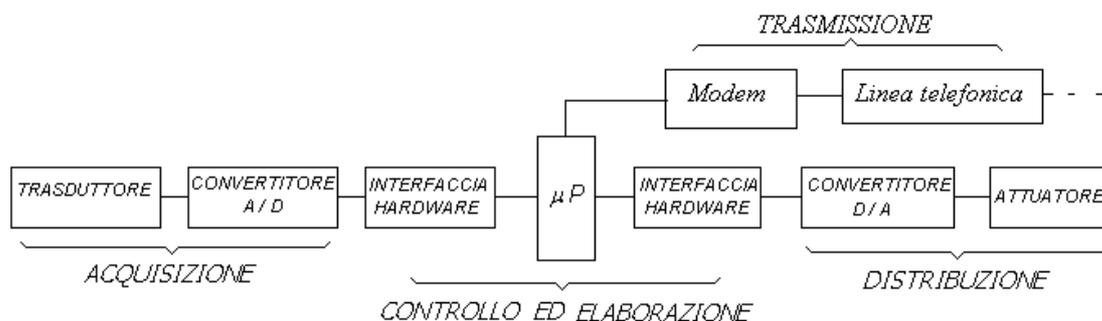


SISTEMA DI ACQUISIZIONE DISTRIBUZIONE E TRASMISSIONE DATI

- Il processo di acquisizione e distribuzione dati trova impiego in diversi campi applicativi come nei: processi industriali; nella trasmissione dati; nello studio delle variazioni climatiche con la rilevazione dei parametri di pressione, temperatura, umidità, ...
- Uno schema a blocchi funzionali di un sistema acquisizione, distribuzione e trasmissione dati può essere schematizzato in :



ACQUISIZIONE : trasforma la grandezza fisica (temperatura, pressione, velocità) rilevata (da un trasduttore) in un segnale elettrico (tensione o corrente) ad essa proporzionale

CONTROLLO ED ELABORAZIONE : esegue operazioni di memorizzazione, di elaborazione e di presentazione dei dati acquisiti. Effettua inoltre il controllo e la temporizzazione sui dispositivi di acquisizione e distribuzione

DISTRIBUZIONE : genera segnali di comando agli attuatori (motori , relè, elettrovalvole, ..)

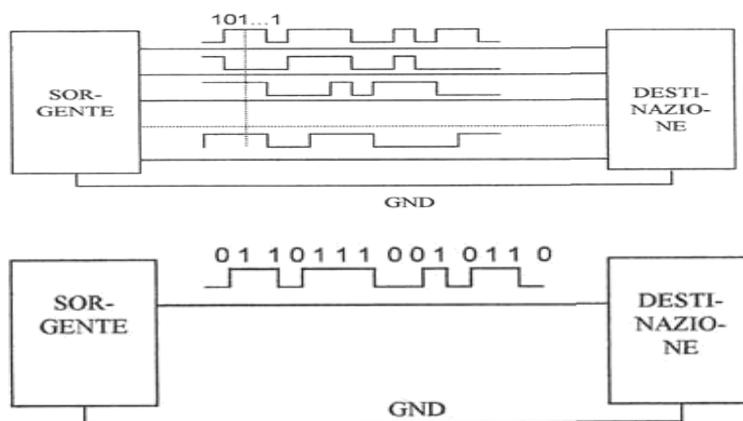
TRASMISSIONE: inviare i dati elaborati a dei centrali specializzati.

Se la trasmissione viene effettuata in ambito locale (max 1 km), in questo caso, il segnale in banda base non viene modulato ma su di esso viene effettuata una codifica di linea adatta per le trasmissioni in banda base (NZ, NRZ, AMI, Manchester, ecc.); lo scopo di questa codifica è di attenuare la distorsione del segnale, creare il sincronismo tra trasmettitore e ricevitore ed eliminare la componente continua (valore medio) del segnale. Nel caso si deve trasmettere per una lunga distanza su un canale passa banda, allora è necessario modulare con lo scopo di adattare il segnale in banda base alle caratteristiche del canale di trasmissione ed inoltre si adotta una codifica di canale *ARQ* (Automatic Repeat-reQuest); *FEC* (Forward Error Correction) sono tecniche per la rilevazione e correzione degli errori.

