28/02/19

Prof: G. Barillaro

Cosa si fa:

- Concetti principali delle misure elettroniche
- Architetture per fare misure elettroniche
  - Convertitori analogici-digitali e digitali-analogici
  - Multimetri digitali: ci permettono di fare una misura ma l'errore che commettiamo è elevato
  - Strumentazione ad alta sensibilità: elettrometro, nanovoltmetro, picoamperometro, coulombimetro, misuratore di spettro di un segnale, frequenzimetro/fasometro, oscilloscopio

Organizzazione corso: su 8 ore settimanali

- 3 ore lab
- 5 ore teoria + es

Modalità d'esame

- Solo orale, conta 3/4 del voto finale (2 domande)
- L'altro 1/4 del voto è dato dalle relazioni delle esperienze in lab da consegnare tutte entro il primo appello

Testi di riferimento

- Appunti di strumentazione elettronica di B. Neri, G. Basso (metterà su e-learning il pdf) della University Press
- Applied electronic instrumentation and nation measurement di D. Buchla, W. Mclachlan della Maxwell Mac-Milan
- Electronic instrumentation hand book di C. F. Coomb della Mcgraw-hill

Mail: giuseppe.barillaro@unipi.it

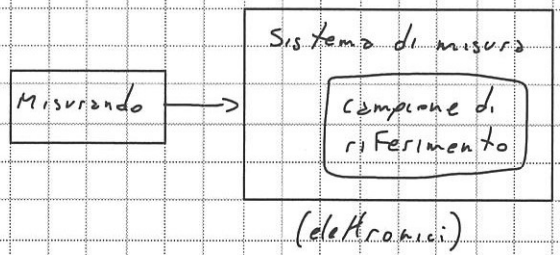
Relazione esercitazioni sperimentali

- Obiettivo dell'esperienza(es parametri opamp)
- Modalità di misura utilizzate
- Report dei dati sperimentali ottenuti
- Discussione risultati con confronto con teoria/dispositivi commerciali

---

IL PROCESSO DI MISURA

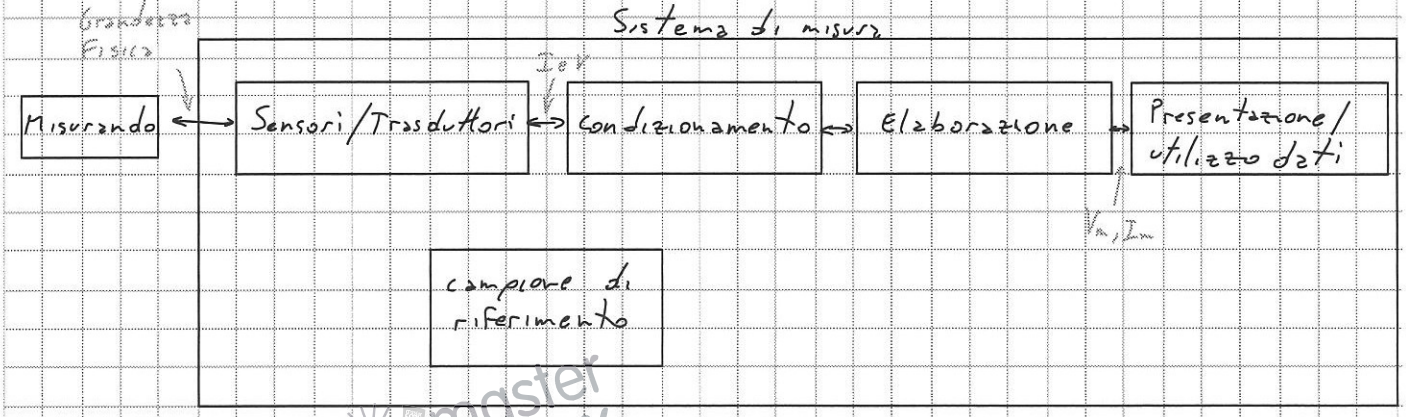
- Operazione di misura: è un processo che associa una quantità incognita(**misurando**) ad una rappresentazione in una qualche unità di misura. Per fare questo devo avere un **campione di riferimento** che vado a confrontare con la quantità incognita che voglio misurare e poi ho bisogno del **sistema di misura** che mi permette di fare queste operazioni
- Quasi tutti gli elementi di misura sono elettronici



