master COPY

Tuesday, 25 May 2021

prof. Barillaro e prof. Basso

Macro argomenti strumentazione

1. Misure Elettroniche (9 pg)
2. Convertitori ADC (20 pg)
   - Parametri statici
   - Flash
   - Pipeline
   - Integrativa a doppia rampa
   - Parametri dinamici
3. Convertitori DAC (4 pg)
   - Resistenze pesate
   - Ladder
4. DMM (24 pg)
   - Attenuatori DC (2 architetture)
   - Attenuatori AC
   - Compensazione
   - Raddrizzamento del segnale
   - Estrattore di valore efficace
   - Rumore Elettronico
   - Misure di corrente con DMM
     - Metodo della resistenza di Shunt
     - Metodo con amplificatore trans-resistivo
   - Misure di resistenze con DMM
     - Metodi a tensione impressa
     - Metodi a corrente impressa
5. Strumentazione ad alta sensibilità (18 pg)
   - Elettrometro
     - Modalità Voltmetro
     - Modalità Amperometro
     - Modalità Ohmetro
     - Modalità Columbimetro
   - Cavo coassiale
   - Cavo triassiale
   - Microohmetro
   - Rumore negli amplificatori
   - Nanovoltmetro

master COPY

master COPY

Tuesday, 25 May 2021

6. Source Measure Unit (SMU) (3 pg)
    - Modalità Vforce/ I measure
    - Modalità I force/ V measure
7. Frequenzimetri (3 pg)
8. Oscilloscopio (16 pg)
    - Analogico
    - Digitale
        - ✦ Interpolazione
        - ✦ Memoria (dati e video)
        - ✦ Campionamento
        - ✦ Trigger
        - ✦ Attenuatore
        - ✦ Sonde
        - ✦ Altre info varie
9. Fasometri (3 pg)
    - Fasometro a contatore
    - Fasometro con FF-SR
    - Fasometro con Xor
10. Analizzatori di spettro
    - Analizzatore di spettro a scansione
    - Analizzatore di spettro a doppia scansione
    - Analizzatore di spettro a banco di filtri
11. Sintetizzatori di frequenza

domande d'esame delle due prof. a caso

1) Adc integrativo doppia rampa: cos'è l'offset sue comparatore produce errore di conversione?
2) Come si realizza un dac bipolare?
3) Effetti sull'uscita del dac del generatore di corrente e tensione di offset
4) Realizzare un dac a 3bit con amp di strut non inverting
5) Minima f FPB integrabile? (minima C)
6) Cosa esiste una Rx min misurabile come metodo a corrente impressa e OHM
7) A cosa serve LPF numerico nel dac?
8) Come nel sintetizzatore di f digitale devo reset in memoria ricomincio da un intero periodo o basta un pezzo di periodo?

MISURE ELETTRONICHE

- operazione di misura: associa ad misurando il numero ottenuto confrontandolo con un campione di riferimento. L'associazione è effettuata dal sistema di misura
- Il processo di misura è intrinsecamente affetto da errori → non idealità campione
  → non idealità strumento
  → segnali di disturbo

Blocchi

misurando → | trasduttore | → | condizionamento | → | elaborazione | → | visualizzazione | → utente

trasduttore: trasforma il misurando in segnale elettrico
condizionamento: filtraggio/amplificazione → migliora il segnale per il blocco successivo
elaborazione: estrae grandezza di interesse (eventuale presenza di D/A, A/D)
visualizzazione: apparato per utente

master COPY

Classificazione strumenti di misura

- di misura / stimolo / compositi: → scollegato e poi misurano (es. ohmetro $R=\frac{V}{I}$)
  - misurano in senso proprio (amperometro, voltmetro)
  - generatori di forme d'onda / di prova
- passivi / attivi / a bilanciamento → assenza di scambio energetico con il resto del circuito
  - assorbono energia dal sistema sotto misura (cavo umbilicale)
  - forniscono energia

master COPY

Parametri di misura

- ERRORE ASSOLUTO: differenza tra il valore misurato dallo strumento V_m e il valore vero V_t della quantità sotto misura

  $\varepsilon = V_m - V_t$

- ERRORE RELATIVO $\varepsilon_r = \left|\frac{\varepsilon}{V_t}\right|$
- ERRORE PERCENTUALE $\varepsilon\% = \varepsilon_r \cdot 100$
- ACCURATEZZA data una stima della vicinanza tra V_m e V_t e può essere espressa come:

  1) Percentuale del fondo scala $|\varepsilon|_{MAX} = A \cdot F_s$ (indipendente da V_m)
  2) Il valore misurato più n cent $A = \%\cdot V_M \cdot$ in cent

→ Da 1 segue che: $\varepsilon_r = \left|\frac{A \cdot F_s}{V_t}\right|$ per ridurre l'errore relativo usando il minimo fondo scala compatibile

→ Da 2 segue che:

• **ACCURATEZZA** → consente una stima tra V_m e V_t e può esser fornita come:

1) $\boxed{A = \% \cdot FS} \Rightarrow |\varepsilon_{max}| = A \cdot FS$ indipendente da V_m

$$\varepsilon_r = \frac{|\varepsilon|}{V_t} = \frac{|A \cdot FS|}{V_t}$$ per diminuire ε_r e $\varepsilon\%$ conviene scegliere il minor fondo scala compatibile con la misura

2) $\boxed{A = y\% \cdot V_m} \Rightarrow$ dà info sull'errore commesso nel misurare uno specifico V_m indipendentemente da FS

$$\varepsilon_r = \frac{y\% \cdot V_m}{V_m} = y\%$$ → è una maggiorazione dell'errore relativo

