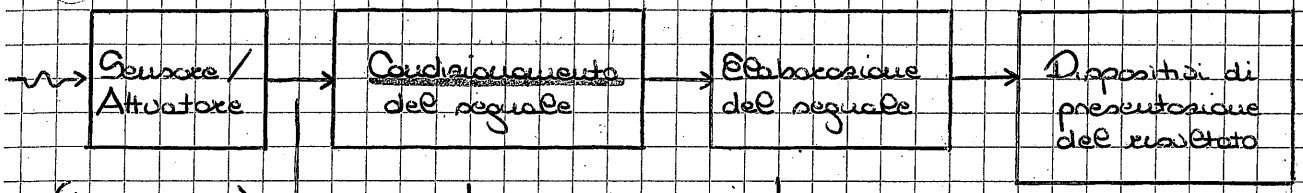
→ MISURE ELETTRONICHE E STRUMENTAZIONI

Misura = processo che associa a una certa quantità, detta misurando, il valore ottenuto confrontandola con un'altra assunta come riferimento e definita standard di riferimento o campione

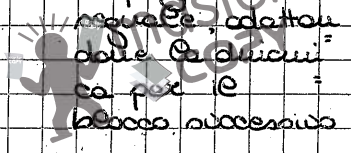


(trasduttore) V, I

↓ trasforma una grandezza fisica in elettrica (e' attuatore agisce in senso inverso)

↓ attenua o amplifica il segnale, adatta esso ai circuiti a valle successivi

↓ estrae l'informazione d'interesse (contiene ADC / DAC)





Strumento
- di misura = associa a una grandezza fisica una sua rappresentazione atta a fornire informazioni sulla grandezza
- di attuata = è in grado di generare un segnale di riferimento che ci permette di fare le misure → es generatore di forme d'onda
- campione = una un segnale di prova per sollecitare un oggetto e misurarne una grandezza d'interesse

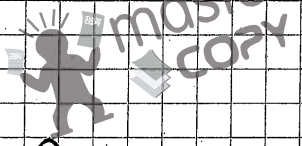
Strumento di misura
- attivo = fornisce energia → rischia di scaldare troppo la sorgente
- passivo = assorbe energia dalla sorgente ("carica" il circuito)

→ e bidirezionale (caso ideale) = non assorbe né eroga energia

→ Errori di misura

V_M = valore misurato
V_T = valore vero, cioè rilevato da uno strumento ideale

- Assoluto: $\mathcal{E} \triangleq V_M - V_T$
- Relativo: $\mathcal{E}_r \triangleq \left| \frac{V_M - V_T}{V_T} \right|$
- Percentuale: $\mathcal{E}\% \triangleq 100 \cdot \left| \frac{V_M - V_T}{V_T} \right| = 100 \cdot \mathcal{E}_r$



- **Accuratezza (A)** = quantifica l'affidabilità dello strumento stesso
  - A = percentuale di FS (fondascala = massimo valore della grandezza in questione misurabile con quello strumento

$|\mathcal{E}| = A \cdot FS$ → maggiorazione di $\mathcal{E}$

  - A = percentuale della lettura V_M (± un certo # di cifre)

$A = x\% \cdot V_M \pm y\% \cdot FS$

- A = definita in parti per milione (ppm)

$1\ ppm = 10^{-6} x = 0.0001\% x$

- **Risoluzione** = minima frazione del FS che determina una variazione rilevabile dallo strumento

$$R \triangleq \frac{x}{FS} \quad \text{(adimensionale)}$$

(Se accoppio il minor FS che contiene il misurando, ε_r diminuisce)

$$\varepsilon_r \triangleq \frac{\varepsilon}{V_T} \leq \frac{\varepsilon_{max}}{V_T} = \frac{A \cdot FS}{V_T}$$

- **Sensibilità** = minima variazione associata apprezzabile dallo strumento

$S = R \cdot FS$ → deg. alterativa: $S \triangleq \Delta V_M / \Delta V_T$ (strum. analogici)

