

Classe : **5A IPAI**

A.S. : 2019-2020

Docente : prof. Franco Tufoni - Codocente: prof. Enrico Ruggieri

Disciplina: Tecnologie elettriche-elettroniche, dell'automazione e applicazioni

## **Acquisizione - Elaborazione dati**



**Vers.1.0**

# 1 - INTRODUZIONE

Un settore importante dell'Elettronica è quello che si occupa dell'acquisizione e dell'elaborazione di segnali analogici dipendenti da grandezze fisiche di varia natura, al fine di effettuare il controllo della grandezza in esame o anche semplicemente la visualizzazione, la memorizzazione o la trasmissione dei valori che essa assume.

I campi applicativi sono vastissimi:

- ☞ strumentazione di laboratorio ed elettromedicale;
- ☞ sistemi di rilevamento ambientali;
- ☞ automazione industriale;
- ☞ trasmissione dei dati in forma digitale

Lo sviluppo di sofisticate tecniche di elaborazione digitale e l'uso diffuso di dispositivi programmabili nonché gli innumerevoli vantaggi associati al trattamento di segnali digitali, relativamente a complessità, immunità al rumore, versatilità e standardizzazione, fanno sì che nella maggior parte dei casi, i segnali analogici vengano convertiti in segnali digitali per essere elaborati.

I dati elaborati vengono poi eventualmente riconvertiti in forma analogica, per comandare dispositivi attuatori o, comunque, per essere utilizzati.

# 2 - STRUTTURA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI

I sistemi di acquisizione dati (DAS: Data Acquisition System) sono sistemi di dispositivi elettronici aventi la funzione di acquisire segnali analogici, in forma digitale.

Osservare un fenomeno fisico significa acquisire delle informazioni che consentono di descrivere fedelmente l'evoluzione temporale delle grandezze che lo caratterizzano.

Tale osservazione, se effettuata elettronicamente, garantisce livelli di precisione, di sensibilità e di velocità di risposta, notevolmente superiori rispetto ad ogni altra tecnica.

Il sistema che si progetta può avere lo scopo di visualizzare, memorizzare, elaborare, riprodurre o trasmettere l'informazione in ingresso, la quale si presenta sotto forma di generica grandezza fisica.

La catena di acquisizione dati, è formata da tre sezioni distinte (fig.1):

- ) sezione analogica;
- ) sezione di conversione;
- ) sezione di elaborazione.



Fig.1

## **Tipi di segnali**

I segnali che comunemente interessano i sistemi di acquisizione dati sono:

- 1) Segnali continui (costanti nel tempo)
- 2) Segnali periodici (si ripetono ad intervalli regolari)
- 3) Segnali transitori (andamento non periodico)
- 4) Segnali random (casuale, non prevedibile nel tempo)

## **Tipi di configurazioni**

Le configurazioni possibili sono diverse:

Esistono sistemi a canale singolo (un solo canale) e sistemi multicanale (multi segnale).

## **Uso dei sistemi di acquisizione dati**

I sistemi di acquisizione dati sono impiegati per svolgere le seguenti funzioni:

- ☞ Memorizzazione dati
- ☞ Elaborazione dati (per controllare processi industriali)
- ☞ Trasmissione dati (il segnale digitale può essere trasmesso a piccole e grandi distanze con i vantaggi della trasmissione digitale su quella analogica, immunità al rumore)
- ☞ Visualizzazione dati (visualizzazione mediante display)

## **Parametri di un sistema di acquisizione dati**

Gli elementi da considerare nella scelta di un sistema di acquisizione dati sono:

- 1) Numero di canali analogici (numero di ingressi)
- 2) Velocità di campionamento
- 3) Velocità di trasferimento dei dati al sistema di elaborazione
- 4) Risoluzione del sistema digitale (numero di bit della parola digitale in uscita)
- 5) Precisione
- 6) Caratteristiche del segnale analogico in ingresso ed esigenza di eventuale modifica di alcune di esse, mediante l'impiego di amplificatori, attenuatori e filtri.
- 7) Costo

## **Configurazioni tipiche di un sistema di acquisizione dati**

Le configurazioni più comuni sono:

