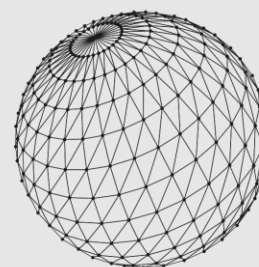
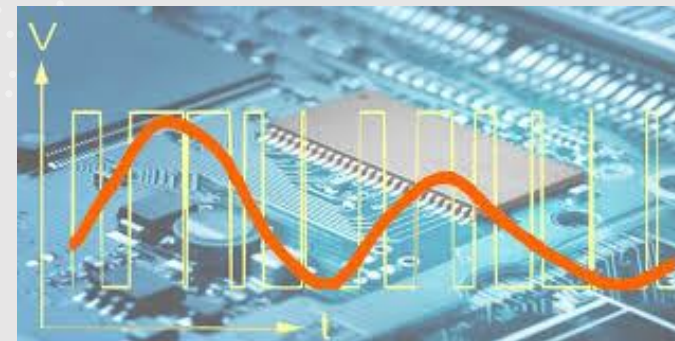


CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALI

Lezione 3



ITS ACADEMY
MECCATRONICO VENETO
ISTITUTO TECNOLOGICO SUPERIORE



Adattamento di impedenza

Adattamento di impedenza

Definizione:

E' un'operazione che il blocco di trasferimento esegue quando c'è un **MISMATCH** tra **l'impedenza del sensore e l'impedenza di ingresso dell'ADC**.

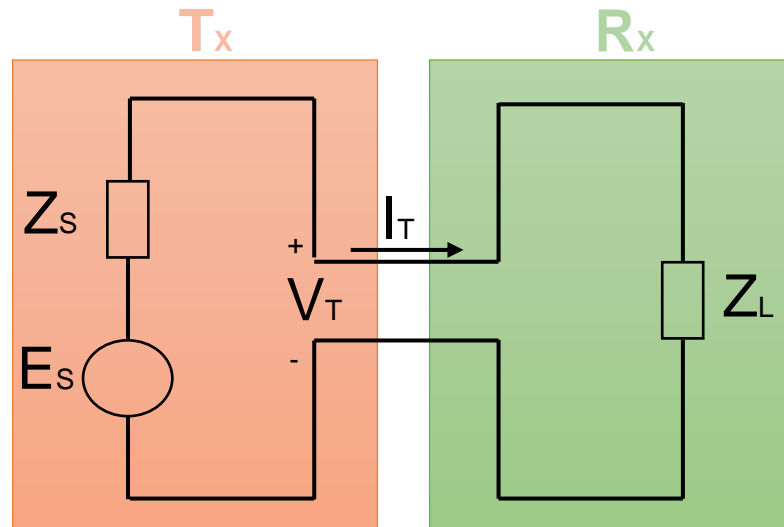
Questo disallineamento può provocare dei problemi, se non viene compensato, quali:

1. TRASFERIMENTO DI POTENZA NON OTTIMALE, dal sensore all'ADC
2. Presenza di RIFLESSIONI DEL SEGNALE sulla linea, con una conseguente distorsione sui segnali inviati dal sensore

Vediamoli nel dettaglio...

Adattamento di impedenza

1. TRASFERIMENTO DI POTENZA



La potenza che giunge al carico Z_L è:

$$\begin{aligned} P_T &= V_T \cdot I_T = E_S \cdot \frac{Z_L}{Z_L + Z_S} \cdot \frac{E_S}{Z_L + Z_S} \\ &= E_S^2 \cdot \frac{Z_L}{(Z_L + Z_S)^2} \end{aligned}$$

L'obiettivo è che arrivi all'ADC, cioè al carico Z_L la **potenza massima**, in modo che il segnale possa essere letto minimizzando gli errori



Adattamento di impedenza

1. TRASFERIMENTO DI POTENZA

Come si ottiene la potenza massima?

La potenza è massima quando la sua derivata fatta rispetto al carico Z_L è nulla.

$$\frac{dP_T}{dZ_L} = 0$$



$$Z_L = Z_S$$

Se Z_L ha questo valore, la potenza trasmessa è massima

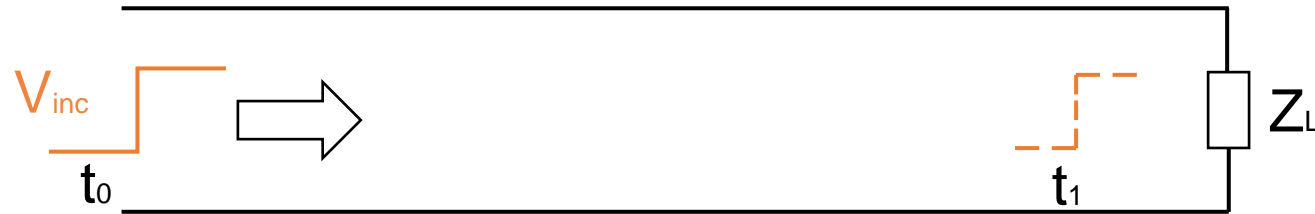


La potenza massima, che si ottiene quando $Z_L = Z_S$, è:

$$P_T = \frac{1}{4} \cdot \frac{E_S^2}{Z_L}$$

Adattamento di impedenza

2. RIFLESSIONI DEL SEGNALE



Si ipotizza di inviare un segnale a gradino al carico Z_L . Questo segnale parte all'istante t_0 e arriva al carico all'istante t_1 .

La velocità del segnale sulla linea è:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}$$

ε = costante dielettrica della linea
 μ = permeabilità magnetica della linea

Adattamento di impedenza

2. RIFLESSIONI DEL SEGNALE

Una volta giunto al carico Z_L , il segnale V_{inc} viene in parte assorbito dal carico stesso e in parte **riflesso** verso la sorgente.

L'onda riflessa V_{rifl} ha forma e dimensione opposta rispetto a quella incidente V_{inc}



L'intensità dell'onda riflessa, dipende da Z_L e Z_0 dalla seguente formula:

$$V_{RIFL} = \rho \cdot V_{INC}$$

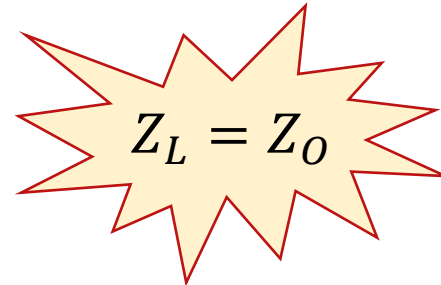
$$\rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

È l'impedenza della linea dovuta ai cavi. Più lunghi sono i cavi e maggiore è Z_0

Adattamento di impedenza

2. RIFLESSIONI DEL SEGNALE

Poiché il segnale riflesso può andare a sormontarsi al segnale incidente, alterandone la forma e quindi il contenuto, è necessario che l'intensità dell'onda riflessa sia nulla. Affinché ciò accada deve valere che:

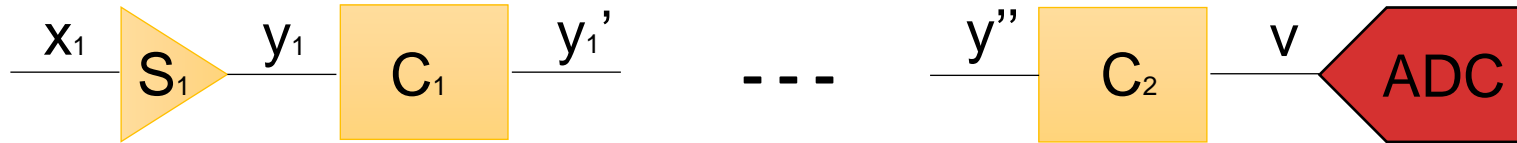

$$Z_L = Z_0$$

Se Z_L ha questo
valore, il segnale
non viene riflesso
sulla linea



Adattamento di impedenza

RIEPILOGO:



I fenomeni appena descritti:

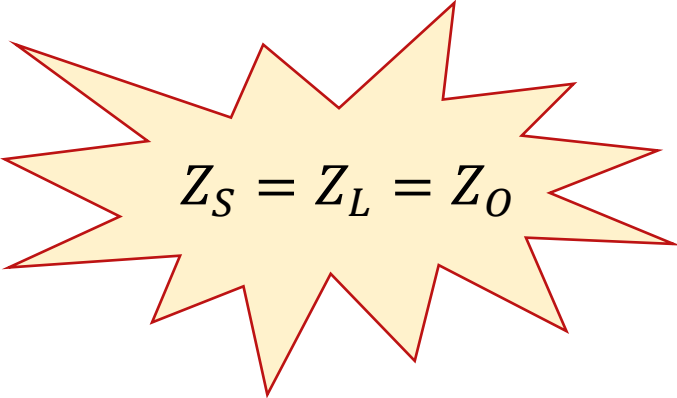
1. TRASFERIMENTO DI POTENZA NON OTTIMALE, dal sensore all'ADC
2. Presenza di RIFLESSIONI DEL SEGNALE sulla linea, con una conseguente distorsione sui segnali inviati dal sensore.

Possono verificarsi lungo i cavi che portano dal sensore all'ADC. Tra essi sono presenti i blocchi di condizionamento che risolvere tali problemi!

Adattamento di impedenza

CONCLUSIONI:

Per **MASSIMIZZARE** la **POTENZA** del segnale trasmesso e **RIDURRE** l'incidenza della **RIFLESSIONE** sulla linea è necessario che:


$$Z_S = Z_L = Z_O$$



È il blocco di condizionamento che si occupa di far sì che tale condizione sia verificata!!

CAPITOLO 2



**Altre proprietà del
blocco di
condizionamento**

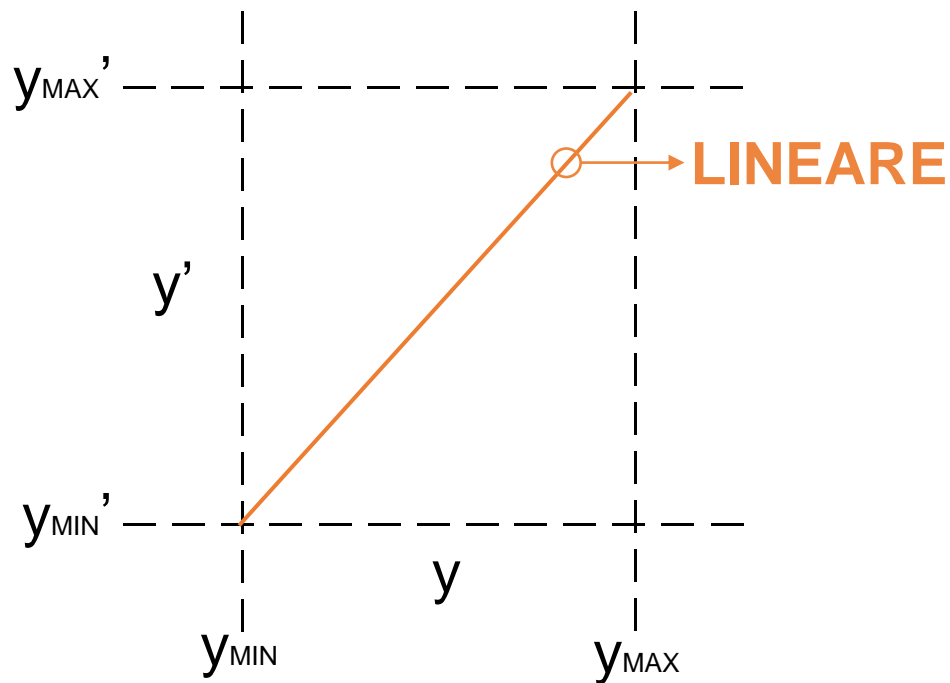
Blocco di condizionamento

Altre funzioni secondarie che il blocco di condizionamento svolge sono:

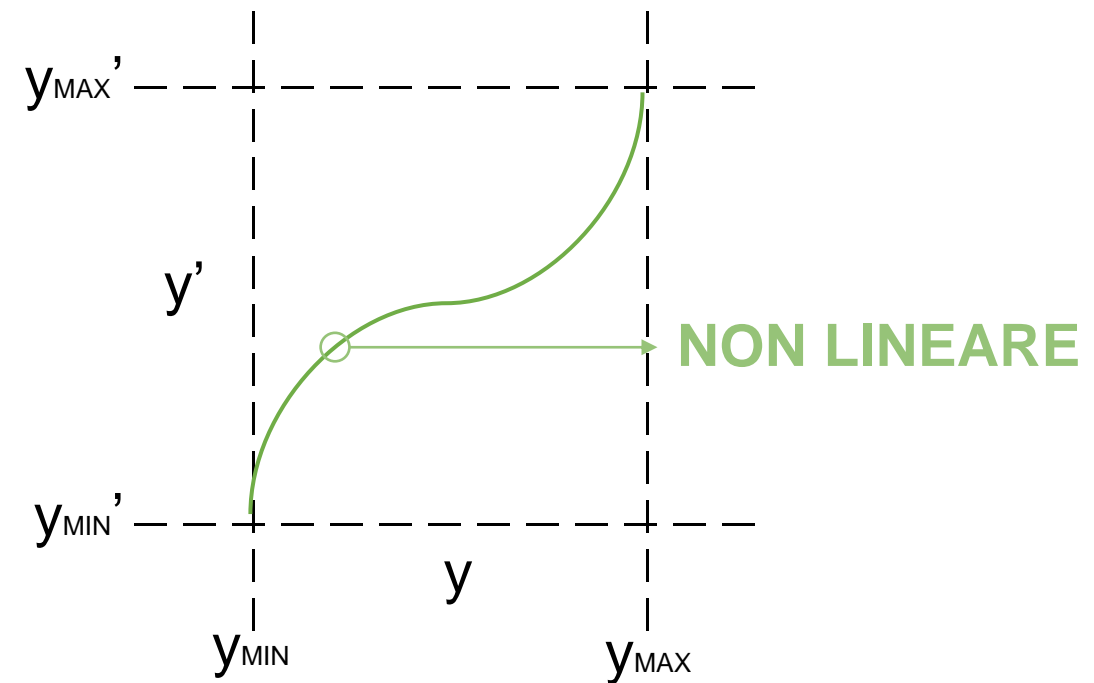
1. LINEARIZZAZIONE
2. PROTEZIONE dai DISTURBI
3. ECCITAZIONE DEI SENSORI
4. IDENTIFICAZIONE DEI SEGNALE
5. FILTRAGGIO DEL RUMORE

Linearizzazione

Può capitare che spesso i sensori abbiano una transcaratteristica che non è lineare, ma presenta degli andamenti curvi soprattutto ai margini dell'input range



DESIDERATA



REALE

Linearizzazione

Come si può risolvere?

