$ . Ripetere i calcoli per  $n=16$  e  $V_{FS}=5V$ .

**Esercizio no.3: soluzione**

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n} = \frac{10}{2^8} = \frac{10}{256} = 0,039V = 39,06mV$$

$$\varepsilon_{max} = \pm \frac{Q}{2} = \pm 19,55mV$$

Nel 2° caso

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n} = \frac{5}{2^{16}} = \frac{5}{65536} = 76,3\mu V$$

$$\varepsilon_{max} = \pm \frac{Q}{2} = \pm 38,1\mu V$$

**Esercizio no.4**

Un ADC  $n=8$   $V_{FS}=5V$ , determinare i numeri binari in uscita per delle  $V_i=1,7V$  e  $V_i=3,8V$

**Esercizio no.4: soluzione**

$$V_i \cdot 2^n = N \cdot V_{FS}$$

$$N = \frac{V_i}{V_{FS}} \cdot 2^n = \frac{1,7}{5} \cdot 2^8 = \frac{1,7}{5} \cdot 256 = 87,04 \quad \Rightarrow \quad N = 87 = N = (01010111)_2$$

$$N = \frac{V_i}{V_{FS}} \cdot 2^n = \frac{3,8}{5} \cdot 2^8 = \frac{3,8}{5} \cdot 256 = 194,56 \quad \Rightarrow \quad N = 194 = (11000010)_2$$

**Esercizio no.5**

Un convertitore  $n=12$   $V_{FS}=5V$ , trovare la  $Q$ .

**Esercizio no.5: soluzione**

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n} = \frac{5}{2^{12}} = \frac{5}{4096} = 1,22mV$$

$$\varepsilon_{max} = \pm \frac{Q}{2} = \pm 0,61mV$$

**Esercizio no.6**

Un convertitore  $n=8$   $V_{FS}=12V$ , trovare la  $Q$  e l' $\varepsilon_{max}$ .  
Quanto vale  $N$  per  $V_i=5,7V$ ?

**Esercizio no.6: soluzione**

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n} = \frac{12}{2^8} = \frac{12}{256} = 46,875mV$$

$$\varepsilon_{max} = \pm \frac{Q}{2} = \pm 23mV$$

$$V_i \cdot 2^n = N \cdot V_{FS} \quad N = \frac{V_i \cdot 2^n}{V_{FS}} = \frac{5,7 \cdot 256}{12} = 121,6 = 121$$

$$(121)_{10} = (01111001)_2$$

**Esercizio no.7**

Si vuole convertire un segnale che ha una  $f_M=75Hz$  (frequenza massima) con un ADC ad 8 bit che ha tempo di conversione  $T_C=200\mu s$ , valutare l'opportunità di anteporre al dispositivo un modulo SH.

**Esercizio no.7:soluzione**

La max frequenza convertibile senza SH dall'ADC assegnato vale:

$$f = \frac{1}{2^n \pi T_C} = \frac{1}{2^8 \pi \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6}} = \frac{10.000}{2 \cdot \pi \cdot 256} = 6,2Hz$$

Ci vuole un modulo SH dato che  $6,2 \ll 75Hz$

**Esercizio no.8**

Si vuole convertire in digitale con un ADC ad 8 bit e tempo di conversione  $T_C=15\mu s$  un segnale il cui spettro si estende fino alla frequenza di  $f_M=65Hz$  Dire se è indispensabile inserire un SH a monte dell'ADC.

**Esercizio no.8:soluzione**

La max frequenza convertibile con questo tempo di conversione

$$f = \frac{1}{2^n \pi T_C} = \frac{1}{2^8 \pi \cdot 15 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{15 \cdot \pi \cdot 256} = 82,9Hz$$

Dato che la frequenza massima convertibile è maggiore della massima frequenza  $f_M$  espressa dal segnale di ingresso, non è indispensabile inserire un dispositivo SH

**Esercizio no.9**

Convertire in digitale con un ADC a 8 bit e tempo di conversione  $T_c=100\mu s$ , un segnale sinusoidale che ha  $f_{max}=100Hz$ , dire se è indispensabile la presenza di un modulo S/H.

**Esercizio no.9:soluzione**

$$\frac{1}{2^n \pi T_c} = \frac{1}{2^8 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 12,4Hz$$

La condizione  $f = 100 \leq 12,4 = \frac{1}{2^n \pi T_c}$  non è rispettata.