La trasmissione può di tipo parallelo o seriale:

Nella **trasmissione parallela** ad ogni byte di info ci vuole 8 linee di comunicazione, per ogni bit una linea ed ogni byte viene trasmesso in modo contemporaneo. Questa tecnica viene utilizzata nei bus all'interno dei PC e per collegamenti a breve distanze.

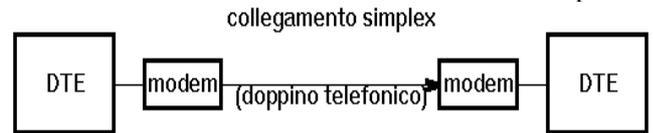
Nella **trasmissione seriale** invece i bit di un byte viaggiano tutti su una linea in successione uno dopo l'altro; un tipico esempio di trasmissione seriale è quello fra tastiera e porta seriale. Le tastiere più moderne possono essere collegate anche alla porta USB (Universal Serial Bus); l'USB è sempre un bus seriale ma di velocità alta.



Modalità di comunicazione:

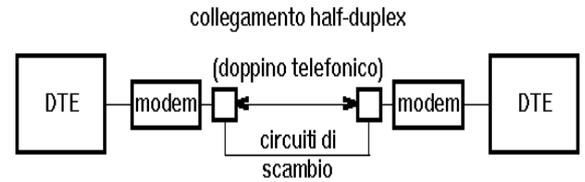
La **modalità** con cui viene effettuata la **comunicazione** si chiama **modalità d'esercizio**, e dipende dalla struttura della rete in particolare dalla presenza di collegamenti a due o quattro fili. Possiamo avere:

modalità simplex: funzionamento unidirezionale (quindi a soli due fili) il terminale può solo leggere le informazioni trasmesse (es: terminali partenze-arrivi in stazione, visualizzazione cambi borsistici, banca dati, ecc...)



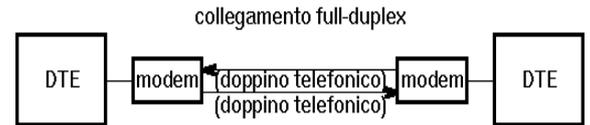
modalità half-duplex:

funzionamento bidirezionale alternato (due fili), cioè quando un DTE trasmette l'altro può solo ricevere. Questo tipo di funzionamento è lento però offre vantaggi in termini di semplicità di gestione e risparmio banda. Trova applicazione nelle reti LAN ed è il principio delle ricetrasmittenti

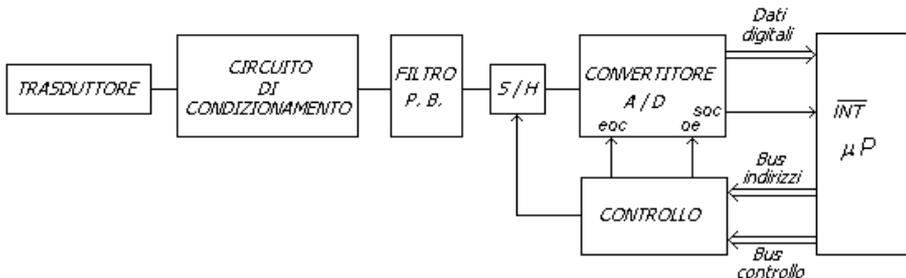


modalità full-duplex:

funzionamento bidirezionale contemporaneo (4 fili). il full-duplex trasmette nell'intera banda base telefonica. Il collegamento a internet



A. 1 - ACQUISIZIONE DATI AD UN SOLO CANALE



SOC : START OF CONVERSION (segnale che dà l'inizio alla conversione)

EOC : END OF CONVERSION (segnala all'esterno la fine della conversione)

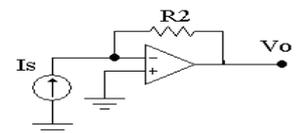
OE : OUTPUT-ENABLE (segnale che abilita il buffer d'uscita dell'ADC)

TRASDUTTORE : trasforma la grandezza fisica (temperatura, pressione, velocità) rilevata in un segnale elettrico.