Ciò che si può fare è cercare di aggiustare i livelli del segnale di uscita y in modo che, all'uscita del blocco di condizionamento, la caratteristica risulti lineare.

Si può fare con **appositi circuiti** che entrano a far parte del blocco di condizionamento.

Questa operazione però è molto complessa e costosa.



Nella realtà spesso queste operazioni vengono effettuate lavorando sui campioni digitali, e quindi dal blocco di **POST PROCESSING**.

Protezione dai disturbi

Il blocco di SENSING spesso è la parte che si trova più a contatto con il mondo reale e può quindi essere soggetto a disturbi, che possono essere di due tipi:



CONDOTTI

Lungo le linee cavi
a causa delle
grandi correnti

IRRADIATI

Solitamente campi
magnetici legati a
fenomeni parassiti

Protezione dai disturbi

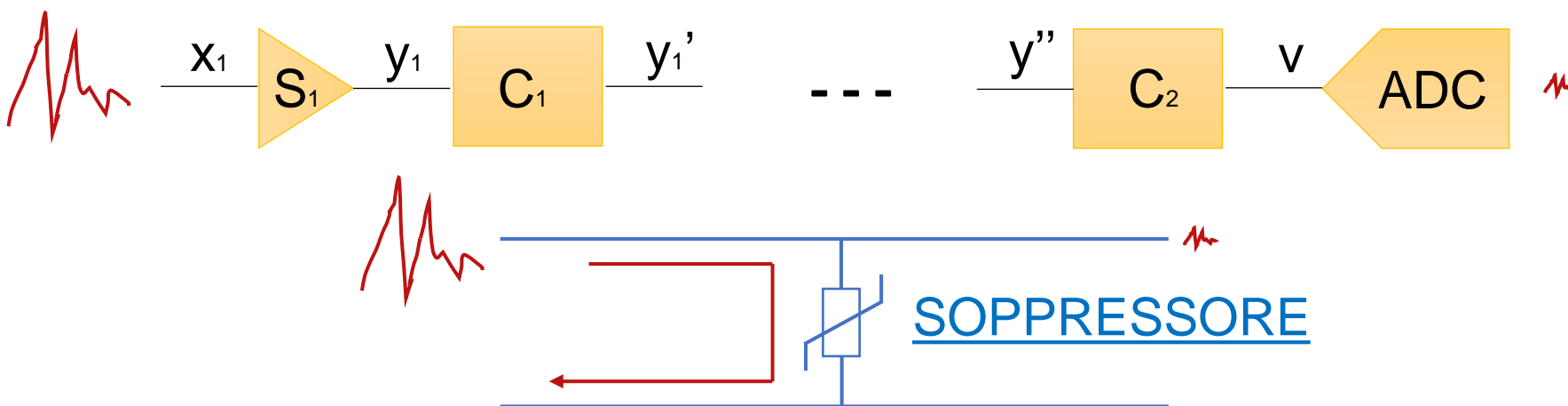
Come si manifestano questi disturbi?

- **BURST**: treni di impulsi ad alta frequenza, che si generano per l'apertura di carichi induttivi. (Tipico dell'apertura di interruttori)
- **SURGE**: generati tipicamente dai fulmini, possono propagarsi lungo una linea anche per chilometri
- **ESD/EMP**: rispettivamente electrostatic discharge e electromagnetic pulse, sono disturbi generati da scariche elettriche (dovute per la rottura del dielettrico) o per grandi impulsi elettromagnetici.

Protezione dai disturbi

Per evitare che i disturbi provenienti dall'esterno danneggino l'architettura della macchina si utilizzano dei **CIRCUITI SOPPRESSORI**, i quali vengono applicati nello stadio di condizionamento tra il blocco c1 e il blocco c2.

Questi circuiti soppressori *deviano i disturbi verso* zone dell'impianto meno suscettibili al disturbo, quali ad esempio la *terra* del circuito.



Protezione dai disturbi

Esempio pratico:

Nei teleruttori si è soliti mettere un varistore, in modo che al distacco del contatto, il ritorno di corrente dovuto al carico induttivo venga filtrato dal varistore stesso.



Varistore: componente elettronico dinamico il quale si comporta come una resistenza molto grande finché la tensione sta sotto ad una certa soglia, dopodiché abbassa bruscamente il suo valore di resistenza per poter deviare a terra il disturbo

Eccitazione dei sensori

Quando si parla di eccitazione ci si riferisce ai segnali che il blocco di condizionamento fornisce al sensore. Questi possono essere:

- Riferimento di tensione
- Riferimento di frequenza
- Alimentazione stessa

Non tutti i sensori hanno bisogno di essere eccitati.

Ci sono sensori **PASSIVI**, che generano direttamente un segnale elettrico in risposta ad uno stimolo esterno.

Ci sono viceversa altri sensori, detti **ATTIVI**, che richiedono una sorgente di potenza esterna per funzionare, chiamata segnale di eccitazione. Questo segnale è modificato dal sensore per produrre un segnale di uscita.

Eccitazione dei sensori

Esempio pratico:

TERMOCOPPIA

Sensore **passivo**, il quale produce una differenza di potenziale proporzionale alla differenza di temperatura



TERMISTORE

Sensore **attivo**, esso non genera alcun segnale, ma se viene attraversato da corrente (segnale di eccitazione), la sua resistenza varia in funzione della temperatura e può essere misurata rilevando le variazioni nella corrente fornita



Identificazione del segnale

Il blocco di condizionamento può effettuare questa operazione al fine di rilevare la presenza di un certo segnale in ingresso o al fine di estrarre alcune informazioni dal sensore.

È tipico nelle telecomunicazioni, soprattutto nella estrazione di un segnale da un'antenna. È un'operazione che si effettua per sincronizzare il trasmettitore al ricevitore.

Si parla di *estrazione della portante*.