è necessario anteporre un modulo S/H a monte dell'ADC.

**Esercizio no.10**

Calcolare il valore massimo della frequenza di un segnale sinusoidale con valore di picco  $V_p=4V$  che può essere convertito direttamente senza S/H da un ADC a 8 bit con  $V_{FS}=10V$  e tempo di conversione  $T_c=100\mu s$ .

**Esercizio no.10:soluzione**

Dalla  $\omega \cdot V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c}$  si ha:

$$\omega \cdot V_p = 2\pi \cdot f \cdot V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \rightarrow f \leq \frac{V_{FS}}{2^n \cdot 2\pi \cdot V_p T_c} = \frac{10}{2^8 \cdot 2\pi \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 15,5Hz$$

Se avessimo considerato che il valore picco-picco della tensione sinusoidale da convertire avesse avuto il massimo valore convertibile, cioè

$$2V_p = V_{FS} = 10V \rightarrow V_p = 5V$$

avremo trovato come nel caso precedente:

$$f \leq \frac{1}{2^n \pi T_c} = \frac{1}{2^8 \pi \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 12,4Hz$$

condizione ancor più restrittiva.



**Esercizio no.11**

Rilevare la temperatura di un ambiente in un intervallo da 0°C a 100°C; individuare il numero di bit del convertitore assumendo una precisione del decimo di grado.

**Esercizio no.11:soluzione**

Se dobbiamo almeno misurare 1/10 di grado su un intervallo di temperatura che va da 0 a 100

notiamo come il  $\Delta T_{min}$  in ingresso sia  $\frac{0,1}{100} = \frac{1}{1000}$  la scala delle temperature è quindi suddivisa

in 1000 valori discreti; questo deve avvenire anche per la tensione in uscita; avendo notato che un ADC eroga in uscita  $2^n$  livelli di tensione:

$$\frac{1}{2^n} = \frac{1}{1000} \rightarrow 2^n = 1000 \rightarrow n = \lg_2 1000 = \frac{\lg 1000}{\lg 2} = \frac{3}{\lg 2} = 9,96$$

ci vogliono almeno  $n=10$ bit.

**Esercizio no.12**

Calcola la massima ampiezza che può avere un segnale sinusoidale, di frequenza pari a 180Hz perché sia possibile acquisirlo senza usare un modulo S/H con un ADC a 10bit avente un tempo di conversione di 25μs ed una tensione di fondo scala  $V_{FS}=10V$ .

**Esercizio no.12:soluzione**

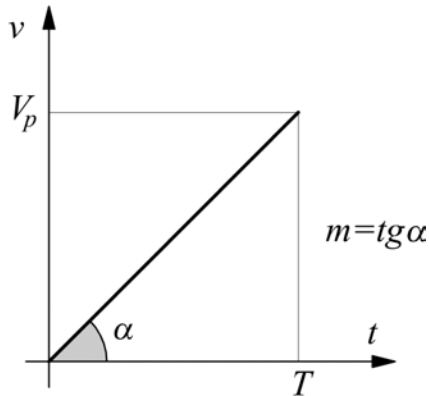
$$\text{Dobbiamo usare la } \omega \cdot V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \rightarrow V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n \omega T_c}$$

per  $f=180\text{Hz}$  si ha  $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 180 = 1131 \text{ r/s}$  per cui:

$$V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n \omega T_c} = \frac{10}{2^{10} \cdot 1131 \cdot 25 \cdot 10^{-6}} = 0,345V = 345mV$$

**Esercizio no.13**

Calcola la massima frequenza che può avere un segnale a dente di sega unipolare con ampiezza 5V perché sia possibile acquisirlo senza S/H con un ADC ad 8 bit avente tempo di conversione  $T_c=50\mu s$  e con tensione di fondo scala  $V_{FS}=10V$ .