CIRCUITO DI CONDIZIONAMENTO : permette di adattare il segnale fornito dal trasduttore alle specifiche del convertitore A/D. Esso può svolgere le funzioni di:

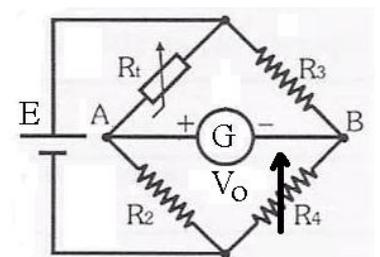
Conversione I / V: quando il trasduttore fornisce un segnale di corrente ed l' ADC converte segnali in tensione, richiedono un circuito di conversione $I \rightarrow V$.

$$V_o = -R_2 I_s$$



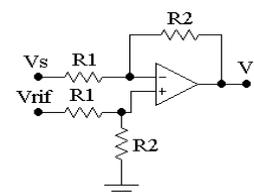
Conversione R → V: i trasduttori che forniscono una variazione di resistenza in funzione della grandezza fisica, richiedono un circuito di conversione della variazione di resistenza in tensione, questo può presentare problemi della non linearità tra le variazioni R_t del trasduttore e quella della tensione dell'uscita V_o . In genere, la soluzione è utilizzare il ponte di **Wheatstone**..

Il punto iniziale del campo di rilevamento è quando le quattro resistenze sono uguali e il galvanometro misura una tensione $V_o = 0$. Il ponte è in equilibrio, e si ha: $R_1 R_4 = R_2 R_3$



Amplificazione: quando il trasduttore fornisce un segnale troppo basso occorre amplificarlo per adattarlo al range d'ingresso richiesto dall' ADC.

L'amplificazione ha la funzione di aumentare l'ampiezza del segnale. il fattore di amplificazione (G) è un rapporto tra l'ampiezza del segnale di uscita e quello di ingresso ed è un numero puro maggiore di 1; comunemente prende il nome di guadagno può essere misurato in decibel.



$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_{RIF} - V_s)$$

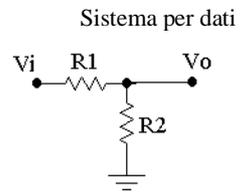
$$G_{dB} = 20 \log_{10}|G|$$

Attenuazione : gli attenuatori sono dei dispositivi che hanno la funzione di diminuire l'ampiezza di un segnale elettrico.

Per realizzare un attenuatore in modo semplice, ci si può avvalere del principio di partizione della tensione.

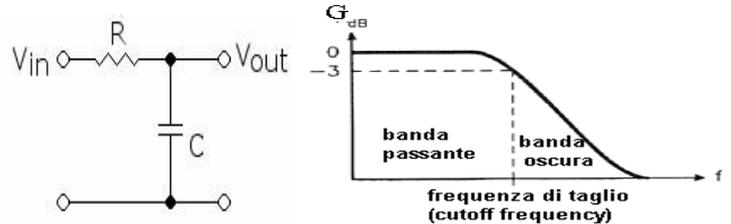
$$V_o = [R_2 / (R_1 + R_2)] * V_i$$

Si definisce attenuazione (A), il rapporto tra il segnale di ingresso e il segnale di uscita ed è un numero puro minore di 1. in decibel viene espressa: $A_{dB} = 20 \log_{10}|A|$



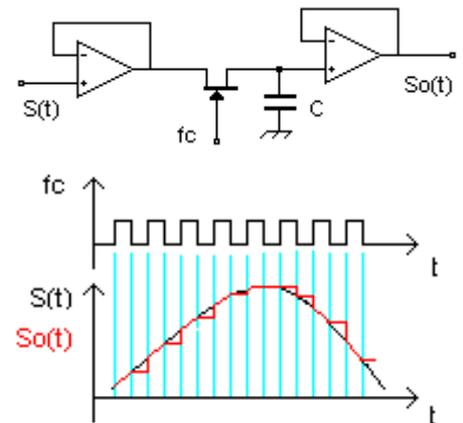
FILTRO PASSA BASSO:

È un circuito che ha il compito di separare il segnale utile dai disturbi o rumori che hanno una frequenza elevata rispetto a quella del segnale. in altre parole, essi filtrano o lasciano passare i segnali che hanno frequenza nella banda passante ed attenuano o eliminano i segnali di frequenza che si trova nella banda oscura.



CIRCUITO Sample / Hold (S / H) :

Il **circuito sample and hold** (abbreviato **S&H**) è un campionatore utilizzato come interfaccia tra un **segnale analogico** che varia velocemente nel tempo e un dispositivo successivo, spesso un **convertitore analogico-digitale** (ADC, *analog to digital converter*). L'effetto di questo circuito è di mantenere costante il campione prelevato dal segnale analogico per il tempo necessario al convertitore o ad altri circuiti successivi per compiere delle operazioni sul segnale.