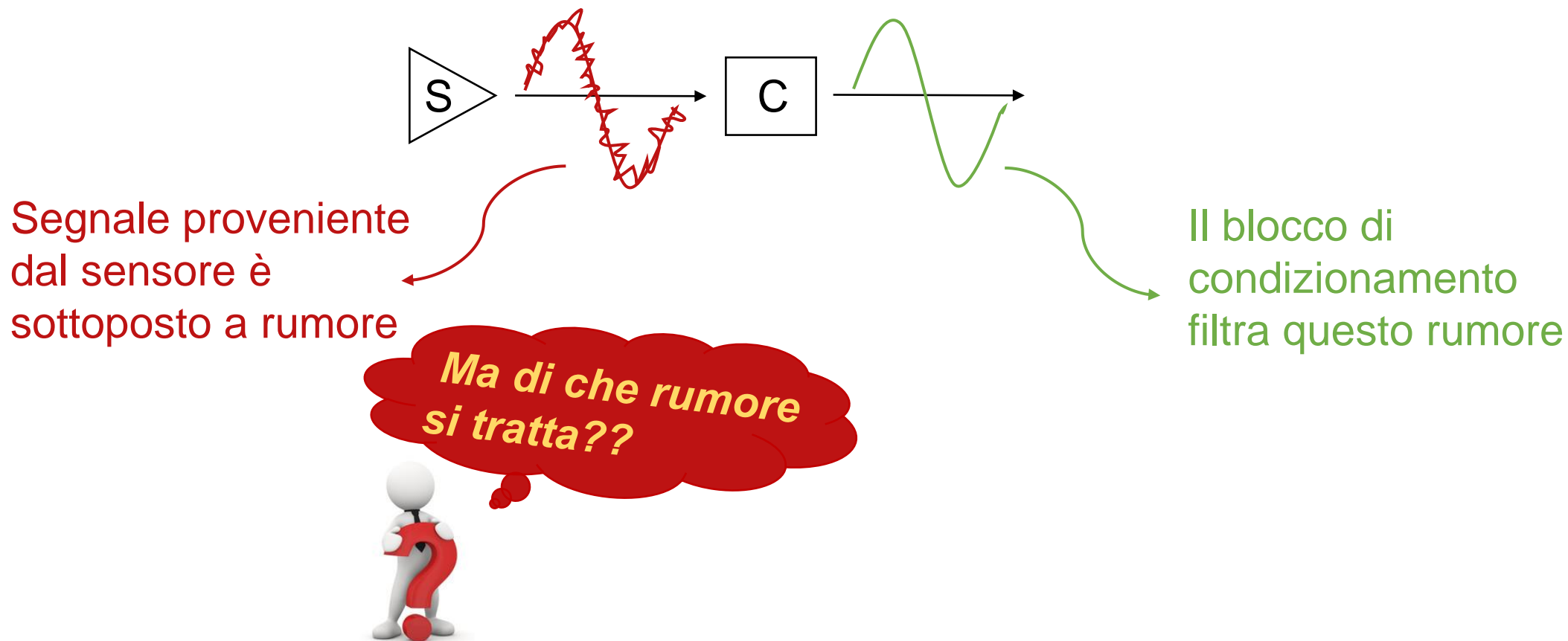


Antenna riceve contemporaneamente segnali a diverse frequenze, il sintonizzarsi dell'antenna in una specifica di esse è l'operazione di IDENTIFICAZIONE DEL SEGNALE

Riduzione del rumore



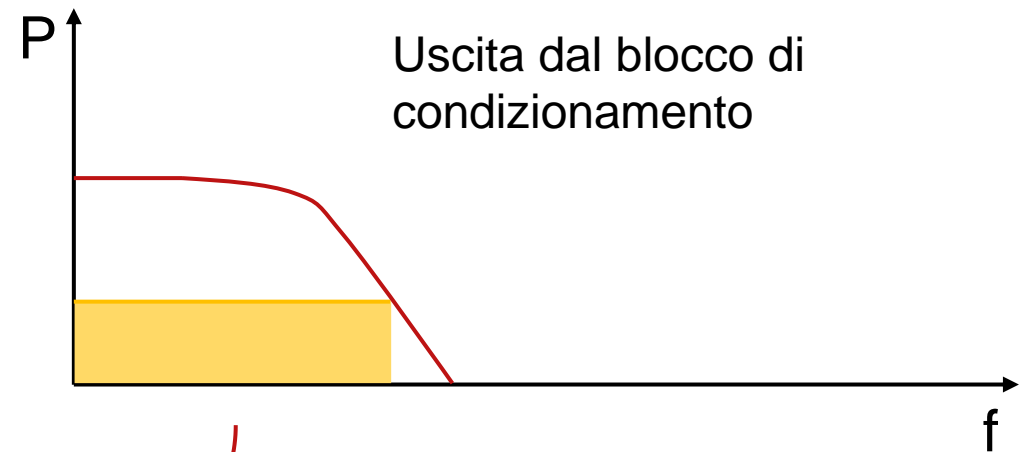
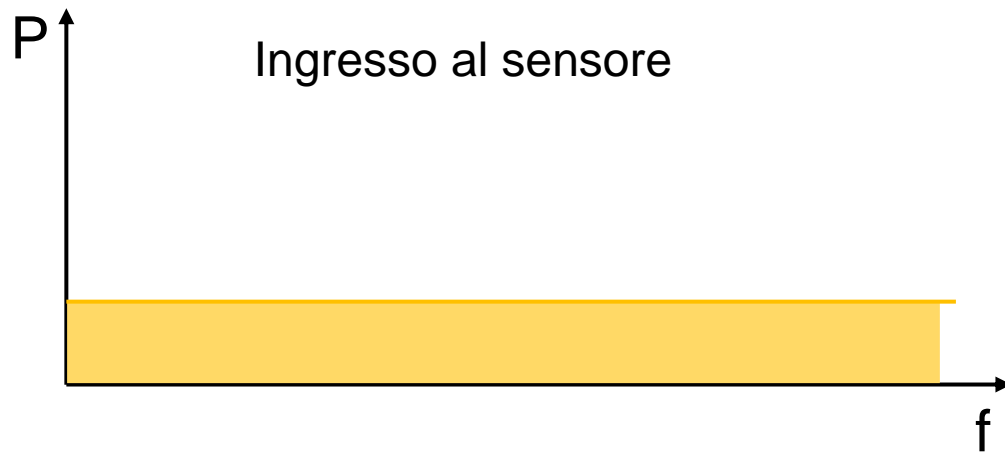
Cosa capita solitamente?



Riduzione del rumore

Si parla di **RUMORE TERMICO**: è quel rumore presente in tutti i dispositivi che si trovano a temperatura maggiore di zero. È legato al passaggio degli elettroni nei conduttori!

Ha lo stesso comportamento del rumore bianco, ossia ha uno spettro in frequenza costante su tutto l'asse delle frequenze



Riduzione del rumore



Per filtrare il rumore si ricorre **l'effetto filtrante** del blocco di condizionamento!
Grazie alla sua **larghezza di banda B_3** , il rumore ad alte frequenze viene tagliato!