**Esercizio no.13:soluzione**

Ricordiamo che nel caso di un segnale a rampa si ha:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right) = \left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} = \frac{V_p}{T} = m$$

Inoltre è

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow \left(\frac{dv}{dt}\right) \equiv \left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} = \frac{V_p}{T} = V_p f$$

dovrà, quindi essere rispettata la  $\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} = \frac{Q}{T_c}$  cioè

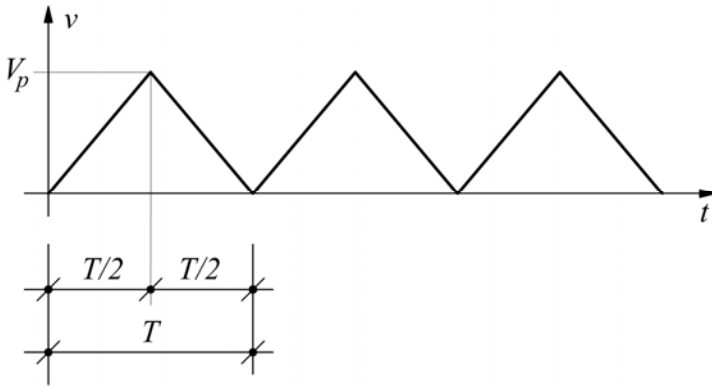
$$V_p f \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \rightarrow f \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c V_p} = \frac{10}{2^8 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 5} = 156,25 \text{ Hz}$$

**Esercizio no.14**

Calcola la massima frequenza che può avere un segnale triangolare unipolare con una ampiezza di 5V, perché sia possibile acquisirlo con un ADC ad 8 bit con tempo di conversione di 50μs e con una tensione di fondoscala  $V_{FS}=10V$  senza far uso di un modulo S/H.

**Esercizio no.14:soluzione**

Il contesto descritto sembrerebbe quello illustrato:



Consideriamo solo la rampa di salita la cui derivata è costante e vale:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right) = \frac{V_p}{T/2} = \frac{2V_p}{T}$$

ovviamente sulla rampa di discesa il valore sarà uguale ed inverso.

se dobbiamo rispettare la  $\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} = \frac{Q}{T_c}$

$$\frac{2V_p}{T} \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \rightarrow 2V_p f \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \quad f \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c 2V_p} = \frac{10}{256 \cdot 50 \cdot 10^{-6} \cdot 10} = \frac{10^6}{256 \cdot 50} = 78,125 \text{ Hz}$$

**Esercizio no.15**

Considerando di usare un ADC ad 8 bit senza modulo S/H con valore di fondo scala  $V_{FS}=10V$  e che ha un tempo di conversione  $T_c=10\mu s$  che acquisisca segnali sinusoidali. Calcola la frequenza massima che devono avere i segnali e il massimo numero di canali che possono essere usati tramite un MUX analogico.

**Esercizio no.15:soluzione**

Se ipotizziamo che il valore di picco del segnale in ingresso abbia il valore massimo convertibile  $2V_p=V_{FS}$ :

$$\omega \cdot V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n T_c} \rightarrow (\cancel{2} \pi f) \cdot \frac{\cancel{V_{FS}}}{\cancel{2}} \leq \frac{\cancel{V_{FS}}}{2^n T_c} \rightarrow f \leq \frac{1}{2^n \pi T_c}$$

$$f \leq \frac{1}{2^8 \pi \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^5}{256 \pi} = 124 \text{ Hz}$$

ma la massima frequenza dei segnali da campionare deve essere di 124Hz, per il teorema di Shannon:

$$f_s \geq 2f_{max} \rightarrow f_s \geq 2 \cdot 124 = 248 \text{ Hz} \rightarrow T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{248} = 0,004 \text{ s}$$

Per campionare correttamente un segnale a 124Hz basta effettuare 248 campioni al secondo, poi dalla

$$T_s = NT_c \rightarrow 0,004 = N \cdot 10 \cdot 10^{-6} \rightarrow N = 403$$

al massimo si possono usare 403 canali.

**Esercizio no.16**

Operando in time-sharing quanti segnali sinusoidali può convertire un ADC con  $T_c=50\mu s$  a 10bit con  $V_{FS}=10V$ ?

**Esercizio no.16:soluzione**

Assumendo la solita ipotesi  $2V_p=V_{FS}$ :

$$f \leq \frac{1}{2^n \pi T_c} = \frac{1}{2^{10} \pi 50 \cdot 10^{-6}} = 6,2 \text{ Hz}$$

$$f_s \geq 2f_{max} \rightarrow f_s \geq 12,4 \text{ Hz} \rightarrow T_s \leq \frac{1}{12,4} = 0,08 \text{ s}$$

$$T_s = NT_c \rightarrow 0,08 = N \cdot 50 \cdot 10^{-6} \rightarrow N = 1612$$

si può arrivare sino a 1612 canali.