- 1) Configurazione di base (campionamento asincrono)
- 2) Configurazioni con campionamento sincro
- 3) Configurazione con conversione parallela
- 4) Configurazione con conversione tensione/frequenza: V/F

In questa dispensa prendiamo in considerazione solo la Configurazione di base (campionamento asincrono)

### 3 - CONFIGURAZIONE DI BASE – CAMPIONAMENTO ASINCRONO

La struttura di un sistema di acquisizione dati di base può essere schematizzata come in fig.2

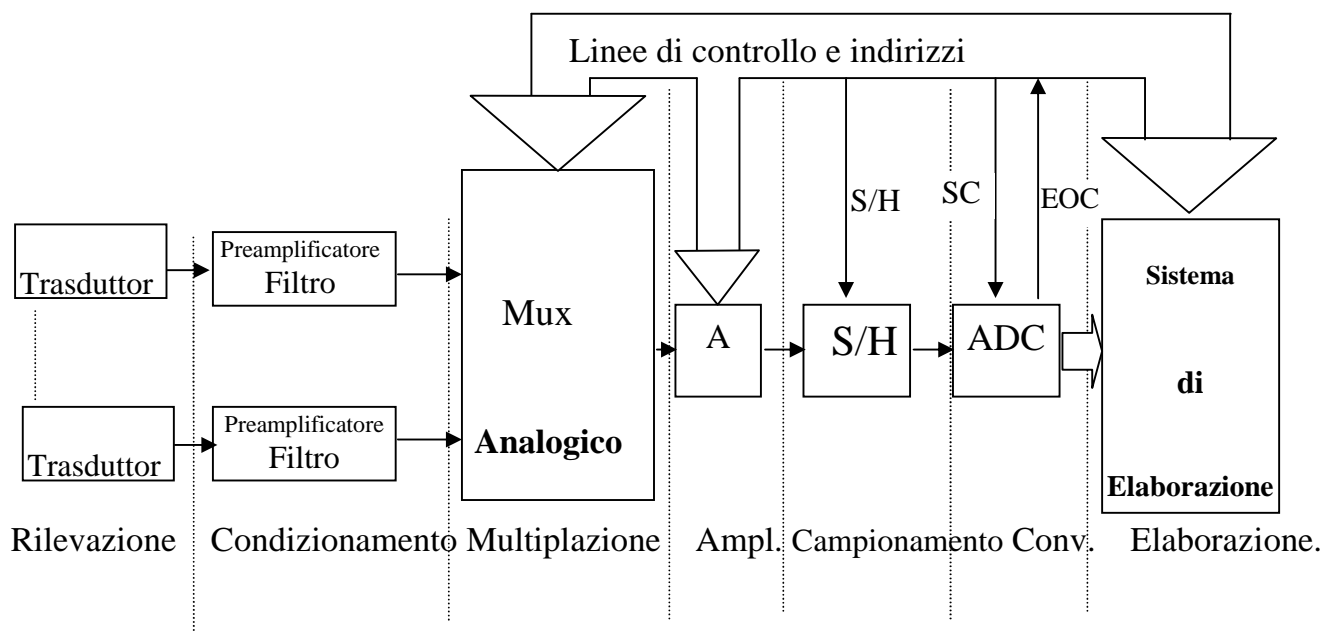


Fig. 2

Il sistema di figura è composto dai seguenti blocchi:

- 1) Rilevazione
- 2) Condizionamento
- 3) Multiplazione
- 4) Amplificazione
- 5) Campionamento
- 6) Conversione
- 7) Elaborazione

#### 1) Rilevazione:

La rilevazione dei segnali analogici avviene mediante trasduttori, detti anche sensori, che hanno la funzione di rilevare la grandezza fisica in ingresso e di trasformarla in una grandezza elettrica.

Una termocoppia ad esempio fornisce una tensione proporzionale alla temperatura; un fotodiodo fornisce una corrente proporzionale alla luminosità; un microfono fornisce un segnale proporzionale alla pressione dell'onda sonora.

#### 2) Condizionamento:

I segnali generati dai trasduttori devono di solito essere condizionati in modo che il trasferimento dell'informazione possa avvenire con le caratteristiche di precisione, linearità, immunità al rumore, isolamento elettrico, richieste per una data applicazione. Il condizionamento costituisce un'interfaccia tra il circuito di rilevamento e gli altri blocchi, viene generalmente realizzato mediante pre-amplificatori (anche molto sofisticati) e filtri.