La potenza del rumore risulta essere:

$$P_{noise} = k \cdot T \cdot B_3 \quad [W]$$

k = costante di Boltzman
 T = temperatura
 B_3 = larghezza di banda blocco C



Da questa formula emerge che: per avere **un buon effetto filtrante** e ridurre la potenza del rumore, devo avere una **banda B_3 molto piccola!!**

tempo di salita **vs** riduzione del rumore

$$t_{rise} = \frac{k_R}{B_3}$$

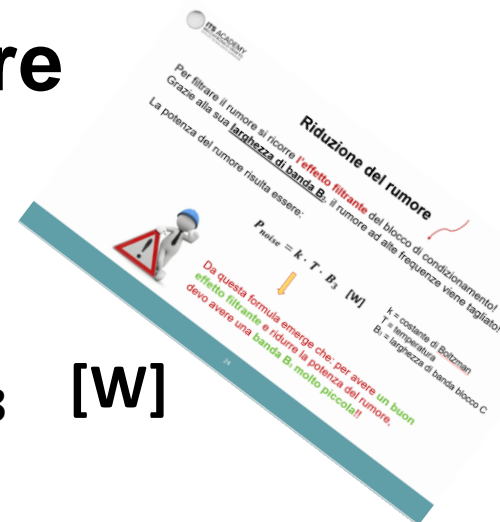
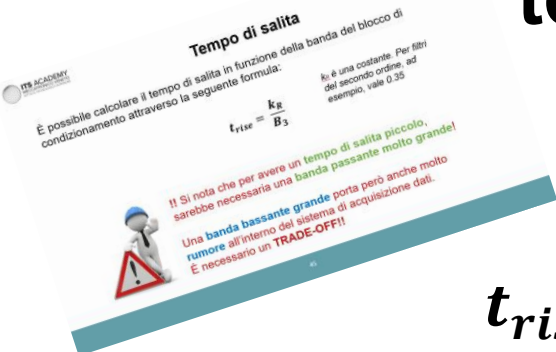
$$P_{noise} = k \cdot T \cdot B_3 \quad [W]$$

Ideale sarebbe avere B_3
grande per avere sistema
molto rapido

Ideale sarebbe avere B_3
piccola per avere sistema
che non risente del rumore



NECESSARIO UN TRADE-OFF



CAPITOLO 3



**Esercizio di simulazione
esame**

Esercizio di simulazione d'esame

Si consideri un sensore di temperatura in grado di misurare temperature da -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$ con un range di uscita di 30mV e offset $-2,7\text{mV}$. Rappresentare l'intero sistema di sensing sapendo che il range di tensione del MUX è pari a $[0 - 10]\text{V}$ mentre quello dell'AC è $[0 - 24]\text{V}$. Valutare la temperatura letta in caso di una tensione di 15V rilevata dall'ADC



Svolgimento esercizio



Svolgimento esercizio





Fine primo tempo

CAPITOLO 4

PARTE 2



Labview

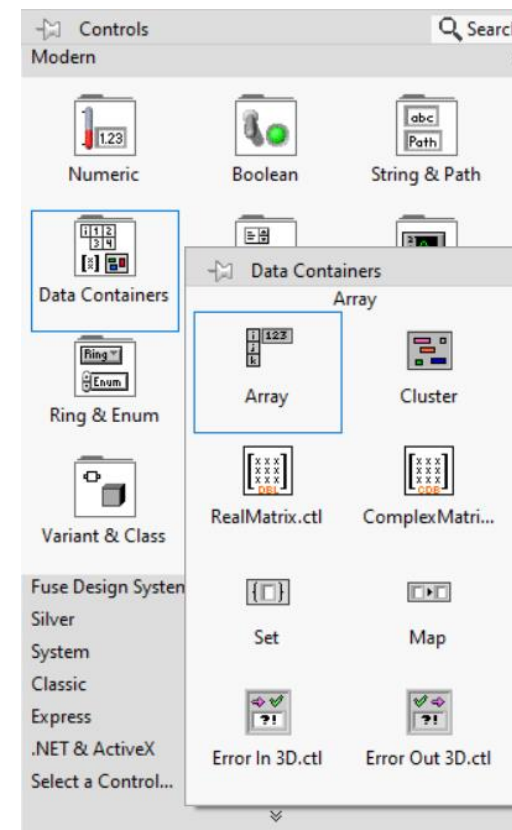
ARRAY

Un array è un contenitore di dati, il quale ordina gli elementi al suo interno in sequenza.

La posizione degli elementi è crescente e parte dal primo con indice 0.

In labview un array può essere usato sia come indicatore (output) sia come controllore (input)

6	13	21	3	9	0	4	17
0	1	2	3	4	5	6	7



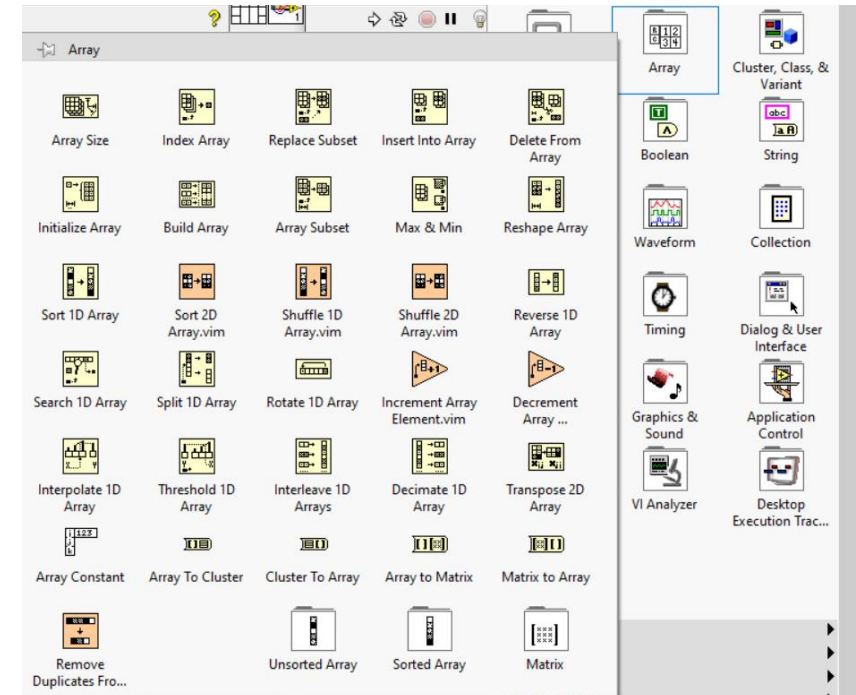
ARRAY

Dal block diagram è possibile visualizzare tutte le funzioni di cui labview dispone per maneggiare gli array.

Potrebbero tornare utili funzioni quali:

- Insert into array
- Build array
- Index array
- Array size

...



Esercitazione con labview

1. Implementare l'esercizio fatto prima su carta all'interno di labview.
2. Creare un ciclo for di 10 iterazioni che inserisce 10 input differenti (che simulino le uscite del sensore). Salvare i 10 dati ottenuti dall'adc all'interno di un array e plottarlo sul front panel.

