

*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.

---

Durata massima della prova: 6 ore.

È consentito l'uso di manuali tecnici e di calcolatrici non programmabili.

È consentito l'uso del dizionario bilingue (italiano-lingua del paese di provenienza) per i candidati di madrelingua non italiana.

Non è consentito lasciare l'Istituto prima che siano trascorse 3 ore dalla dettatura del tema.

## CORSO DI ORDINAMENTO

Indirizzo: ELETTRONICA E TELECOMUNICAZIONE

Svolgimento del tema di: TELECOMUNICAZIONE

(20 giugno 2013)

Un sistema di monitoraggio delle condizioni fisico-chimiche delle acque di un allevamento ittico è costituito da nove sensori che forniscono in uscita segnali analogici con una banda di frequenze

$$B = (100 \div 200) \text{ Hz} = (200 - 100) \text{ Hz} = 100 \text{ Hz}$$

Range di variabilità

$$\Delta V = (0 \div 90 \text{ mV}) = 90 \text{ mV}$$

**Punto 1) Determinare il numero dei bit necessari alla codifica**

Il sistema di acquisizione dati analogici può essere realizzato con un ADC che deve avere una caratteristica di quantizzazione lineare e una gamma di valori di tensione

$$\Delta V_u = (0 \div 5) \text{ V}$$

Un ADC ha un quanto

$$Q = V_{FS} / 2^n$$

Essendo la tensione di fondo scala di 5 V

$$Q = 5 \text{ V} / 2^n$$

L'errore di quantizzazione assoluto massimo è la metà del quanto, cioè

$$|\epsilon_{A \text{ max}}| = Q/2$$

dove Q è il quanto di conversione

Detto  $n$  il numero dei bit necessari alla conversione, l'errore relativo deve essere inferiore allo 0,5%.

L'errore relativo è dato dal rapporto tra l'errore assoluto massimo e l'errore medio.

$$\epsilon_r = \epsilon_{A \text{ max}} / \epsilon_m = (Q/2) / V_{FS} = (V_{FS}/2^n) / (2 * V_{FS}) = 1/(2^{n+1})$$

Mentre l'errore relativo percentuale è dato dall'errore relativo moltiplicato per 100:

$$\epsilon_r \% = \epsilon_r * 100 = (1/(2^{n+1})) * 100 < 0,5 \rightarrow$$

$$100/0,5 < 2^{n+1} \rightarrow$$

$$200 < 2^{n+1} \rightarrow$$

Facciamo i logaritmi di entrambi i membri:

$$\log_2 (200) < \log_2 (2^{n+1})$$

$$\log_2 (200) < n+1$$

$$n+1 > \log_2 (200)$$

Per calcolare il logaritmo in base 2 di 200 basta dividere il logaritmo naturale di 200 fratto il logaritmo naturale di 2; in formula:

$$n+1 > \ln (200) / \ln (2) = 5,29 / 0,693 = 7,64 \text{ bit}$$

$$n > 7,64 - 1 = 6,64 \text{ bit}$$

per garantire una corretta conversione basta quindi prendere

$$\mathbf{n=7 \text{ bit}}$$

Dato che il testo richiede un campionamento del segnale con 4 campioni per ciclo ogni segnale deve essere campionato con frequenza di campionamento

$$\mathbf{f_c = f_{\text{campionamento}} = 4 * f_{\text{max}}}$$

$$\mathbf{f_c = 4 * 200 \text{ Hz} = 800 \text{ Hz}}$$

$$\mathbf{T_c = T_{\text{campionamento}} = 1 / f_c = 1 / 800 = 1250 \mu\text{s} = \text{Tempo della trama}}$$

