

*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

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

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.

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

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:

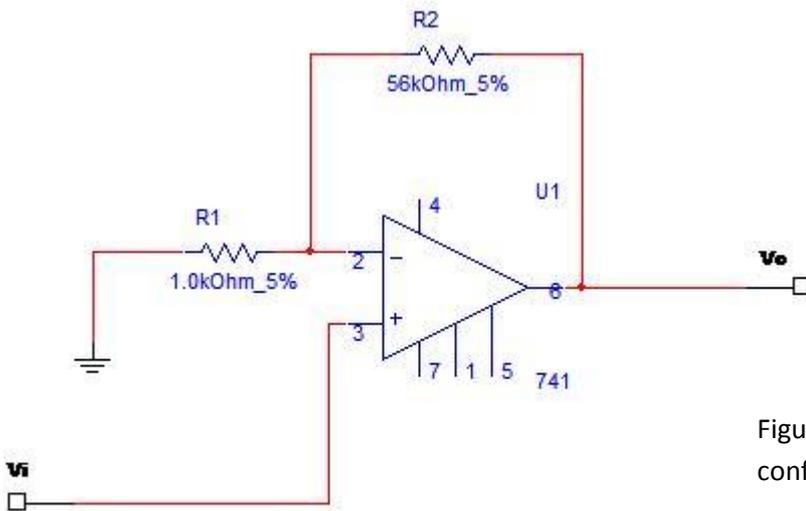
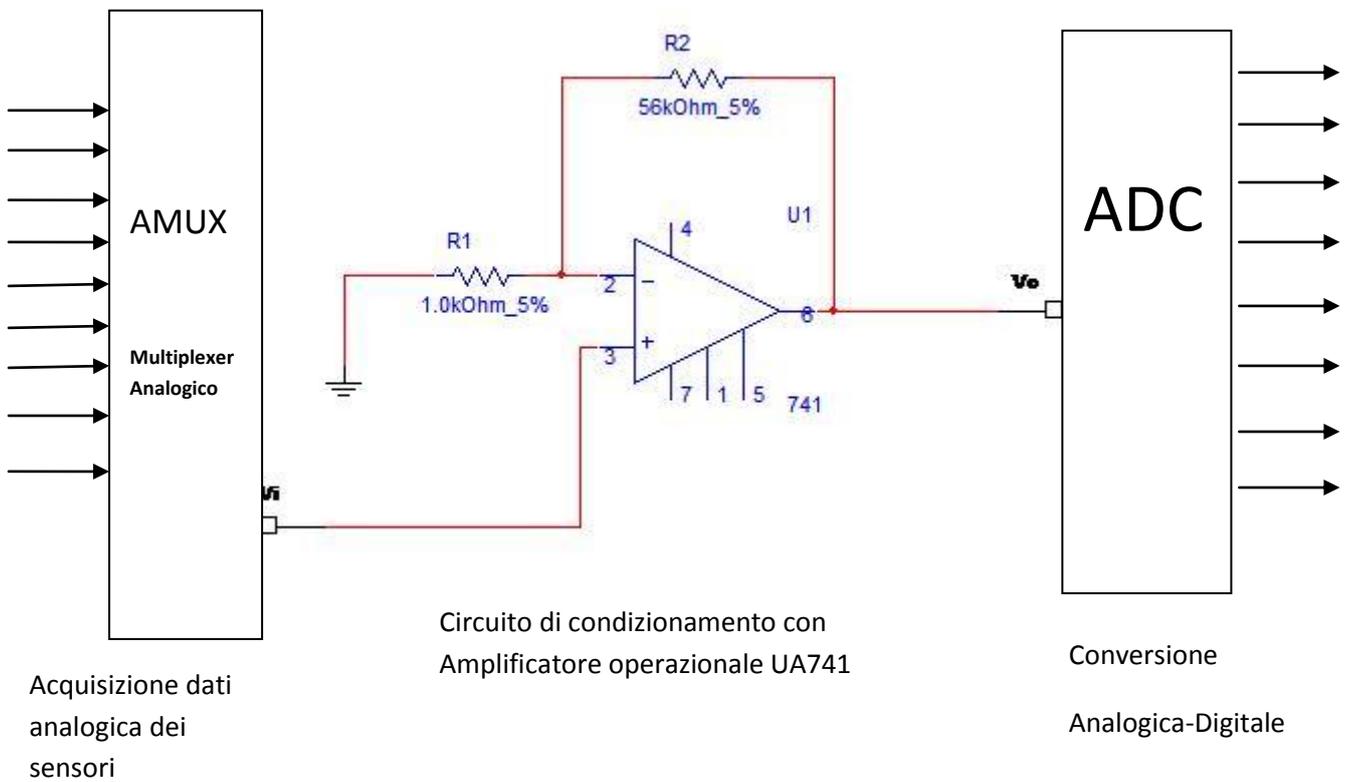


Figura 1) Amplificatore operazionale in configurazione non invertente

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

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

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

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

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.