- **Precisione** = quantifica l'attitudine dello strumento a fornire una misura stabile rispetto alla ripetizione dell'operazione della misura stessa

$$P(x_j) \triangleq 1 - \left| \frac{x_j - \bar{x}}{x_j} \right| \quad \text{con} \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} x_j \quad \text{(valor medio di N misure)}$$

Uno strumento ideale ha precisione $1\ (x_j = \bar{x})$

ACCURATO $\Longrightarrow$ PRECISO

$\not\Longleftarrow$

Errori:
- Sistematici: - errore di offset (ε costante)
  - errore di scala (ε% costante)
  - errore di carico (l'impedenza dello strumento determina dispersione)
- Casuali: - rumore elettrico (fluttuazioni di tensione e/o corrente a seguito di fenomeni fisici)
  - interferenze (fattori di disturbo esterni al sistema di misura)
- Gravi

→ Standard e unità di misura

Sono codificati in base a convenzioni messe a punto dal CGPM (Conférence Générale des Poids et Mesures)

Standard prototipo: oggetto reale → cubo di platino-iridio per definire il Kg

Gli altri standard sono realizzati tramite esperimenti e quindi riproducibili in quanto il risultato dipende da costanti fisiche universali

S.I. →	metro	m
	chilogrammo	Kg
	secondo	s
	ampère	A
	Kelvin	K
	mole	mole
	candela	cd

master COPY

metro → Lunghezza percorsa dalla luce nel vuoto in 1/299792458 s

secondo → durata di 9192631770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra 2 livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di Cesio 133

ampère → intensità di corrente che, percorrendo due conduttori rettilinei paralleli, genera tra i 2 una forza pari a $2 \cdot 10^{-7}$ N · m

Kelvin → 1/273.16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua

mole → quantità di sostanza equivalente al # di atomi in 0.012 Kg di carbonio 12

candela → intensità luminosa di una sorgente che emette una radiazione monocromatica ad una frequenza di $540 \cdot 10^{12}$ Hz caratterizzata da intensità di radiazione pari a 1/683 Watt/steradiante

Standard internazionali — intrinseci / prototipo

↓

Standard primari → campione che non necessita di alcun riferimento per la calibratura

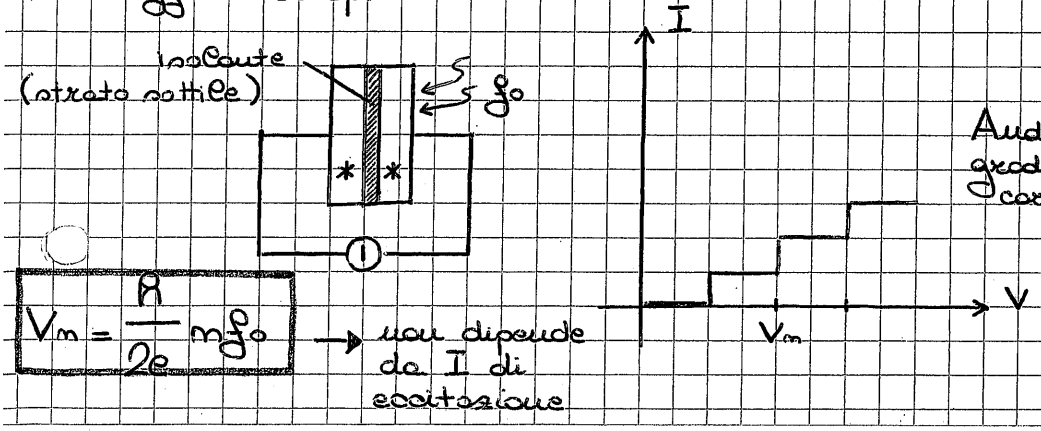
↓

Standard secondari → usati come standard di trasferimento, devono periodicamente confrontato con uno primario

↓

Standard di lavoro → usato per calibrare gli strumenti di lavoro

Lo standard di tensione è definito tramite un esperimento basato sull'effetto Josephson