CAPITOLO 5

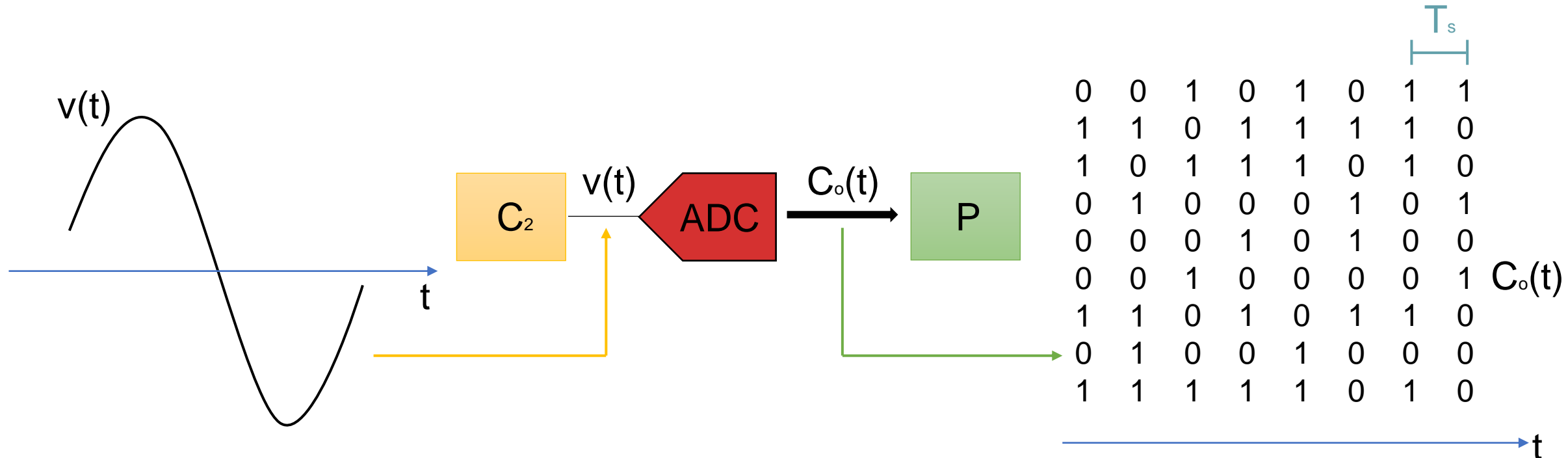


ADC

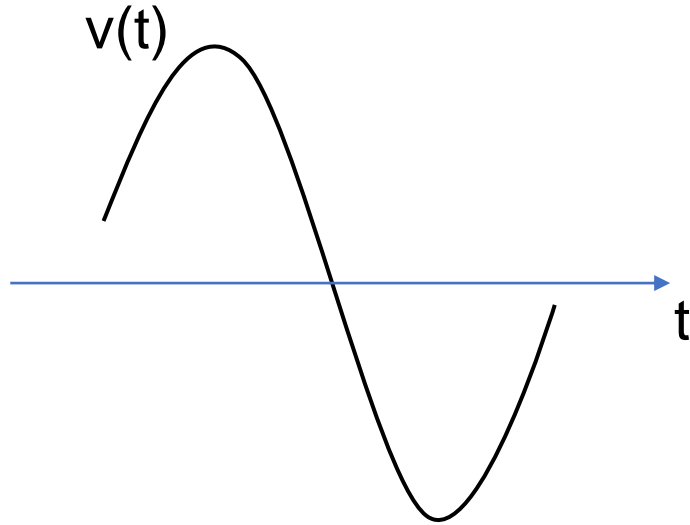
Conversione analogico digitale ADC

Definizione:

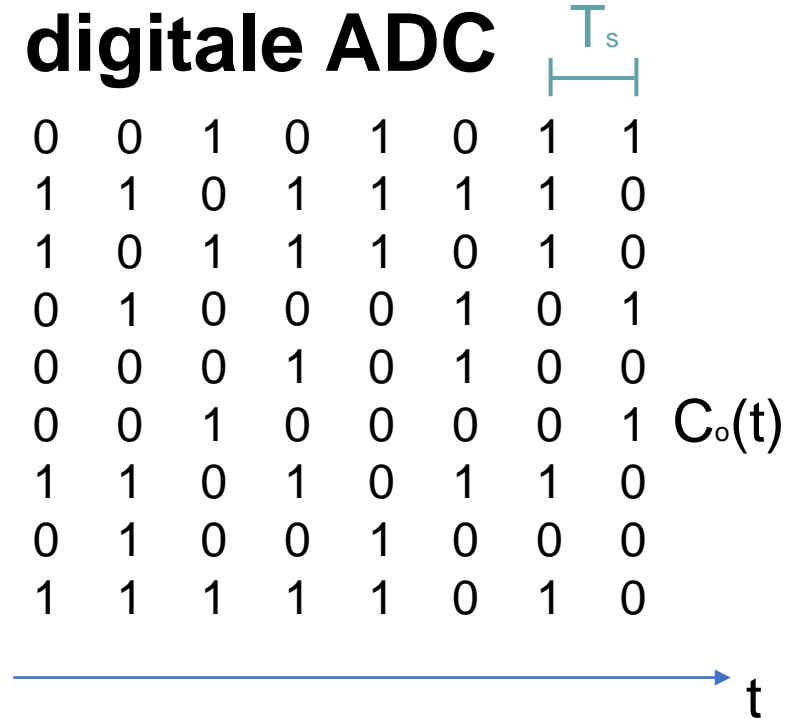
La conversione analogico digitale è l'attività che svolge un adc per convertire il segnale di **ingresso**, analogico nel tempo e nelle ampiezze, in una **sequenza temporale di suoi campioni**, opportunamente **discretizzati nelle ampiezze**.



Conversione analogico digitale ADC



$v(t)$: È il segnale uscente dal blocco di condizionamento C_2 che è analogico.



$Co(t)$: è la versione campionata nel tempo e discretizzata nelle ampiezze di $v(t)$. È una sequenza di codici a B bit. Ogni codice si trova ad una distanza temporale T_s dal successivo