Il tempo di campionamento o Trama deve anche contenere il tempo di sincronismo. Consideriamo il tempo di sincronismo uguale al tempo di un canale; si avrà

$$T_{\text{campionamento}} = \text{tempo trama} = 9 * T_{\text{canale}} + T_{\text{sincronismo}} = 10 * T_{\text{canale}} \rightarrow$$

$$T_{\text{canale}} = (1/10) * T_c = 1250 \mu\text{s} / 10 = 125 \mu\text{s}$$

$$\mathbf{T_{\text{canale}} = 125 \mu\text{s}}$$

Ogni canale deve avere 7 bit quindi per trasmettere un solo bit basta divider il tempo del canale per il numero dei bit:

$$t_{\text{bit}} = 125 \mu\text{s} / 7 = 17,8 \mu\text{s}$$

$$f_{\text{bit}} = 1 / t_{\text{bit}} = 1 / 17,8 \mu\text{s} = 5179,7 \text{ bit/s} = 52 \text{ Kbit/s}$$

Nella pratica gli ADC commerciali hanno di solito 8 bit. Noi utilizzeremo un ADC integrato 0808 che può essere alimentato a 5V, e che ha un ingresso e 8 uscite. Dato che abbiamo 9 sensori facciamo precedere l'ADC da un Amplificatore Operazionale in configurazione non invertente, da un multiplexere analogico con 4 selettori e una uscita ( in quanto 3 selettori possono pilotare solo  $2^3=8$  ingressi) .

## **Punto 2) Valutare il fattore di amplificazione**

I sensori hanno un range di tensione di ingresso

$$\Delta V_i = (0 \div 90) \text{ mV}$$

La tensione massima di uscita dell'amplificatore operazionale deve essere di 5V perché l'ADC deve avere in ingresso un range tra (0÷5) V

Dimensioniamo l'amplificatore operazionale in configurazione non invertente che è chiamato anche, in questo caso, circuito di condizionamento del segnale.

In un amplificatore operazionale non invertente l'amplificazione A vale:

$$\mathbf{A = 1 + R_2/R_1}$$

inoltre

$$\mathbf{A = V_u/V_i = 5V/90mV = 55,5}$$

Segue che:

$$1 + R_2/R_1 = 55,5$$

Pongo

$$\mathbf{R_1 = 1K\Omega}$$

otteniamo

$$R_2 = 54,5K \Omega$$

Scegliamo una resistenza di tipo commerciale

$$\mathbf{R_2 = 56K \Omega}$$

Lo schema elettrico del circuito di condizionamento ad A.O non invertente è:

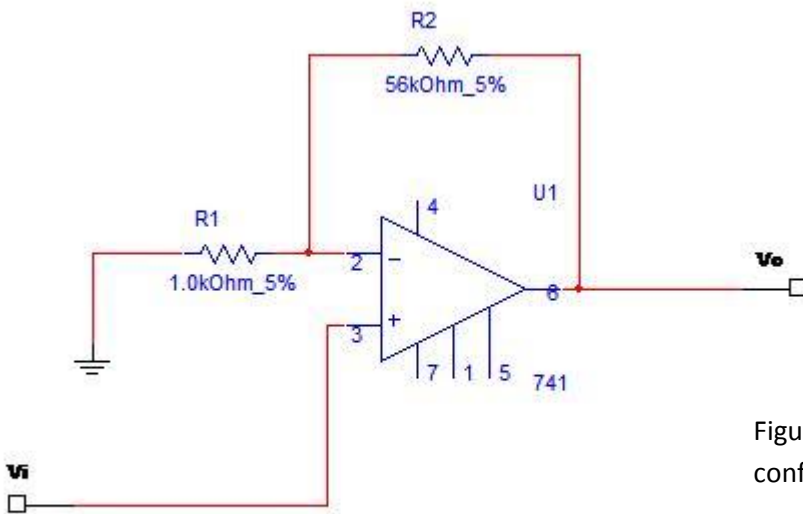
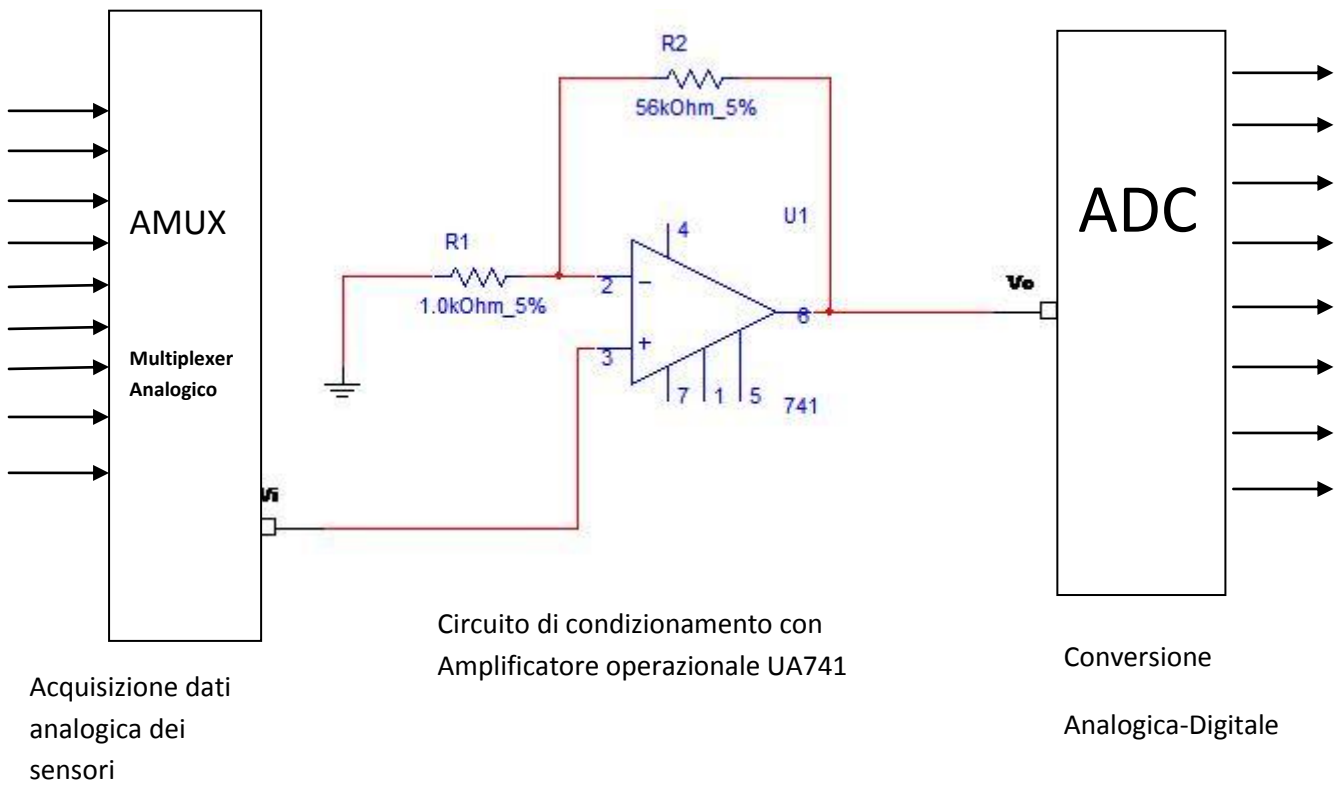