**Esercizio no.17**

Calcola il tempo di conversione che può avere un ADC per poter acquisire un segnale avente uno spettro di frequenza compreso fra i 300Hz e i 3300Hz; scegliere una frequenza 1,5 volte maggiore della frequenza minima.

**Esercizio no.17:soluzione**

Per il calcolo della frequenza di campionamento dobbiamo considerare la massima frequenza presente nello spettro del segnale.

$$f_s \geq 2f_{\max} = 2 \cdot 3300 = 6600 \text{ Hz}$$

ci viene imposto di campionare ad una frequenza una volta e mezza maggiore di questa appena trovata (che è quella minima).

$$f_s = 1,5 \cdot 6600 = 9900 \text{ Hz} \quad \rightarrow T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{9900} = 101 \mu\text{s}$$

$$T_s = NT_c \quad \text{se } N=1 \quad T_s = T_c$$

101μs deve essere il tempo di conversione (massimo) dell'ADC.

**Esercizio no.18**

Si devono elaborare in time-sharing 25 canali analogici sapendo che il periodo di campionamento è di 125μs. Calcola la max frequenza del segnale di ingresso ed il tempo di conversione che deve avere l'ADC.

**Esercizio no.18:soluzione**

Ad un periodo di campionamento  $T_s=125\mu\text{s}$  corrisponde una frequenza di campionamento  $f_s=8\text{kHz}$ , dato che deve essere

$$f_s \geq 2f_{\max}$$

la frequenza del segnale di ingresso sarà al più 4kHz.

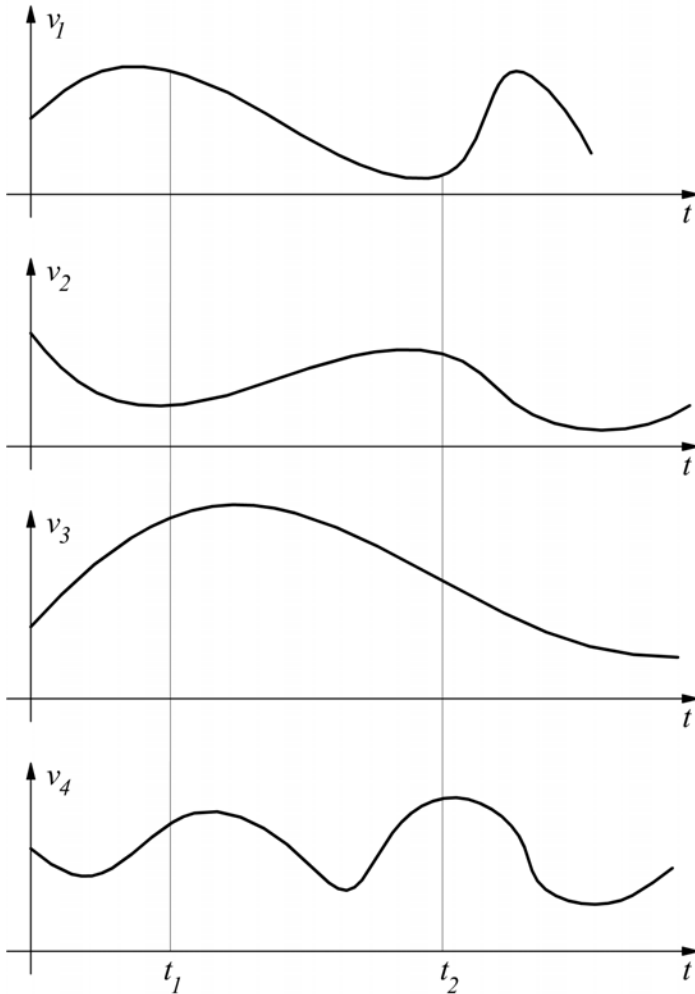
La relazione che lega fra loro il tempo di campionamento, il numero di canali  $N$  ed il tempo di conversione è

$$T_s = NT_c$$

$$\text{da cui si ricava: } T_c = \frac{T_s}{N} = \frac{125}{25} = 5 \mu\text{s}$$

**Esercizio no.19**

Tramite un convertitore A/D si devono acquisire 4 segnali analogici per poi passarli ad un microprocessore in modo che i campioni pur acquisiti in tempi diversi siano riferiti agli stessi istanti. Disegnare lo schema a blocchi del sistema e la massima frequenza che può avere il segnale se il tempo di conversione dell'ADC è di  $20\mu\text{s}$ .