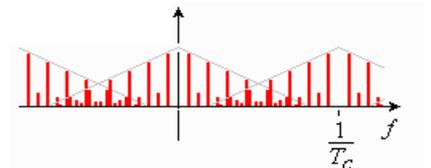


La frequenza con cui il circuito S / H effettua correttamente il campionamento deve rispettare:

- sia il *Teorema di Shannon*: un segnale analogico di frequenza massima f_{max} viene campionato con una frequenza $f_c = 1/T_c \geq 2 f_{max}$
- sia il *tempo di conversione* dell' ADC t_c

Aliasing:

è un fenomeno che si verifica quando non viene rispettato il teorema di Shannon. Se infatti si utilizza $f_c < 2 f_{max}$ si possono avere distorsioni del segnale, questo è dovuto alla sovrapposizione dei campioni dello spettro. Esso rende impossibile la corretta ricostruzione del segnale originario.



Per evitare l'aliasing occorre:

- 1- rispettare la condizione di Shannon (che, per maggiore sicurezza la frequenza di campionamento viene maggiorata all'incirca $f_c = 5 f_{max}$);
- 2- utilizzare un filtro passa basso con una frequenza di taglio f_t pari alla frequenza massima f_{max} del segnale ($f_t = f_{max}$).

Il circuito S/H non è sempre indispensabile, la sua presenza dipende dalla velocità di variazione del segnale da convertire. La regola che deve essere rispettata è:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} \leq \frac{V_{FS}}{2^n t_c} = \frac{Q}{t_c}$$

nel caso di un segnale sinusoidale del tipo $v = V_p \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$ si ha:

$$\frac{dv}{dt} = 2\pi \cdot V_p \cos(2\pi \cdot f \cdot t)$$

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} = 2\pi \cdot f \cdot V_p$$

il massimo (la massima variazione) è:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{max} \leq \frac{V_{FS}}{2^n t_c} = \frac{Q}{t_c} \rightarrow 2\pi f V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n t_c} \rightarrow \omega V_p \leq \frac{V_{FS}}{2^n t_c}$$

$$V_{FS} = 2V_p$$

Calcolo frequenza max del segnale da applicare al convertitore senza il S/H

$$f_{\max} \leq \frac{1}{2^n \cdot \pi \cdot t_c}$$

$$f_{\max} \leq \frac{1}{2^{n+1} \cdot \pi \cdot t_c}$$

Nel caso si desideri un'accuratezza massima di $\frac{1}{2}$ LSB la f_{\max} deve essere:

Si deduce che il valore massimo della frequenza del segnale che è possibile convertire senza S/H dipende dalla risoluzione del convertitore (n) e dal tempo di conversione.

CONVERTITORE A / D :

Trasforma il segnale analogico in un segnale digitale ad n bit , effettuando l'operazione di quantizzazione e codifica. Alcuni contengono il S/H di campionamento.

La grandezza campionata, a partire dal segnale originario, è ancora una grandezza semi-analogica (discreta).

La **quantizzazione** consiste nel rappresentare il segnale campionato attraverso un numero finito di livelli, tale variazione è definita come quanto (Q).

$$Q = \frac{V_{FS}}{2^n}$$

Questa operazione introduce naturalmente un errore, che sarà però tanto più piccolo quanto maggiori saranno i valori usati nella quantizzazione.

l'errore di quantizzazione ϵ_{\max} .

$$\epsilon_{\max} = \pm \frac{Q}{2}$$

La **codifica** consiste nell'associare ad ogni livello un insieme di bit.

I parametri che caratterizzano un CAD:

TENSIONE FONDO SCALA (V_{FS}) : la massima tensione che può essere applicata all' ADC (la quale dipende dalle caratteristiche costruttive)

RELAZIONE INGRESSO / USCITA dell' ADC :

$$N_{10} = V_i \frac{2^n}{V_{FS}}$$

N_{10} : uscita (numero decimale da convertire in binario)

V_i : ingresso (tensione applicata all' ADC)

n : numero di bit dell' ADC

RISOLUZIONE del CAD : è la più piccola tensione da applicare all'ingresso che produce un cambiamento del valore digitale in uscita

$$R = \frac{V_{FS}}{2^n} = 1LSB \text{ (bit meno significativo)}$$

TEMPO DI CONVERSIONE (t_c) : è il tempo impiegato dal ADC a trasformare il segnale analogico in segnale digitale

Per una corretta conversione occorre che:

- il segnale all'ingresso del ADC permanga costante per tutto il tempo di conversione t_c o perlomeno che l'ampiezza della sua variazione non superi 1 LSB.

