

*Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca***M286 – ESAME DI STATO DI ISTITUTO TECNICO INDUSTRIALE**

CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONI**Tema di:** TELECOMUNICAZIONI**(Testo valevole per i corsi di ordinamento e per i progetti sperimentali assistiti)**

Un sistema di monitoraggio delle condizioni chimico-fisiche delle acque di un allevamento ittico è costituito da nove sensori che forniscono in uscita segnali analogici con banda di frequenze comprese tra 100 e 200 Hz e range di variabilità in tensione pari a 90 mV. I segnali in oggetto devono essere digitalizzati garantendo un errore di conversione non maggiore dello 0,5%. Inoltre lo standard qualitativo dell'informazione richiede un numero di campioni per periodo pari a quattro.

I dati ottenuti devono essere organizzati in una trama PCM che utilizza per la conversione A/D un dispositivo con caratteristica di quantizzazione lineare e gamma di valori in tensione di ingresso compresa tra 0 e 5 Volt. La trama, che prevede un canale di sincronismo, viene successivamente inviata su una linea dedicata.

Il candidato, effettuate le ipotesi aggiuntive che ritiene opportune:

1. determini il numero di bit necessari alla codifica per ottenere la precisione richiesta e la velocità minima di cifra della linea che consente la corretta trasmissione;
2. valuti il fattore di amplificazione che garantisce il completo adattamento del segnale proveniente dai sensori al range del convertitore analogico digitale in uso;
3. proponga uno schema a blocchi del possibile sistema di acquisizione e trasmissione dei dati dettagliando la funzionalità dei singoli blocchi e motivando le scelte dimensionali effettuate;
4. raffiguri graficamente la trama realizzata in base temporale.

Inoltre supponendo di avere a disposizione una linea con velocità di cifra pari a 96 Kb/s:

5. determini il numero di bit massimo consentito per la conversione dei dati e ridefinisca la percentuale di errore ottenuta;
6. descriva le possibili tipologie di codifica dei dati digitali per trasmissione numerica in banda base.

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:

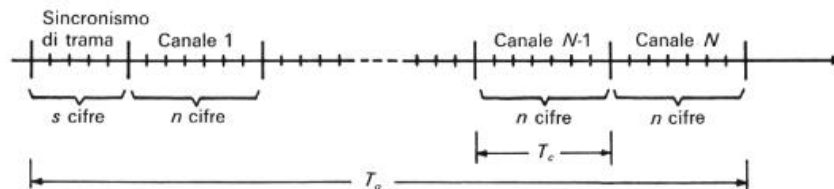
$$|e_{\max} \%| = \frac{q}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{\frac{V_{pp}}{2^n}}{V_{pp}} \cdot 100 = \frac{100}{2^{n+1}} < 0,5$$

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

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

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 $f_t = \frac{1}{15,625} = 64\text{ kb/s}$.

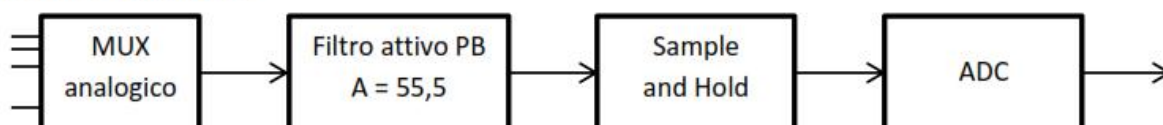
2. Amplificazione necessaria per l'adattamento del segnale

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

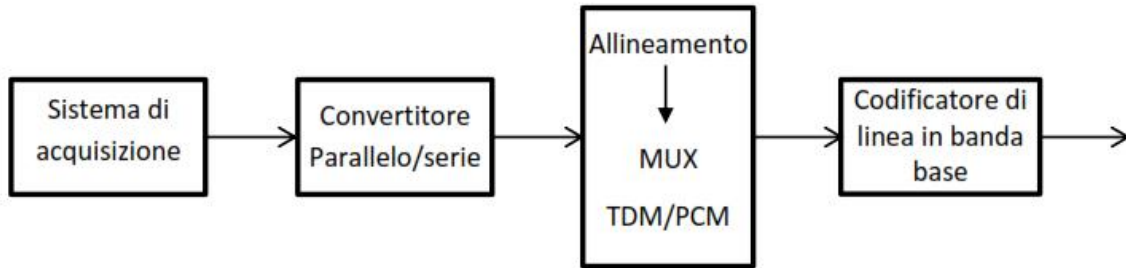
Dato che vogliamo utilizzare un solo convertitore al quale inviamo i segnale dei nove sensori in sequenza, faremo precedere l'ADC da multiplexer analogico.

Sistema di acquisizione



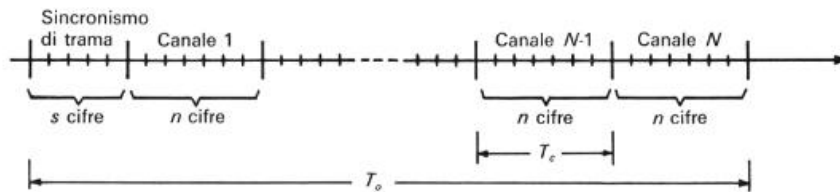
Sistema di trasmissione

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)