- Campione di riferimento(è molto importante)
  - Lunghezza (metro): è definito come la lunghezza che percorre la luce nel vuoto in un tempo pari a 1/241792458 secondi
  - Chilogrammo (Kg): è un Kg di platino e iridio sotto una teca nel vuoto ma dal 20 maggio 2019 cambierà standard e sarà baso sull'esperimento sulla bilancia di batt
    - Questi ultimi due sono definiti come **standard assoluti**: definiscono una grandezza assoluta riferita a costanti universali
  - Ci sono degli **standard primari** che definiscono l'unità di misura e il campione di riferimento che non ha bisogno di ulteriori tarature. Questi definiscono gli **standard secondari** che a loro volta definiscono gli **standard di lavoro**
- In ogni nazione c'è un solo istituto in grado di riprodurre uno standard primario(istituito metrologico): IRIM in Italia, NPL in Inghilterra e NOST in America. Sopra tutti c'è la conferenza generale di pesi e misure

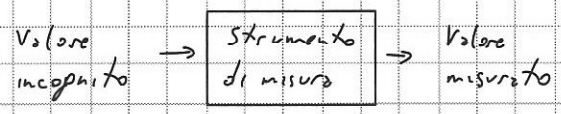
- **Concetto da sapere**: c'è un campione di riferimento che viene tarato su degli standard primari e secondari

- Schema a blocchi del processo di misura: sistema di misura



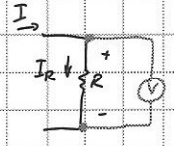
  - Sensori/trasduttori: convertono una grandezza fisica in una elettrica-> passo dal mondo fisico al mondo elettronico
  - Condizionamento: il segnale elettrico necessita di una pulizia; condiziona il segnale per renderlo adeguato al blocco di elaborazione(filtraggio, linearizzare il segnale)
  - Elaborazione: assegna un valore al segnale in ingresso(valore efficace o valore medio ad es)

- Classificazione sistemi di misura
  - **Strumento di misura**: dispositivo che associa ad una certa grandezza fisica una qualche sua rappresentazione adatta a fornire informazioni sulla grandezza in questione (ad es amperometro, voltmetro, oscilloscopio etc)
  - **Strumento di stimolo**: stimola il misurando in una condizione nota e imposta dall'utente, è essenzialmente un generatore di segnale di prova o di riferimento (ad es generatori di forme d'onda, oscillatori etc)
  - **Strumento composto**: comprendono entrambe le caratteristiche appena dette



- Es: voglio calcolare la frequenza di polo di un filtro RC-> so che in corrispondenza di questa frequenza il modulo diminuisce di 1/radice(2): devo quindi usare uno strumento di stimolo (segnale a frequenza variabile ad ampiezza fissa che utilizzo per stimolare la rete RC) e lo strumento di misura per leggere il risultato-> in questo caso quindi abbiamo utilizzato uno strumento composto
- L'effettuarsi di una misura comporta sempre un dispendio di energia
  - **Strumento passivo**: assorbe energia dal sistema sotto misura; se il misurando perde energia. Se prelevo troppa energia dal sistema di misura vado a perturbare la misura(devo stare attento) ||strumento di misura

  es:



Voltmetro: idealmente non preleva corrente $\rightarrow V_m = R \overset{I_R}{\overset{\|}{I}}$

→ se voltmetro non ideale e prendo caso che voltmetro assorba $\frac{I}{2}$ abbiamo un'impedenza interna del voltmetro pari a R ⇒ misura non corretta

  - **Strumento attivo**: fornisce energia al sistema sotto misura; devo fare attenzione alla potenza massima che applico(ad esempio per una R è circa 1/4W) perché se la supero rischio di danneggiare il misurando ||strumento di stimolo
  - **Strumento a bilanciamento**: non assorbe ne fornisce energia ma ne rivela l'assenza di scambio col resto del circuito
- Oss: una qualche forma di scambio energetico dovrà pur sempre avvenire a carico di un qualche componente del circuito

- L'operazione di misura è intrinsecamente affetta da errori di misura. Questo errore può essere dovuto al campione primario di riferimento ma anche dovuto al sistema di misura-> devo conoscere il limite entro il quale posso fare la misura
  - Esempio: nel diodo se in inversa ho una corrente di 1nA è un diodo non buono (deve essere nell'ordine del pA)
  - Se ho un sistema di misura e lo strumento di misura ideali (non affetti da errore) commetto comunque un errore non nullo perché si hanno delle interferenze dovute all'ambiente di misura

- Quindi voglio stimare l'errore che commetto
- Tutti gli strumenti di misura sono caratterizzati da dei parametri di merito
  - Errore di misura