### 3) **Multiplicazione:**

La moltiplicazione permette la semplificazione della parte di sistema a valle, potendo quest'ultima operare su un segnale alla volta. La moltiplicazione viene realizzata con un multiplexer analogico comandato (Indirizzi ed Enable) dal sistema di elaborazione.

Il multiplexer seleziona, a seconda del codice presente sulle linee digitali di indirizzo, uno solo dei segnali analogici di ingresso, trasferendolo in uscita; in tal modo è possibile, se il tempo di conversione dell' ADC e la temporizzazione globale del sistema lo consentono, trattare più segnali indipendenti impiegando lo stesso convertitore

### 4) **Amplificazione:**

L'amplificazione serve per adeguare il livello del segnale alle caratteristiche del convertitore. L'amplificatore è del tipo a guadagno programmabile, comandato attraverso le linee di controllo e indirizzi del sistema di elaborazione.

### 5) **Campionamento:**

Il campionamento e il mantenimento, serve per mantenere costante il segnale d'ingresso del convertitore per tutta la durata della conversione. Il campionamento e il mantenimento viene realizzato con i circuiti Sample-Hold, anche il Sample-Hold viene comandato dal sistema di elaborazione.

### 6) **Conversione:**

Questo blocco effettua la conversione del segnale da analogico a digitale.

Il convertitore fornisce in uscita una stringa di bit (es. 8 oppure 12), che rappresenta un numero proporzionale al valore del segnale analogico di ingresso.

Parametri assai importanti per i convertitori ADC sono, oltre al numero di bit di uscita, l'escursione massima del segnale di ingresso e il tempo di conversione, ovvero il tempo richiesto affinché ad un segnale stabile in ingresso corrisponda un valore numerico stabile in uscita.

Il convertitore ADC viene comandato dal sistema di elaborazione.

### 7) **Elaborazione:**

Questo blocco ha la funzione di permettere l'acquisizione dei dati e la loro elaborazione, la trasmissione dei dati ai dispositivi di uscita. Il controllo del funzionamento del sistema. Il sistema di elaborazione funziona in base ad un software memorizzato al suo interno.

La presenza del blocco **amplificazione** e del blocco **campionamento** non è affatto generale; essi svolgono compiti ben precisi e l'opportunità del loro impiego deve essere valutata in funzione dell'applicazione specifica.

## 4 - SEZIONE ANALOGICA

La sezione analogica ha il compito di trasformare l'informazione fisica presente in ingresso in un segnale analogico e successivamente, renderlo compatibile con le caratteristiche del *convertitore analogico digitale*.

La sezione analogica è composta da:

<b>1. Rilevazione</b>	<b>(Trasduttori)</b>
<b>2. Condizionamento</b>	<b>(Amplificatori/Filtri)</b>
<b>3. Multiplexer Analogico</b>	<b>(AMUX)</b>
<b>4. Campionamento</b>	<b>(Sample/Hold)</b>

### 4-1 Trasduttore

Il trasduttore consente la trasformazione dell'informazione fisica rilevata in un segnale elettrico. Esiste in commercio un'ampia scelta di trasduttori, la cui classificazione è effettuata considerando la natura della grandezza fisica in ingresso e la grandezza elettrica fornita in uscita.

I parametri principali che determinano la scelta di un trasduttore sono i seguenti:

- ↪ **Caratteristica di trasferimento**, indica la relazione fra la grandezza da rilevare e la grandezza d'uscita del trasduttore; tale relazione può essere descritta da un'espressione matematica, da una tabella di valori, da una curva teorica o sperimentale.
- ↪ **linearità**, è il parametro che evidenzia l'errore(o deviazione) tra la caratteristica ideale teorica (funzione lineare e la reale curva di trasferimento del trasduttore);
- ↪ **sensibilità**, espressa dal rapporto tra la variazione della grandezza elettrica d'uscita e la corrispondente variazione della grandezza fisica d'ingresso;
- ↪ **range di funzionamento**, rappresenta la differenza tra il valore massimo e quello minimo che può assumere la grandezza;
- ↪ **tempo di risposta**, tempo impiegato per raggiungere un valore di regime conforme a quello della grandezza d'ingresso, quando quest'ultima subisce una variazione improvvisa;
- ↪ **isteresi**, molti trasduttori hanno una caratteristica non univoca, nel senso che essa è diversa a seconda che la grandezza d'ingresso vari da un valore minimo a uno massimo o viceversa;
- ↪ **risoluzione**, è la minima variazione della grandezza d'ingresso in grado di provocare una variazione percettibile su quella d'uscita;
- ↪ **segnale d'uscita**: è un parametro molto importante, poiché condiziona il progetto dei blocchi successivi: infatti la grandezza in uscita da un trasduttore può essere una tensione, una corrente, una frequenza, una variazione di resistenza, di capacità o di induttanza; inoltre il segnale d'uscita può essere analogico o digitale.

### 4-2 Condizionamento

Il condizionamento costituisce un'interfaccia tra il circuito di rilevamento e gli altri blocchi, viene generalmente realizzato mediante amplificatori (anche molto sofisticati) e filtri

Il termine condizionamento viene usato per indicare un'ampia gamma di operazioni che si rendono necessarie al fine di ottimizzare le prestazioni del sistema di acquisizione.

Il segnale in uscita dal trasduttore, di norma, non soddisfa i requisiti di ampiezza richiesti dal convertitore analogico – digitale, inoltre, al segnale d’uscita del trasduttore sono spesso sovrapposti dei disturbi, aventi una frequenza superiore alla banda contenente il segnale utile.

L’opportunità di inserire nel circuito di condizionamento un amplificatore con determinate caratteristiche, o di adottare particolari tecniche per limitare i disturbi, o di linearizzare un segnale prima di presentarlo al convertitore, deve essere valutata prendendo in considerazione diversi fattori.

Un ulteriore accorgimento in fase di progetto consiste nella scelta di un amplificatore avente *elevata resistenza d’ingresso*: si ottiene in tal modo l’effetto di non mutare sensibilmente la funzione di trasferimento del trasduttore.

### 4-3 Multiplexer Analogico

Il multiplexer analogico (AMUX) viene inserito quando è necessario acquisire segnali provenienti da più trasduttori.

Questo dispositivo ha la funzione di convogliare su un’unica linea, con una opportuna temporizzazione, le informazioni presenti sui propri ingressi.

Un AMUX è costituito da  $n$  interruttori analogici, connessi in serie agli  $n$  ingressi di segnale e comandati da un decodificatore logico (decoder); quest’ultimo ha lo scopo di attivare l’interruttore corrispondente alla parola digitale posta sugli  $m$  ingressi di selezione

La relazione tra gli  $n$  ingressi analogici e gli  $m$  ingressi di selezione è la seguente:

$$n=2^m$$

All’uscita del multiplexer è connesso un inseguitore di tensione per l’adattamento d’impedenza.

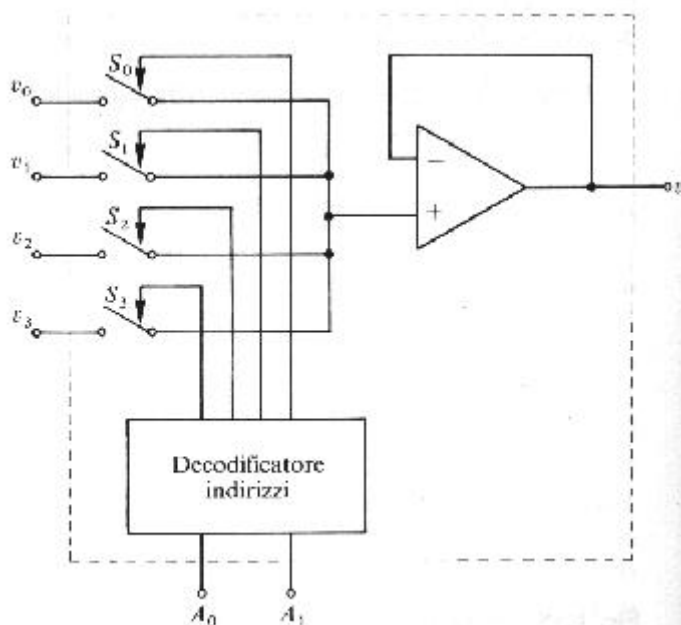


Fig.7

In fig. 7 è rappresentata la struttura interna di un AMUX

### 4-4 Campionamento (Sample/Hold)

I convertitori A/D richiedono un certo tempo per eseguire la conversione di un livello analogico di tensione presente in ingresso. Se il segnale da convertire è lentamente variabile nel tempo, durante

il processo di conversione non subisce apprezzabili variazioni; in questo caso è possibile effettuare un collegamento diretto tra il blocco di multiplazione ed il convertitore.