**Esercizio no.19:soluzione**

L'intervallo di tempo  $T_c = t_2 - t_1$  se si vuole campionare i segnali in modo che siano riferiti agli stessi istanti.

Deve essere rispettata la:

$$f_s \geq 2f_{\max}$$

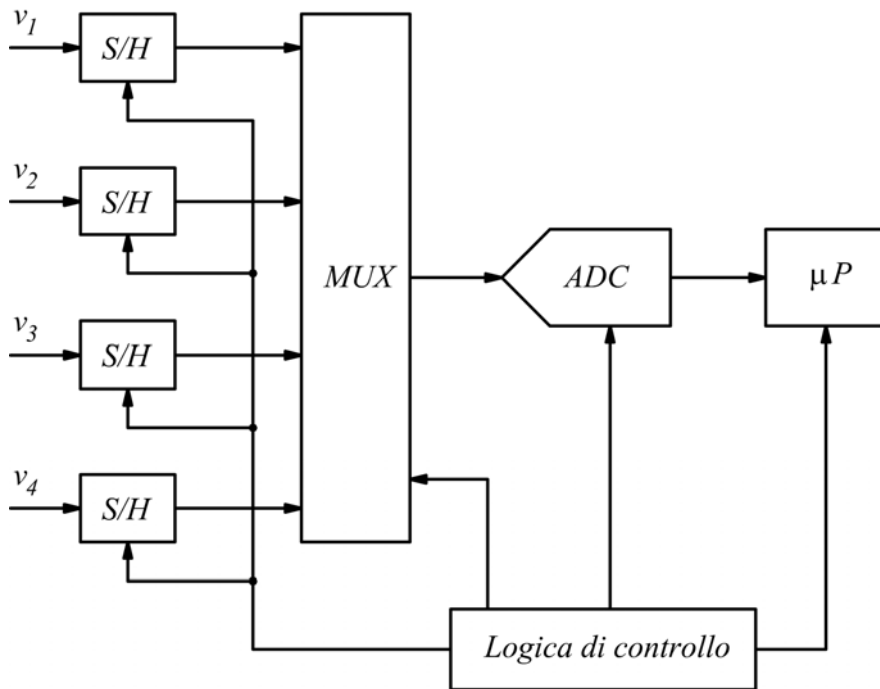
considerando che stiamo considerando 4 segnali

$$T_s = NT_c \rightarrow T_s = 4 \cdot 20 \cdot 10^{-6} = 80 \mu\text{s}$$

$$f_s = \frac{1}{T_s} = \frac{10^6}{80} = 12500 \text{ Hz}$$

si ricava che la massima frequenza di un singolo segnale è  $\frac{f_s}{2} = f_{\max} = 6250 \text{ Hz}$ .

Lo schema a blocchi che se ne ricava è il seguente:

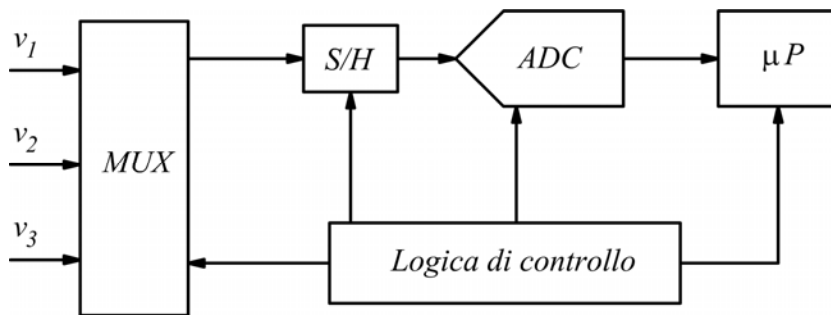


**Esercizio no.20**

Si devono acquisire 3 segnali in modo sequenziale, disegna lo schema a blocchi del sistema e calcola il massimo tempo di conversione dell'ADC se la frequenza massima del segnale è di 5kHz.