Dato che l' ADC, prima di poter effettuare una nuova conversione occorre che abbia terminato quella precedente, dovrà valere: $T_c \geq t_c$ ovvero:

$$f_c = \frac{1}{T_c} \leq \frac{1}{t_c}$$

T_c : intervallo di campionamento

t_c : tempo di conversione che corrisponde al tempo di apertura (t_a) del S/H

- Il segnale analogico da convertire abbia una frequenza massima con la condizione:

$$f_{\max} \leq 1/(\pi * 2^n * t_c)$$

- f_{\max} è la massima frequenza del segnale da convertire
- n è la risoluzione (numero di bit) del convertitore
- t_c è il tempo di conversione del convertitore

CONTROLLO E TEMPORIZZAZIONE :

È un circuito di decodifica e temporizzazione che riceve segnali dal bus indirizzi e bus controllo del μP e fornisce al ADC i segnali di **SOC** e di **OE** .

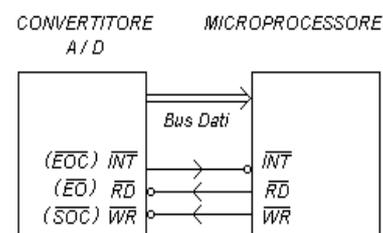
La conversione inizia quando il ADC riceve il segnale di inizio conversione **SOC**. Quando la conversione è terminata il ADC genera il segnale **EOC** al μP per indicare che il dato è disponibile.

Per l'acquisizione del dato si attiva il segnale **OE** che permette la sua lettura da parte del μP

Nei convertitori direttamente interfacciabili con il μP i singoli segnali assumono nomi diversi :

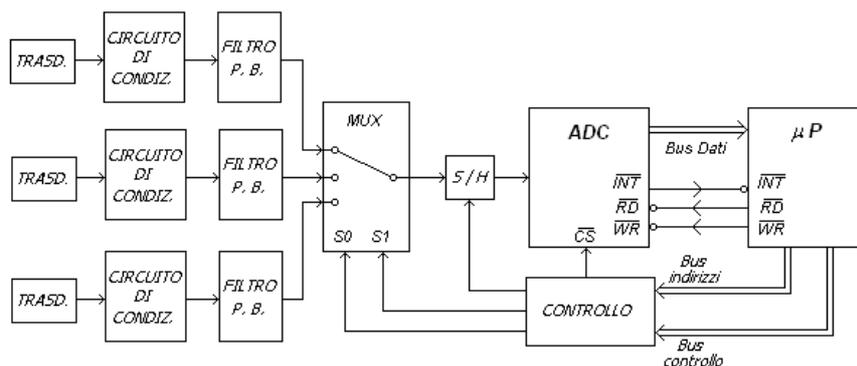
CS e **WR** (sostituiscono il **SOC**) avviano la conversione;

INT(sostituiscono il **EOC**) segnalano la fine della conversione;



CS e **RD** (sostituiscono il **OE**) avviano l'uscita dei dati;

A. 2 - ACQUISIZIONE DATI MULTICANALE



Quando è necessario rilevare più grandezze, lo schema a blocchi di un sistema di acquisizione dati prevede un multiplexer analogico (MUX).

Il MUX può essere schematizzato con un commutatore che avvia verso l'uscita uno tra 2^n ingressi tramite una combinazione di n bit di selezione.

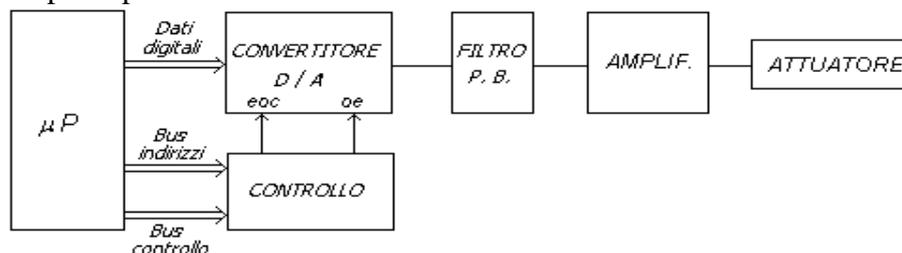
Se i segnali da acquisire sono lentamente variabile il circuito S / H può essere omesso.