In caso contrario, la necessità di mantenere costante la tensione d'ingresso durante la conversione, impone la presenza di un circuito che acquisisca, in un determinato istante, un livello del segnale analogico e lo mantenga invariato per tutta la durata della conversione.

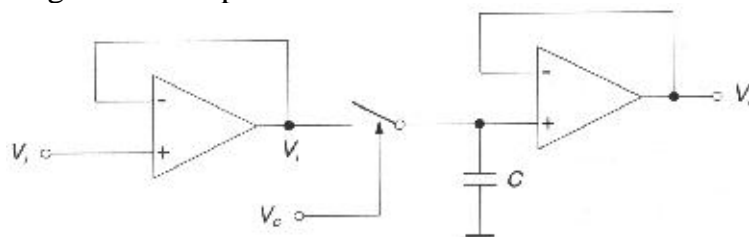


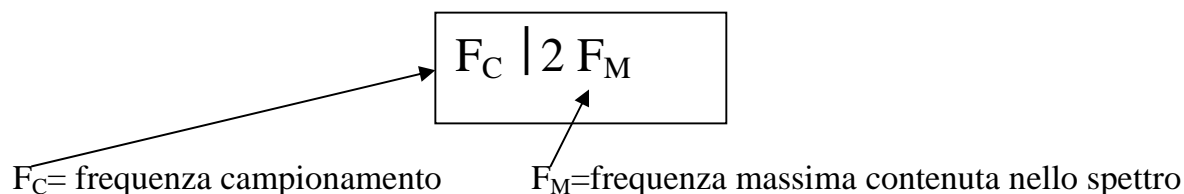
Fig 8

Lo schema di principio che assolve alle funzioni descritte è riportato in fig.8 e prende il nome di Sample/Hold (S/H) (Campionamento e Mantenimento)

Esistono in commercio dispositivi S/H integrati, alcuni con capacità interna, altri in cui è previsto l'uso di un condensatore esterno, da scegliere in relazione alle caratteristiche funzionali del sistema da progettare.

La frequenza di campionamento ( $V_c$ ) assume una fondamentale importanza qualora sia necessario mantenere inalterato il contenuto informativo del segnale acquisito, per consentirne una fedele ricostruzione.

La scelta della frequenza di campionamento è regolata dal teorema di Shannon



## 5 - SEZIONE CONVERSIONE (A/D)

I segnali analogici, opportunamente condizionati, vengono trattati dai convertitori analogico – digitali (ADC); essi forniscono in uscita un segnale digitale a  $n$  bit (ad esempio 8, 12, 16 bit) che rappresentano numeri proporzionali ai valori del segnale analogico d'ingresso.



Si noti che l'elaborazione e il trasferimento di segnali digitali anziché analogici possono consentire notevoli semplificazioni circuitali; le prestazioni raggiunte sono decisamente superiori per quanto riguarda l'immunità al rumore e le derive termiche.

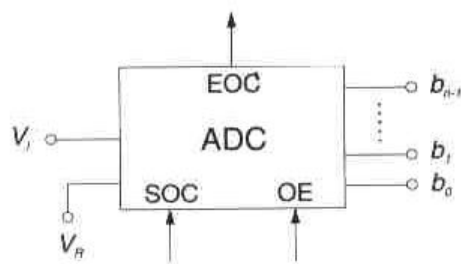
L'impiego di dispositivi programmabili consente inoltre di effettuare in modo semplice elaborazioni anche molto sofisticate e di modificare il tipo e i parametri dell'elaborazione stessa con una certa facilità, intervenendo opportunamente sul programma. La scelta del tipo di convertitore dipende dal tipo di sistema.