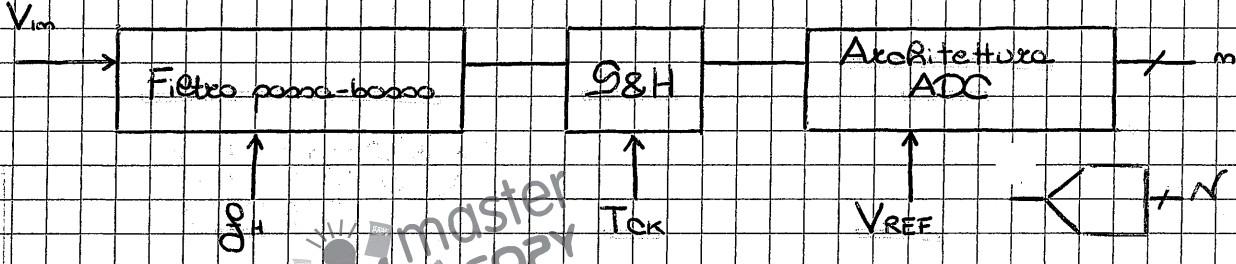


$$V_m = \frac{R}{2e} m f_0$$ → non dipende da I di eccitazione

* Superconduttore YBCO : al di sotto della sua temperatura di transizione (92 K) non offre resistenza al passaggio di corrente

↳ Permette il sistema con una banda a frequenza $f = 1 \div 100\ GHz$

→ Sistemi di conversione A/D (ADC)



Dinamica d'ingresso = intervallo $[V_{min}; V_{max}]$ entro cui il convertitore A/D funziona

b_0 → LSB (least significant bit)
b_{m-1} → MSB (most " ")

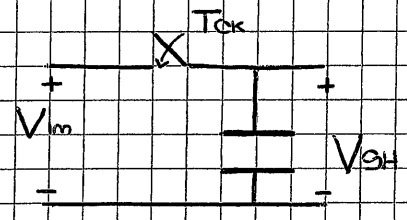
Il filtro passa-basso definisce la massima frequenza delle segnale da convertire → riduce le componenti spettrali

S&H (Sample & Hold) → Campionatore, fa sì che il segnale in ingresso all'ADC sia stabile

Criterio di Nyquist = per ricostruire il segnale occorrono almeno 2 campioni per periodo

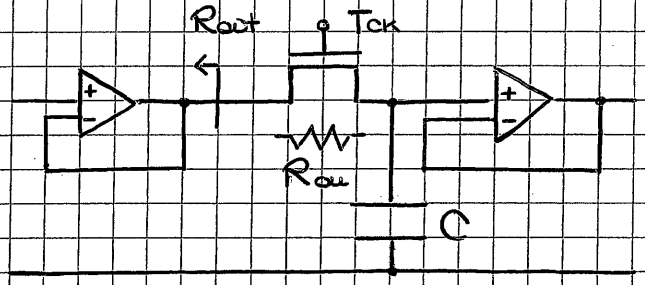
$f_H = \frac{f_{CK}}{2}$ (caso reale: $f_H = 0.4 \cdot f_{CK}$) $\quad f_{CK} = 2 f_{max}$

→ Rete di campionamento (S&H)



→ quando l'interruttore è chiuso, l'uscita (V_{SH}) è uguale all'ingresso (V_{in}) => FASE DI TRACK

→ quando l'interruttore si apre, l'uscita rimane costante sull'ultimo valore acquisito => FASE DI HOLD