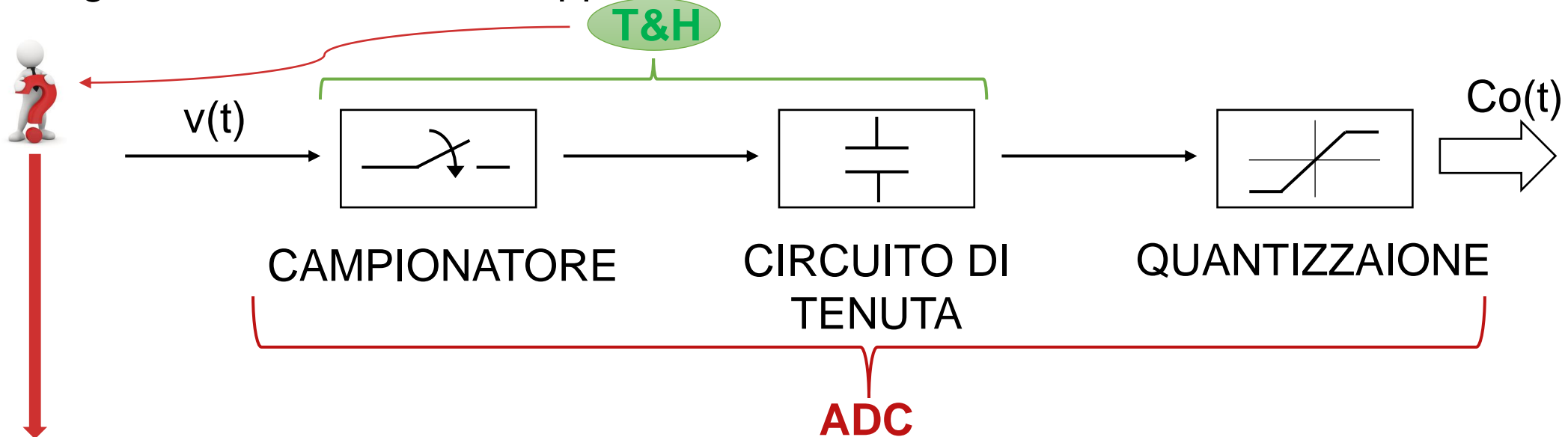
Conversione analogico digitale ADC

Per realizzare la conversione da $v(t)$ a $Co(t)$ sono necessarie 3 operazioni:

1. CAMPIONAMENTO (*SAMPLING*)
2. TENUTA (*HOLD*)
3. QUANTIZZAZIONE DELLE AMPIEZZE (*QUANTIZATION*)

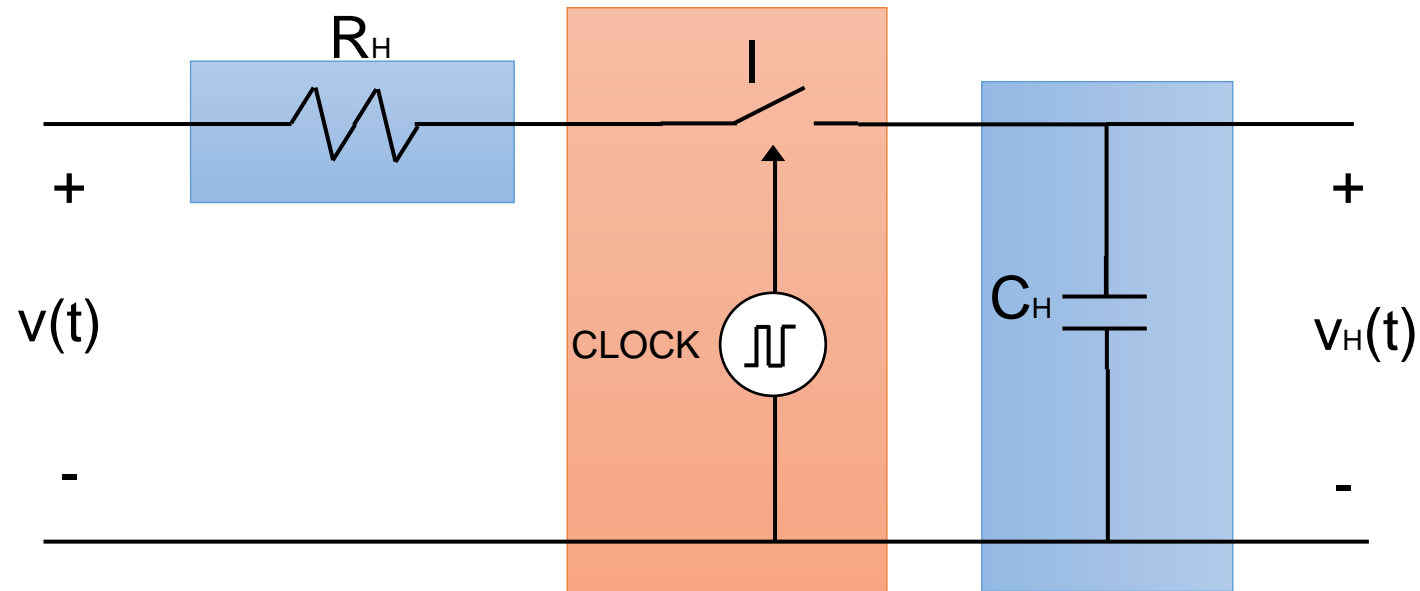


Ogni fase è svolta da un opportuno circuito elettronico:



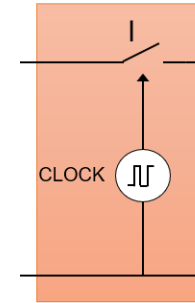
Circuito di T&H

Il circuito di **TRACK & HOLD** è il circuito elettronico responsabile delle prime due fasi della digitalizzazione del segnale: **CAMPIONAMENTO** e **TENUTA**



Il circuito reale in realtà è un po' più complesso, ha anche un amplificatore operazionale. Tuttavia questa schematizzazione ne riassume il funzionamento.

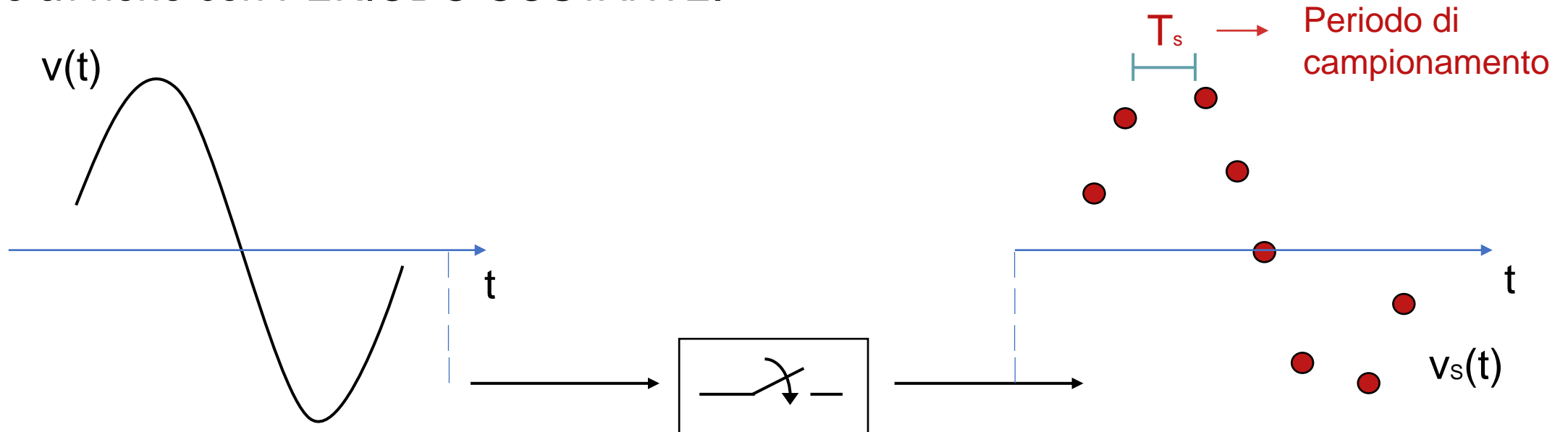
Campionamento



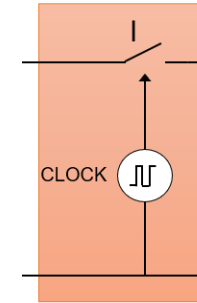
Definizione:

È quell'operazione che consiste nell'acquisire dal segnale di ingresso una serie di campioni.