Ad un convertitore, oltre il segnale analogico d'ingresso, deve essere applicata una tensione continua particolarmente stabile, detta tensione di riferimento ( $V_{ref}$ ).

Alcuni tipi di convertitore necessitano inoltre per il loro funzionamento di un segnale di clock.

Un convertitore A/D per trasformare il segnale da analogico a digitale impiega un periodo di tempo, legato al metodo di conversione utilizzato ed alla tecnologia costruttiva, detto tempo di conversione ( $t_c$ ). In Fig.9 è riportato il simbolo grafico di un generico ADC, dove:





**Fig. 9**

$V_i$	Segnale analogico da convertire;
$b_{n-1} \dots b_0$	Parola digitale d'uscita;
$V_R$	Tensione costante di riferimento, il cui valore assoluto, normalmente, rappresenta il massimo valore della tensione d'ingresso convertibile;
SOC	Segnale di <i>Start Of Conversion</i> , la cui attivazione dà inizio alla conversione;
OE	Segnale <i>Output Enable</i> , ovvero il pin di abilitazione del buffer d'uscita dell'ADC;
EOC	Segnale <i>End Of Conversion</i> ; la cui attivazione segnala all'esterno che la conversione del dato d'ingresso è terminata.

Indipendentemente dall'architettura scelta, tutti i convertitori A/D introducono un errore non eliminabile, legato all'inevitabile differenza tra un segnale analogico e un segnale digitale.

Infatti, una parola binaria è generata da una codifica; ne consegue che il numero di livelli distinti in uscita è senz'altro finito. Contrariamente, un segnale analogico evolve con continuità nel tempo, assumendo pertanto infiniti livelli.

L'operazione di conversione analogico-digitale è legata al *processo di quantizzazione* che associa ad un'unica rappresentazione digitale un intervallo di valori analogici.

*L'errore di quantizzazione* diminuisce all'aumentare del numero di bit che formano la parola digitale d'uscita.

Con una parola costituita da  $n$  bit, si distinguono  $2^n$  livelli di quantizzazione.

## 6 - SEZIONE ELABORAZIONE

Le unità di elaborazione inserite in un sistema di acquisizione e trattamento dati possono presentare strutture molto varie che si differenziano per numerosi aspetti: complessità del sistema e delle funzioni da svolgere, grado di integrazione dei componenti, architettura dell'unità centrale e dell'intero sistema.

Un sistema logico programmabile si compone fondamentalmente di:

- una CPU programmabile;
- una memoria volatile per i dati (RAM);
- una memoria non volatile per i programmi (ROM, EPROM, ...);
- port interfacciabile di I/O con l'esterno;
- un contatore e un timer programmabili;
- un gestore della comunicazioni seriali;
- un modem
- un convertitore analogico/digitale (A/D)
- un convertitore digitale/analogico (D/A)

Si possono adottare diverse soluzioni:

### 1. MICROPROCESSORE

### 2. MICROCONTROLLORE (es.: Sistema di sviluppo Arduino)

### 3. PERSONAL COMPUTER

## 10 - DISTRIBUZIONE DATI

Dopo che i dati analogici provenienti dal «*mondo reale dei fenomeni*» sono stati convertiti in forma digitale e sono stati memorizzati o elaborati, spesso il risultato delle elaborazioni deve nuovamente interagire con il «*mondo esterno*».

I dati di uscita del sistema di elaborazione possono essere utilizzati, in forma **digitale** o **analogica**, per azionare:

- ↪ motori;
- ↪ accendere lampade o riscaldatori;
- ↪ far suonare allarmi;
- ↪ visualizzare informazioni;

sia localmente che a distanza.

Spesso il risultato delle elaborazioni viene utilizzato proprio per influenzare la grandezza rilevata all'inizio della catena di acquisizione realizzando in tal modo un *sistema di controllo ad anello chiuso*.

Il trasferimento dei dati di uscita, sia digitali sia analogici, viene comunemente indicato con il termine *distribuzione*

La complessità del sistema di distribuzione dipende dal tipo e dal numero dei dispositivi di uscita da controllare e le scelte sull'organizzazione stessa del sistema dipendono da diversi fattori.

In fig. 13, un esempio di distribuzione dati.