3) $\boxed{A = n \cdot count} \Rightarrow$ info su errore che lo strumento introduce sulla misura indipendentemente da V_m e FS

↓ più piccola variaz. rappresentabile dallo strumento (in assoluto)

• **PRECISIONE** → quantifica l'attitudine dello strumento a fornire una stessa quantità su misure fatte in momenti diversi. Da un'idea della dispersione dei V_m rispetto al valor medio

$X \triangleq \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ n → n° di misure dello stesso V_t in $t \neq$

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} x_j$$ valor medio ⇒ $\boxed{P(x_i) = 1 - \left|\frac{x_i - \bar{x}}{x_i}\right|}$

$P(x_i) = 1$ idealmente in quanto $x_i = \bar{x}$ ⇝ non si discosta dal valor medio

→ Precisione non implica accuratezza (da sempre V_m ma non è detto che sia corretto)

→ Accuratezza implica precisione (ε_{max} piccolo quindi $P = 1$)

• **RISOLUZIONE** → Minima frazione del fondo scala che è in grado di determinare una variazione rilevabile dallo strumento $R = \frac{\Delta V_{min}}{FS}$

• **SENSIBILITÀ** → Minima variazione in assoluto della quantità sotto misura che provoca una variazione rilevabile dallo strumento

$S = R \cdot FS$ $S = \frac{\Delta V_m}{\Delta V_t}$ $\boxed{S = count}$ per sistemi digitali

CLASSIFICAZIONE ERRORI

• **SISTEMATICI** → tendono a mantenersi costanti rispetto alla ripetizione della misura. La regolarità permette la loro compensazione.

- di offset: quando $|\varepsilon_{max}|$ si mantiene cost.
- di scala: quando $\varepsilon\%$ si mantiene cost.
- di carico: dipende $Z \neq \infty$

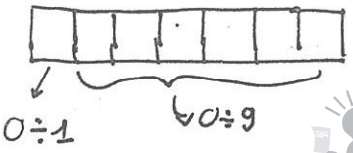
cause: difetto di costruzione/calibrazione; uso improprio; offset...

- CASUALI → variano in maniera aleatoria (si contrappongono concettualmente a quelli sistematici)

cause → rumore elettrico
→ interferente

- GRAVI → derivano da cattivo uso da parte di operatore o malfunzionamento

MULTIMETRO A 6 1/2 CIFRE



FS del multimetro	
FS = 100V	100.0000
FS = 10V	10.00000
FS = 1V	1.000000
FS = 0,1V = 100mV	100.0000
FS = 0,01V = 10mV	10.00000
FS = 0,001V = 1mV	1.000000

count = 1nV → si ha ad ogni variazione dell'ultima cifra sul FS minimo

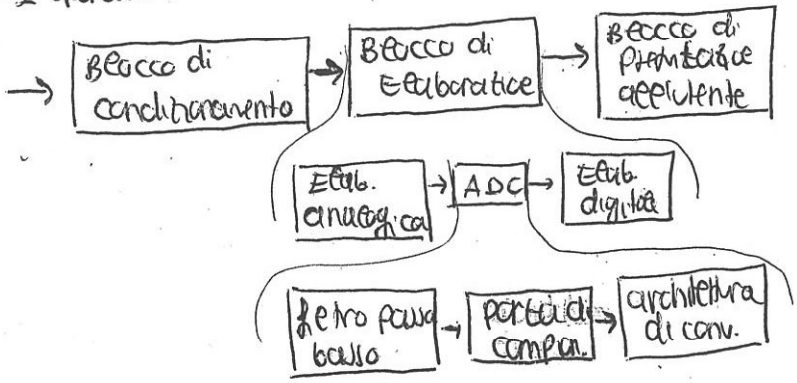
1mV 1.000000 = 1nV

$R = \frac{\Delta V_{min}}{FS} = 10^{-6}$ su tutti FS

master COPY

CONVERTITORI ANALOGICO/DIGITALI (ADC)

- Riceve in ingresso una tensione analogica Vin e in corrispondenza di istanti scanditi da un segnale di clock produce una stringa di n bit (codifica del segnale in ingresso)
- La funzione di conversione non è biiettiva: a ogni Vin corrisponde un solo codice ma non viceversa
- L'operazione di convertire è intrinsecamente affetta da errore (dipende da n e fck)



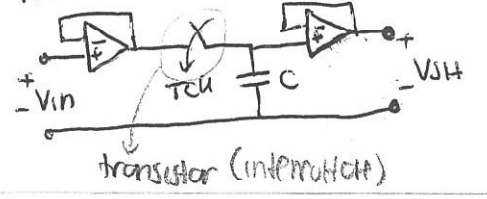
- filtro passa basso → per rispettare condizione di Nyquist fck ≥ 2fsmax
  ie filtro taglia a $f_H \leq f_{ck}/2$
- architettura di conversione
  Tck ≥ Tconv

master COPY

PORTA DI CAMPIONAMENTO

- Ha in ingresso un segnale analogico tempo continuo e produce in uscita una analogica tempo discreto
- Fatto un campionamento, mantiene in uscita il valore costante finché campionamento successivo

ARCHITETTURA 1



Buffer → servono per rispettare i requisiti sulle impedenze

Zout → ∞ in modo che C si scarichi lentamente e mantenga l'info del dato campionato

Zin → 0 in modo che si carichi velocemente e inizi subito a inseguire il segnale