**Esercizio no.20:soluzione**

Lo schema a blocchi, potrebbe essere come questo indicato



La frequenza di campionamento deve soddisfare la relazione:

$$f_s \geq 2f_{max} \rightarrow f_s \geq 10 \text{ kHz}$$

assumendo la minima frequenza di campionamento

$$T_s = NT_c \rightarrow \frac{1}{f_s} = \frac{N}{f_c} \rightarrow f_c = Nf_s = 3 \cdot 10 = 30 \text{ kHz da cui}$$

$$T_c = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{3 \cdot 10^4} = 0,3 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 33,3 \mu\text{s}$$

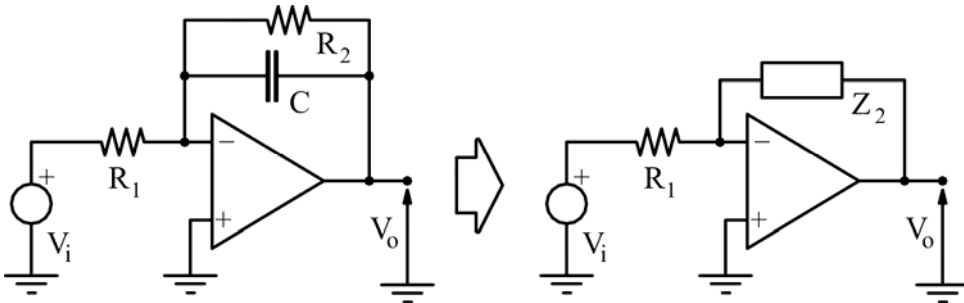
**Esercizio no.21**

Determinare le caratteristiche di un filtro passa-basso necessario per limitare la banda di un segnale avente frequenza massima  $f_{max}=1,8kHz$ ; tale segnale deve essere campionato con frequenza  $f_s=10kHz$  e convertito con un ADC ad 8 bit . Determinare il massimo tempo di conversione per l'ADC.

**Esercizio no.21:soluzione**

Se ipotizziamo che la frequenza di taglio del filtro coincida con la frequenza massima che ci aspettiamo dal segnale:

$$f_T=f_s=1,8 \text{ kHz}$$



$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{Z_2}{R_1} \quad \text{con } Z_2 = R_2 // \frac{1}{sC} = \frac{\frac{R_2}{sC}}{R_2 + \frac{1}{sC}} = \frac{\frac{R_2}{sC}}{\frac{1 + sCR_2}{sC}} = \frac{R_2}{1 + sCR_2} \quad \text{per cui}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{(1 + sCR_2)} \quad \text{la frequenza di taglio vale: } f_T = \frac{1}{CR_2} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$\text{scegliendo un condensatore } C=1\mu\text{F avremo } 1,8 \cdot 10^3 = \frac{1}{10^{-6} \cdot R_2} \quad \text{per cui}$$

$$R_2 = \frac{10^6}{1,8 \cdot 10^3} = \frac{1000}{1,8} = 0,5\bar{5} \text{ k}\Omega$$

La condizione di Shannon  $f_s \geq 2f_{max}$  è rispettata, il max tempo di campionamento coincide, ovviamente, con l'inverso della frequenza di campionamento:

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} = 100 \cdot 10^{-6} = 100 \mu\text{S}$$

essendoci un unico canale dalla  $T_s=NT_c$  si ha  $T_s=T_c$ .



**Esercizio no.22**

Si vuole campionare un segnale audio alla frequenza di  $f_s=44,1\text{kHz}$  e convertirlo con un ADC a 10 bit, individuare le caratteristiche del filtro in ingresso da usare che limiti la frequenza massima  $f_M$  a 14kHz. Determinare il massimo tempo di conversione.

**Esercizio no.22:soluzione**

Se la frequenza di taglio del filtro deve coincidere con la massima frequenza ammissibile, basandoci sull'esempio precedente, supponendo che sia sufficiente un filtro del 1° ordine, scegliendo in questo caso un condensatore  $C=1\text{nF}$  avremo

$$14 \cdot 10^3 = \frac{1}{10^{-9} \cdot R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{10^9}{14 \cdot 10^3} = 71,4\text{k}\Omega$$

Anche in questo caso, la condizione di Shannon  $f_s \geq 2 f_M$  è rispettata, il max tempo di campionamento è

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{44,1 \cdot 10^3} = 0,02267 \cdot 10^{-3} = 22,67 \cdot 10^{-6} = 22,67 \mu\text{s} = T_c$$