B. 1 - DISTRIBUZIONE DATI AD UN SOLO CANALE

Il sistema distribuzione dati trova applicazione quando occorre inviare un segnale dal μP ad un attuatore per il controllo di una grandezza fisica (che può essere la posizione / velocità angolare di un albero motore, l'apertura / chiusura di un elettromagnete, ...)

In questo caso i dati digitali elaborati dal μP sono trasformati in segnali analogici mediante un convertitore D / A e, dopo essere filtrati, sono amplificati ed inviati all'attuatore.

Un possibile schema di principio di un sistema distribuzione dati ad un solo canale è :



CONVERTITORE D / A : trasforma il segnale digitale ad n bit in un segnale analogico.

In genere, il DAC è dotato di latch interni (F.F. tipo D) per mantenere il dato fornito dal μP per tempi più o meno lunghi.

Il dato presente nel bus dati del μP viene memorizzato dal latch interno del DAC e successivamente convertito in segnale analogico.

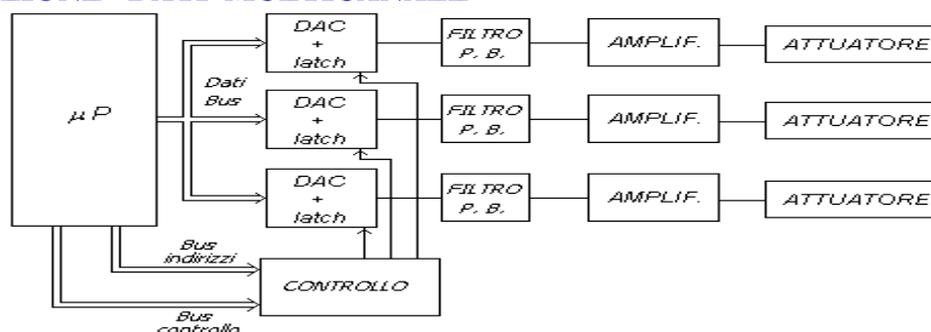
CONTROLLO : è un circuito di decodifica che fornisce segnali di abilitazione ai latch dell'ADC

FILTRO PASSA BASSO : serve per ricostruire la grandezza analogica in modo appropriato poiché il DAC genera un segnale a gradini e non un vero segnale analogico.

In molte applicazioni il filtro passa basso non è necessario: è il caso in cui l'attuatore è di tipo elettromeccanico (motore , elettrovalvola).

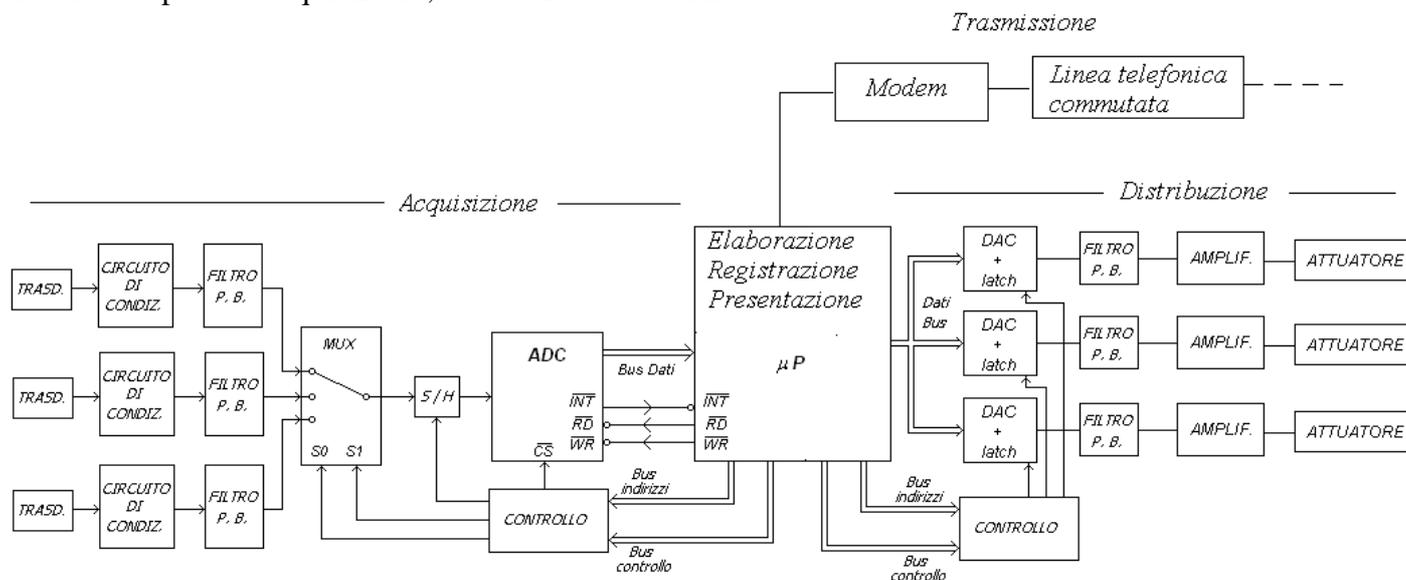
AMPLIFICATORE : Aumenta il livello (potenza) del segnale d'uscita del DAC poiché l'attuatore richiede per il suo funzionamento elevati valori di corrente / tensione.