Errore vero (Assoluto) → $\varepsilon \triangleq V_m - V_t$ (valore misurato − valore vero)

Errore relativo → $\varepsilon_r \triangleq \left|\frac{\varepsilon}{V_t}\right|$

  - Accuratezza: errore massimo commesso dallo strumento nel compiere una misura ||è il parametro più importante

$A \triangleq \varepsilon_{MAX}$

master copy

    - Spesso viene data come x% del fondo scala(FS) di misura → $A = x\% \; FS$

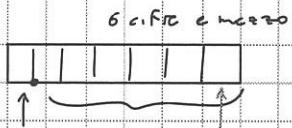
es: Voltmetro $A = 1\% \; FS$

V_{MAX}	A
FS = 1 V	10^{-2} V
10 V	0.1 V
100 V	1 V

master copy COPISTERIA

    - Viene data sennò anche come %Vm (del valore misurato), oppure anche come %counts ovvero:

es: Display



||un count è la variazione della cifra meno significativa

ipotizzo $1\,V = V_{MAX}$

1.000000 → count = 1 μV

A = 1 count = 1 μV

A = 3 count = 3 μV

  - Risoluzione: è la minima frazione del fondo scala che può essere misurata; è un numero puro ||2° parametro più imp.

$R = \frac{\Delta V}{FS}$ (ΔV → minima variazione)

master copy

→ nell'es di prima, se FS = 1 V la minima variazione è 1 μV ⇒ $R = \frac{1\mu V}{1V} = 10^{-6}$

→ se FS = 10 V → $R = \frac{10\mu V}{10V} = 10^{-6}$

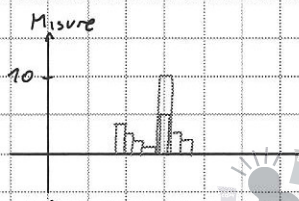
    - Quindi la risoluzione è definita rispetto ad un fondo scala (ad esempio nel display R è pari a 6 e mezzo)
  - Oss: l'accuratezza non mi basta perché mi da solo una maggiorazione dell'errore massimo che commetto
  - Sensibilità: è la minima variazione in assoluto che posso apprezzare con lo strumento(risoluzione con il fondo scala minimo). Se poi questa variazione è significativa o no me lo dice l'accuratezza ||3° parametro più importante

$S \triangleq \Delta V_{min}$

1/03/19

Riassunto

- Processo di misura-> sistema di misura -> parametri che lo caratterizzano:
  - Accuratezza $A \triangleq \varepsilon_{MAX}$
  - Risoluzione $R \triangleq \Delta X / FS$
  - Sensibilità $S \triangleq R|_{FS_{min}}$
  - Precisione
    - Uno strumento si dice preciso se facendo misure ripetute si ottiene sempre il solito valore



• Strumento preciso
• Strumento poco preciso

master copy

- È definita come 1 - lo scostamento della misura j-esima rispetto al valor medio

$$P(x_j) = 1 - \left| \frac{x_j - \bar{X}}{x_j} \right|$$

$\rightarrow x = \{1, \dots, J\} \rightarrow$ calcolo $\bar{x} = \langle x_j \rangle$

master copy

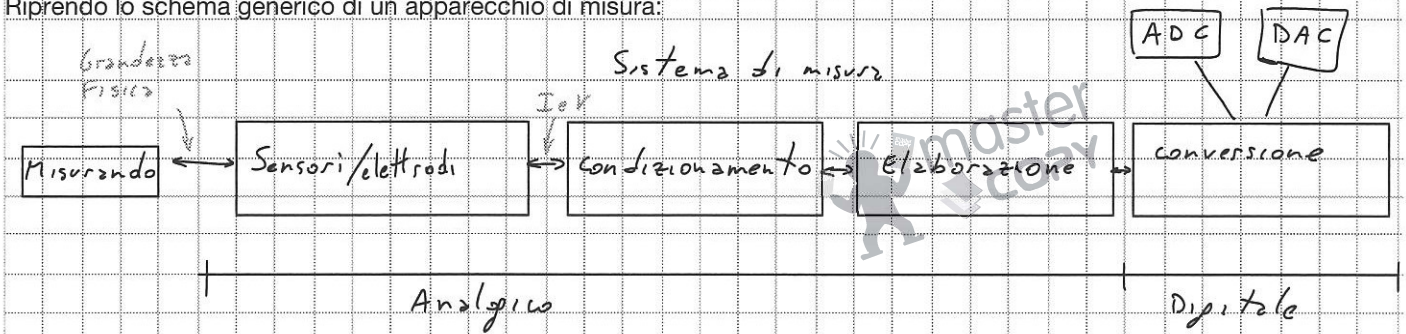
caso ideale $\rightarrow P_{ideale} = 1$

