

### 1. Numero di bit necessari

L'errore di conversione coincide con l'errore di quantizzazione ed è pari a  $|e_{\max}| = \frac{q}{2}$  dove  $q$  è il quanto di conversione.

Detto  $n$  il numero di bit con cui si effettua la conversione, il quanto  $q$  è dato, nel caso di conversione uniforme, da  $q = \frac{V_{pp}}{2^n}$  dove  $V_{pp}$  è il range di variabilità del segnale proveniente dai sensori.

Dobbiamo garantire un errore inferiore allo 0.5% quindi:

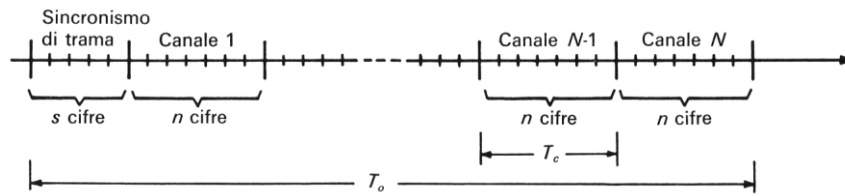
$$|e_{\max} \%| = \frac{q}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 2^n}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{100}{2^{n+1}} < 0,5$$

$$2^{n+1} > 200$$

$$n > \log_2(200) - 1 = 6,64$$

Per garantire l'errore desiderato bastano 7 bit.

Dato che viene richiesto il campionamento del segnale con 4 campioni per ciclo, ogni segnale viene campionato con  $f_c = 4 \cdot f_{\max} = 4 \cdot 200 = 800\text{Hz}$ . Con questa frequenza di campionamento, il periodo di una trama completa è pari a  $T_0 = 1250\mu\text{s}$ . In questo intervallo devono essere trasmessi tutti i campioni di tutti i segnali (e gli eventuali segnali di sincronismo).



Nell'intervallo di  $1250\mu\text{s}$  dobbiamo trasmettere il segnale di tutti i nove sensori ed i bit relativi al sincronismo di trama. Supponendo che il sincronismo di trama occupi un canale ( $s = n$ ), ne segue che il tempo  $T_c$  a disposizione di ogni canale è pari a  $T_c = \frac{T_0}{10} = 125\mu\text{s}$ .

Dato che per ogni sensore trasmettiamo 7 bit, la durata del singolo bit vale  $T_{bit} = \frac{T_c}{7} = 17,8\mu\text{s}$ .

La velocità di cifra vale quindi  $f_t = \frac{1}{17,8} = 56,2\text{ kb/s}$ .

Commercialmente gli ADC sono a 8 bit. L'uso del bit in più fornito dall'ADC riduce ulteriormente l'errore di conversione.

Usando 8 bit si ottiene un tempo di bit  $T_{bit} = \frac{T_c}{8} = 15,625\mu\text{s}$  ed una velocità di cifra  $f_t = \frac{1}{15,625} = 64\text{ kb/s}$ .

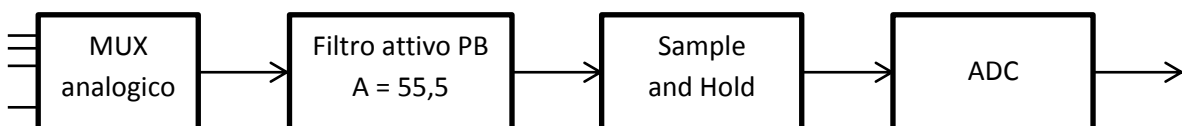
### 2. Amplificazione necessaria per l'adattamento del segnale

Supponendo che i sensori forniscano una tensione compresa tra 0 e 90 mV, il fattore di amplificazione necessario per garantire il completo adattamento vale  $A = \frac{5}{90 \cdot 10^{-3}} = 55,5$

### 3. Schema a blocchi

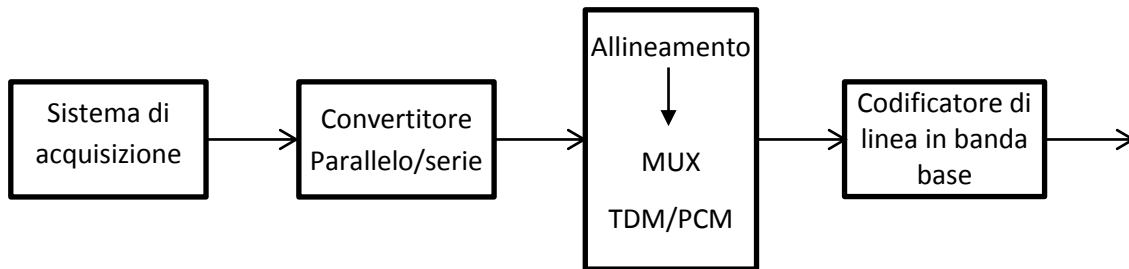
Dato che vogliamo utilizzare un solo convertitore al quale inviamo i segnale dei nove sensori in sequenza, faremo precedere l'ADC da multiplexer analogico.

#### Sistema di acquisizione



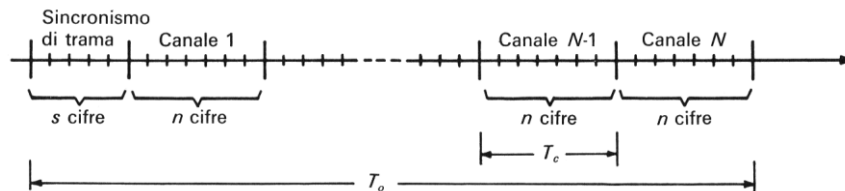
## Sistema di trasmissione

Nel sistema di trasmissione è presente un MUX TDM/PCM che provvede a generare ed inserire il sistema di sincronismo.



### 4. Trama temporale

La trama temporale è quella già mostrata al punto 1.



In base ai dati del testo ed alle supposizioni fatte, il numero di cifre  $s$  del sincronismo di trama è pari al numero  $n$  di cifre del segnale da trasmettere ed il numero di canali  $N$  è pari a 9.

### 5. Numero di bit a 96 kb/s

Il tempo  $T_c$  a disposizione di ogni canale è  $125 \mu\text{s}$  che corrisponde ad una frequenza di 8 kHz. Alla velocità di 96 kb/s possono essere trasmessi  $m = \frac{96000}{8000} = 12$  bit.

Utilizzando questo numero di bit la percentuale di errore del sistema di acquisizione si riduce a:

$$|e_{\max} \%| = \frac{q}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 2^m}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{100}{2^{m+1}} < 0,012\%$$

### 6. Tipologie di codifica

Per quanto riguarda la tipologia di codifica dei dati digitali per la trasmissione in banda base, si hanno diverse opzioni. Alcune di queste sono:

- il codice di linea NRZ (Non Return Zero) che associa un livello di tensione diverso a ciascuno dei valori logici che può assumere un bit nelle due varianti NRZ unipolare e NRZ bipolare
- il codice di linea RZ (Return to Zero) che si ottiene normalmente dall'NRZ riducendo a metà la durata dell'impulso che si emette in corrispondenza di un "1" logico
- il codice AMI (Alternate Mark Inversion) che si ottiene da un segnale bipolare invertendo alternativamente la polarità degli impulsi corrispondenti agli "1". In particolare, il codice AMI è caratterizzato da avere valore medio nullo e quindi è particolarmente adatto alla trasmissione in banda base.

Mario Mariani e Massimo Mastroserio (docenti di elettronica - ITIS Feltrinelli Milano)