B. 2 - DISTRIBUZIONE DATI MULTICANALE



Quando occorre effettuare il controllo di più attuatori è necessario utilizzare più catene di distribuzione di tipo monocanale

Sistema completa di acquisizione, distribuzione e trasmissione dati



Monitoraggio dell' inquinamento ambientale

Un gruppo di scuole collegate in un'area cittadina decidono di condurre insieme un progetto di tipo ambientalista. Si vogliono acquisire e comparare i dati sull'inquinamento atmosferico intorno agli edifici scolastici, relativi a quattro sostanze S_1, \dots, S_4 .

Ogni istituto installerà un dispositivo di acquisizione che rileverà, ogni 20 minuti per 24 ore al giorno e per tutto l'anno scolastico, il valore delle concentrazioni C_1, \dots, C_4 delle sostanze.

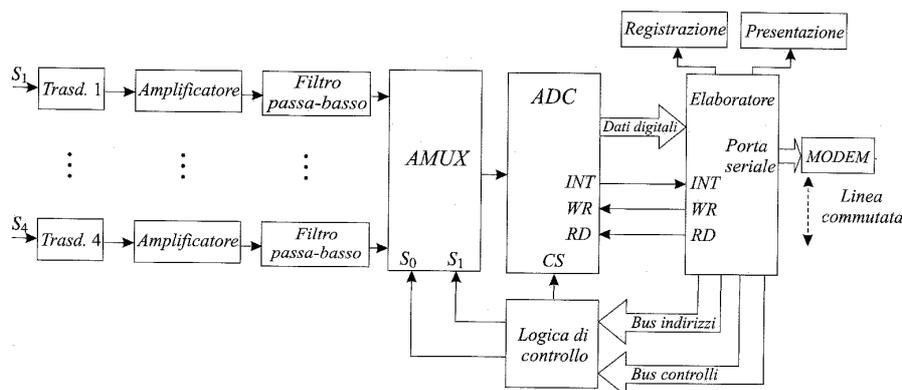
I trasduttori che rilevano tali concentrazioni ubbidiscono ad una legge del tipo $V=kC$, con $k=20$ mV/mg/mc.

I dati raccolti presso ogni istituto devono essere inviati quotidianamente a uno di essi, che funziona da punto di raccolta e di elaborazione. Si vuole individuare uno schema generale di un nodo locale del sistema capace di risolvere il problema, descrivendo le funzioni svolte dai blocchi impiegati.