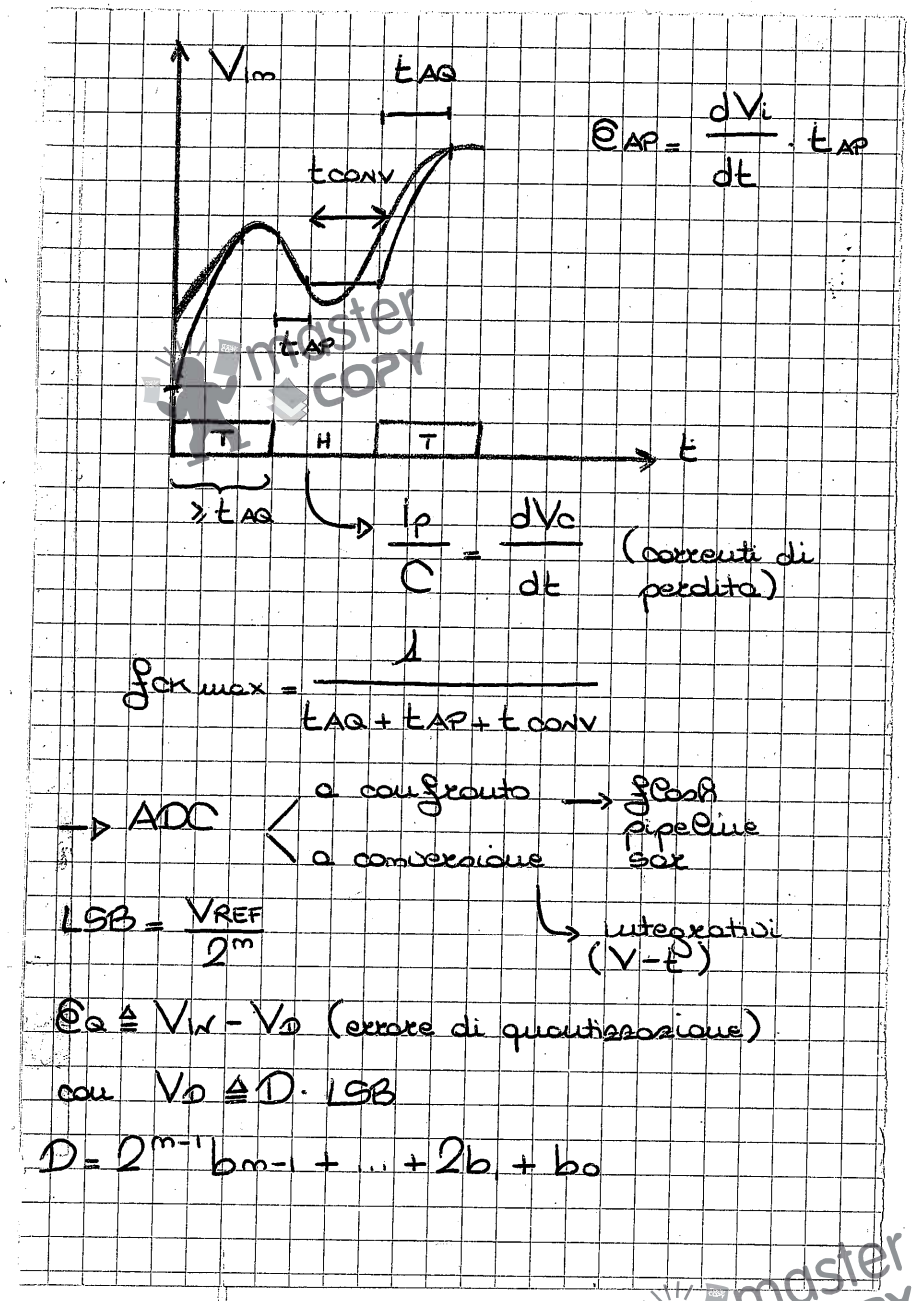


In questo modo, il condensatore vede $R_V = \infty$ a valle ed $R_V = 0$ a monte

Il condensatore si carica secondo τ:

$\tau = (R_{out} + R_{on})C$

$R_V = \infty$ a valle → non si scarica
$R_V = 0$ a monte → non si carica



$$\varepsilon_{AP} = \frac{dV_i}{dt} \cdot t_{AP}$$

$$\frac{I_p}{C} = \frac{dV_c}{dt}$$ (correnti di perdita)

$$f_{CK\,max} = \frac{1}{t_{AQ} + t_{AP} + t_{CONV}}$$

→ ADC
- a conteggio → f_{CLOCK}
- a conversione → pipeline, sar
  - → integrativi (V-t)

$$LSB = \frac{V_{REF}}{2^m}$$

$\varepsilon_q \triangleq V_{IN} - V_D$ (errore di quantizzazione)

con $V_D \triangleq D \cdot LSB$

$D = 2^{m-1} b_{m-1} + \dots + 2b_1 + b_0$

master COPY