Solitamente si esegue un CAMPIONAMENTO UNIFORME, ossia un campionamento che avviene con PERIODO COSTANTE.

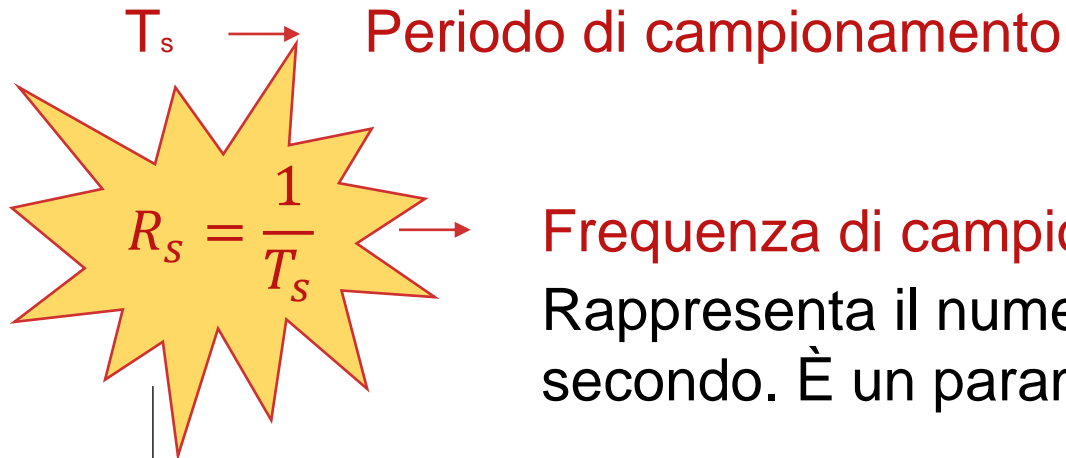


Campionamento



Principio di funzionamento:

Il funzionamento prevede che l'interruttore I venga pilotato dal circuito di clock (che in realtà è un oscillatore al quarzo). I si chiude in corrispondenza del fronte di salita del segnale di clock.



Frequenza di campionamento (SAMPLING RATE)

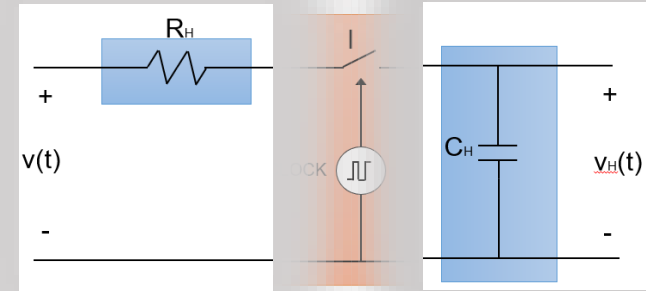
Rappresenta il numero di campioni acquisiti in un secondo. È un parametro importantissimo!!!

Questa frequenza può essere variata agendo sulla frequenza di clock

È vero che più campioni acquisisco e meglio ricostruisco il segnale di ingresso? Lo vedremo...

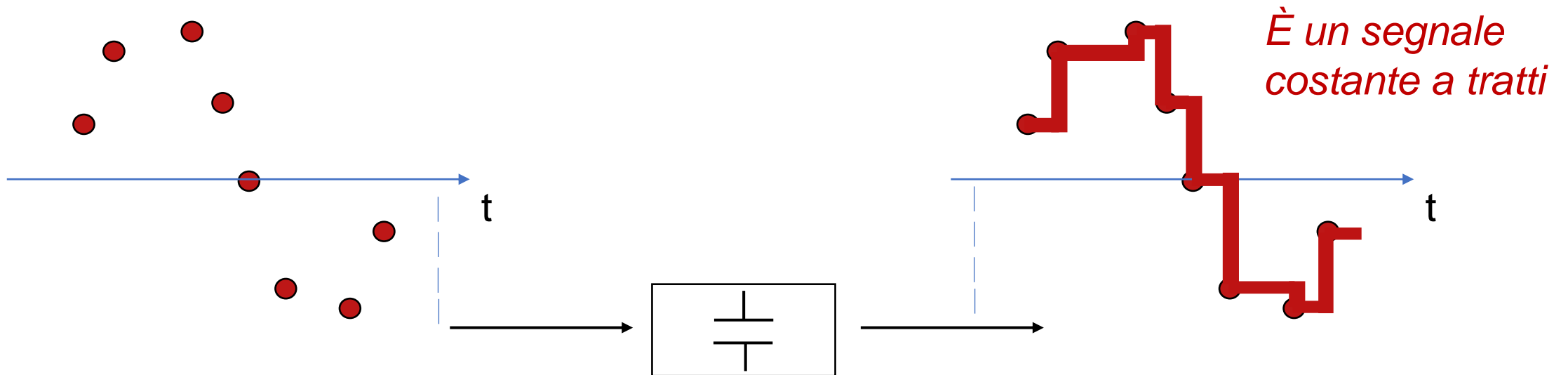


Tenuta



Definizione:

È quell'operazione che consiste nel mantenere costanti i livelli di tensione $v_s(t)$, dei campioni acquisiti, per un intervallo di tempo pari al sampling time T_s , cioè fino al campione successivo



CAPITOLO 6

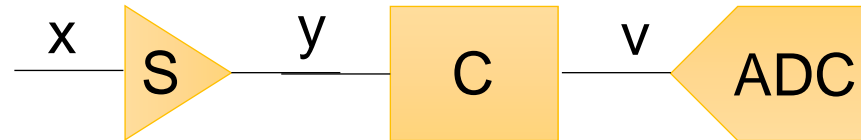


Esercizi di vario tipo

Esercizio 1



A partire da una stima in tensione dell'ADC risalire alla stima in termini di x



Sapendo che:

$$y = 2x + 2$$

$$v = \frac{4}{3}y + 1$$

Calcolare l'ingresso x che produce in ingresso all'adc una tensione $v=3V$

Esercizio 2

Calcolo del numero dei campioni acquisiti



Dato un adc con $R_s = 25\text{kHz}$, si calcoli quanti campioni vengono acquisiti durante un periodo, se il segnale di ingresso è una sinusoide a 50Hz

Esercizio 3

Calcolo del sampling rate



Calcolare qual è il sampling rate (R_s) necessario ad acquisire 10000 campioni da un segnale di periodo 5s



Vi ringrazio per l'attenzione