Analisi del problema e costruzione del sistema

Per la rilevazione della concentrazione delle sostanze nocive utilizziamo quattro trasduttori di gas a semiconduttore (opportunamente inseriti nei circuiti di utilizzazione, come mostrato in figura), ciascuno specifico per una delle sostanze. Supponendo che essi siano dislocati su un'area di un medio edificio scolastico, si può pensare di inviare i loro segnali ad un elaboratore in forma analogica. Poiché i segnali sono molto deboli sarà necessario amplificarli affinché occupino tutta la dinamica di ingresso del convertitore A/D (da 0 a 5V). Inoltre, il segnale proveniente dei trasduttori è variabile molto lentamente, data la natura fisica delle grandezze da rilevare; questo esclude la necessità di un S&H e semplifica il problema del filtraggio dei disturbi, perché si possono utilizzare filtri con modesta pendenza della caratteristica (più facilmente intorno ai 0.1 Hz), in modo da avere una buona attenuazione alla frequenza di rete (50 Hz, a cui corrisponde un picco di disturbi, originati dall'interferenza con i cavi di collegamento del sistema delle onde elettromagnetiche irradiate dalla rete di alimentazione degli edifici). Il blocco di condizionamento sarà dunque costituito da un amplificatore lineare ed un filtro passa-basso. Per la comunicazione con l'istituto che raccoglie i dati, considerato che il collegamento è episodico e la non grande quantità di dati da trasmettere, è conveniente l'uso della normale linea telefonica commutata, via MODEM fonico.

Lo schema a blocchi della catena di acquisizione del nodo locale è quindi del tipo rappresentato in figura.



Schema a blocchi del sistema locale di acquisizione e comunicazione.

Il software di acquisizione

Le principali funzionalità richieste al software riguardano essenzialmente:

- Il comando delle acquisizioni con cadenza tre volte l'ora;
- Il salvataggio delle misurazioni su supporto magnetico;
- La presentazione dei dati su monitor, display o supporto cartaceo;
- L'invio dei dati giornalieri al centro "pivot" del sistema;

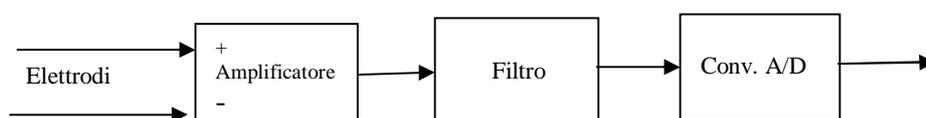
Per quanto riguarda il comando delle acquisizioni, tra i numerosi metodi possibili, quello che utilizza l'orologio di sistema per attivare il processo relativo ad una singola acquisizione (valori delle quattro concentrazioni) è uno dei più comodi. Il programma eseguibile può essere infatti programmato affinché la sua esecuzione avvenga tre volte ogni ora (ogni 20 minuti). Il programma di controllo dovrà attivare, ad esempio mediante una porta parallela, la logica di controllo dell'acquisizione, recuperare e memorizzare i dati forniti dai quattro trasduttori ed effettuare una volta al giorno, sulla base dell'impostazione scelta, il trasferimento dei dati riguardanti l'intera giornata.

Tenendo presente che la quantità di dati giornaliera è di 288 valori totali ($3 \times 4 \times 24 = 288$), quindi veramente esigua rispetto alle potenzialità attuali di memorizzazione dei sistemi informatici, è naturale pensare di memorizzare tutti questi dati all'interno di un file, il quale conterrà la "memoria storica" delle misurazioni eseguite ad esempio durante tutto l'anno o più anni. Volendo impostare una struttura dei dati efficiente ed utilizzare il linguaggio C per la scrittura del software, si potrebbe definire per prima cosa un tipo (ad esempio una struttura), denominato Acquisizione Singola, nel quale i dati sono:

- Ora dell'acquisizione;
- Valori delle concentrazioni delle quattro sostanze nocive;

Traccia 2

Un sistema elettronico di registrazione e visualizzazione dell'attività elettrica del cuore è realizzato secondo lo schema a blocchi riportato in figura.



Il segnale elettrico, proveniente dai due elettrodi applicati al paziente, si presenta all'amplificatore in modo differenziale ed ha valore compreso fra -0.8 mV e $+0.8$ mV con componenti armoniche significative in banda $0.1 \div 40$ Hz. Detto segnale è disturbato dalla tensione di rete a 50 Hz presente nell'ambiente.

Il candidato, fatte le ipotesi aggiuntive ritenute necessarie:

1. spieghi il funzionamento di ciascun blocco dello schema;
2. dimensiona l'amplificatore e determini i parametri di funzionamento del filtro, in modo che sia eliminato il disturbo di rete e all'ingresso del convertitore A/D vi sia un segnale fra -5 V e $+5$ V;
3. determini la frequenza di campionamento necessaria per la corretta acquisizione del segnale;