caso non ideale $\rightarrow P_{non\ ideale} < 1$

- Uno strumento preciso è anche accurato? Non necessariamente, se prendo uno strumento che presenta un offset ho un errore tra la misura reale e quella ideale
- Uno strumento accurato è anche preciso? Si perché l'accuratezza è l'errore massimo che si commette e se lo strumento è molto accurato allora l'errore che si commette è piccolo per cui per quanto possono essere distribuite le misure l'errore massimo è piccolo e ho allora una buona precisione
- Quindi accuratezza comporta precisione ma non il viceversa

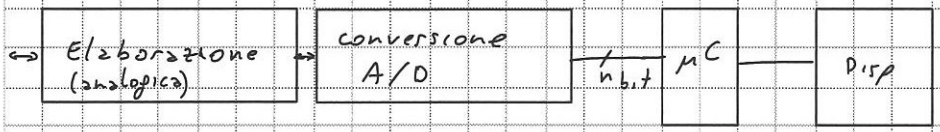
CONVERTITORI A/D

Riprendo lo schema generico di un apparecchio di misura:

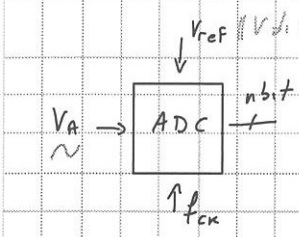


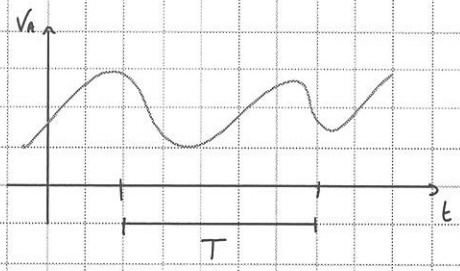
master copy

Analizzo:



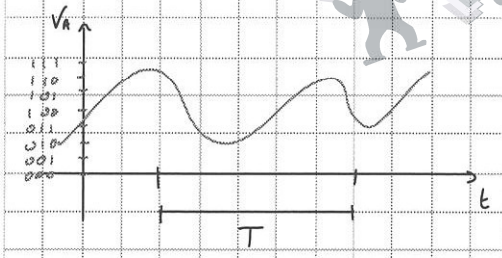
- Cosa fa un ADC: prende in ingresso un segnale analogico(segnale che preso in un intervallo di tempo T può assumere un numero infinito di valori)





Numero di livelli → $M = 2^n$

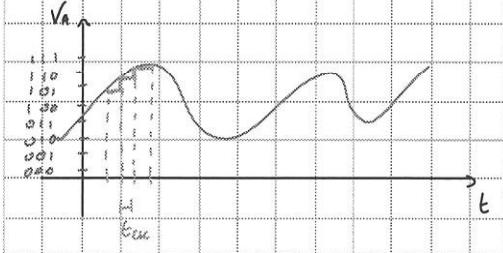
→ se n = 3 ho 8 livelli



→ Fare una conversione ADC mi comporta un errore di misura perché rappresento un numero ∞ di valori con un num finito (∝ n° bit) → diminuisco l'errore aumentando il num dei bit e quindi ho un'accuratezza migliore

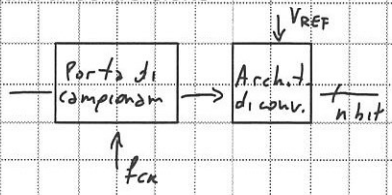
Frequenza di campionamento: deve essere tc sia in grado di dire al sistema di prelevare un campione

Nel procedimento di conversione AD devo tenere fermo il dato a quel valore per il tempo necessario al sistema, quindi commetto un errore perché il segnale su cui sto lavorando non è più il segnale tempo continuo ma è un segnale sempre analogico ma tempo discreto



Schema a blocchi ADC

- Serve un circuito che prende in ingresso un dato analogico e mi dia in uscita un dato digitale e questo prende il nome di architettura di conversione



- Con la porta di campionamento posso tenere fermo il dato quando devo convertirlo
- Per il teorema di Nyquist ho una limitazione sulla frequenza di campionamento (deve essere due volte la frequenza del segnale)-> per risolvere questo problema metto un filtro passa basso con frequenza di taglio a $f_{CK}/2$ prima della porta di campionamento