Figura 1) Amplificatore operazionale in configurazione non invertente

Punto 3) Schema a blocchi del possibile sistema di acquisizione dati



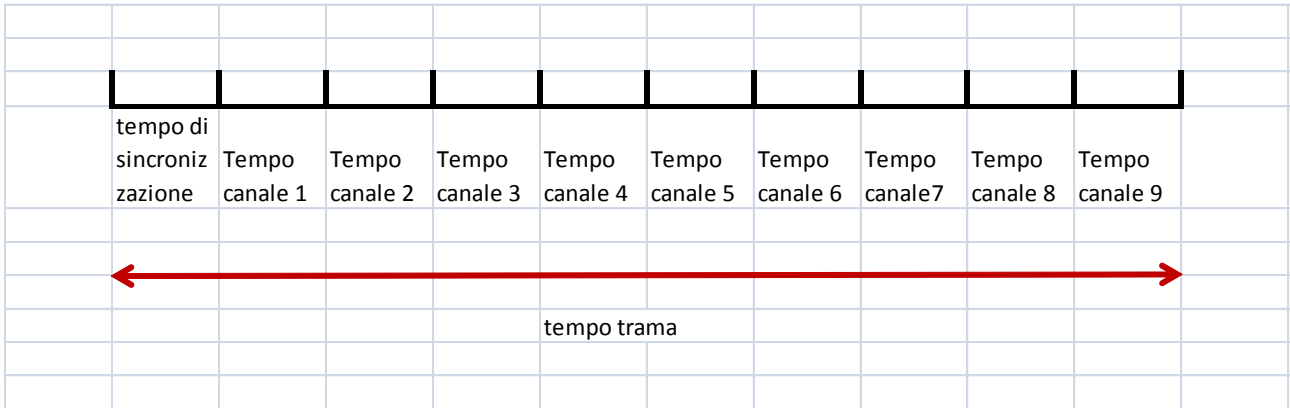
Acquisizione dati analogica dei sensori

Circuito di condizionamento con Amplificatore operazionale UA741

Conversione Analogica-Digitale

Nella pratica possiamo utilizzare un Multiplexer TTL 74150 (mux a 16 ingressi di cui ne utilizziamo solo 9 ), un ADC 0808 con 8 bit in uscita e un A.O.  $\mu A741$  in configurazione non invertente.

**Punto 4) Raffigurare la trama realizzata in base temporale**



Il tempo di campionamento o Trama deve contenere anche il tempo di sincronismo.

Consideriamo il tempo di sincronismo uguale al tempo di un canale; si avrà

$$T_{\text{campionamento}} = T_{\text{tempo trama}} = 9 \cdot T_{\text{canale}} + T_{\text{sincronismo}} = 10 \cdot T_{\text{canale}} \rightarrow$$

$$T_{\text{canale}} = (1/10) \cdot T_c = 1250 \mu\text{s} / 10 = 125 \mu\text{s}$$

$$T_{\text{canale}} = 125 \mu\text{s}$$

**Punto 5) Determinare il numero di bit massimo consentito per la conversione dei dati per una linea con velocità di cifra pari a 96 Kb/s**

Il testo ci richiede di nuovo il calcolo del numero dei bit quando viene cambiata la velocità e la si porta a 96Kb/s.

Si procede come nel punto 1.

Supponiamo di avere una velocità di cifra pari a 96Kb/s

Nel punto 1 avevamo trovato il valore del tempo di canale

$$T_{\text{canale}} = T_c = 125 \mu\text{s}$$

La frequenza di canale quando si trasmettevano 8 bit era

$$f(\text{canale}) = 1/\text{Tempo di canale} = 1/T_c = 1/125\mu\text{s} = 8000\text{Hz} = 8\text{KHz}$$

Adesso facciamo il confronto.

Il rapporto tra le due frequenze ci permette di trovare il nuovo numero di bit che chiameremo  $m$ ;

$$m = 96000/8000 = 12$$

Con 12 bit si avrà quindi un errore percentuale

$$|\epsilon_{\text{max}} \%| = (1/2^{m+1}) * 100 = 100/2^{13} = 0,012\%$$

Possiamo quindi concludere che l'errore relativo percentuale con 7 bit era minore di 0,5% mentre l'errore relativo percentuale con 12 bit è minore di 0,012%.

Concludendo l'errore relativo percentuale diminuisce all'aumentare del numero dei bit.

#### **Punto 6) Descrivere le possibili tipologie di codifica dei dati digitali per trasmissione numerica in banda base**

Per quanto riguarda le possibili tipologie di codifica dei dati digitali per trasmissione numerica in banda base, si può dire che esse non richiedono la modulazione e quindi possono essere realizzate con apparecchiature più semplici e meno costose, soprattutto a grande velocità e nel caso di trasmissione sincrone; ad esempio sono utilizzate sui cavi telefonici per collegare apparati distanti pochi chilometri.

Le velocità di trasmissione partono da qualche centinaio di bit al secondo fino ad arrivare a 1 Mb/s; valori comuni sono anche 300b/s e 96Kb/s.

I codici possono essere di vario tipo. Ad esempio

- 1) codice tipo NRZ (Non Return Zero)
- 2) codici di codifica di base
- 3) codici multilivello
- 4) codici polari e unipolari.