RIPASSO

1a

• INCERTEZZE
- TIPO A: DERIVANTI DALLE MISURE RIPETUTE
- TIPO B: DERIVANTI DALLO STRUMENTO UTILIZZATO ~> STUDIATE

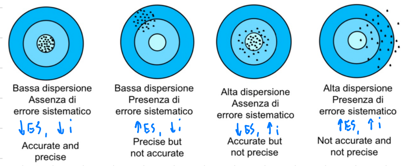
• $X_{misura} = \bar{x} \pm \sigma_A \pm \sigma_B$ / $\underset{\text{DEV. STANDARD}}{\sigma_A} = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i-\bar{x})^2}$ TIPO A

↳ PUÒ ESSERE 0, $\sigma_B \neq 0$ SEMPRE

TIPO B [• σ_B = INCERTEZZA STRUMENTALE : $\pm\left(\%\text{ LETTURA}\cdot X_{val.\,letto} + \%\text{ FONDO SCALA}\cdot X_{FS}\right)$ ~> FORMULA BINOMIA

• $X = (\bar{x}\pm\delta x) = \bar{x}\left(1\pm\frac{\delta x}{\bar{x}}\right)$ / δx : INCERTEZZA ASSOLUTA SU X; $\frac{\delta x}{x}$: ERRORE RELATIVO, ε_r

↳ MAX 2 CS!



• INCERTEZZA : TIPO A, B

• ERR. SISTEMATICO : DEVIAZIONI NOTE DAL VAL. CONOSCIUTO, PUÒ ESSERE CORRETTO

SI SOMMANO SEMPRE — TRASCURABILE

• INCERTEZZA DELLA SOMMA/DIFFERENZA: $Y = a \pm b \rightarrow Y \pm \delta Y = a \pm b + \delta a + \delta b$

• INCERTEZZA DEL PRODOTTO: $Y = a\cdot b \rightarrow Y + \delta Y = (a+\delta a)(b+\delta b) = ab + b\,\delta a + a\,\delta b + \delta a\,\delta b$

↳ VALE ANCHE PER LA DIVISIONE

ALTRO MODO:

~> PER LE MISURE INDIRETTE: RICAVATE DA ALTRE GRANDEZZE

-> SVILUPPO IN SERIE DI TAYLOR:

METODO DETERMINISTICO

$$Y = a\cdot b \rightarrow Y(a,b) = Y(a_0,b_0) + \left|\frac{dY}{da}\right|\underbrace{\delta a}_{(a-a_0)} + \left|\frac{dY}{db}\right|\underbrace{\delta b}_{(b-b_0)}$$ ~> INCERTEZZA

$$\left(\text{es. } R = \frac{V}{i} \rightarrow \delta R = \left|\frac{dR}{dV}\right|\delta V + \left|\frac{dR}{di}\right|\delta i = \frac{1}{i}\delta V + \frac{V}{i^2}\delta i\right)$$

-> SI PUÒ RICAVARE CHE:

$$\text{SIA } Y = a\cdot b \rightarrow \varepsilon_r(Y) = \frac{\delta Y}{Y} = \frac{a\,\delta b}{ab} + \frac{b\,\delta a}{ab} = \frac{\delta a}{a} + \frac{\delta b}{b}$$ ~> PER IL PRODOTTO DI MISURE SOMMO GLI ε_r

↳ PIÙ COMODO

• $Y = a^n \rightarrow \frac{\delta Y}{Y} = n\cdot\frac{\delta a}{a}$

• <u>DETERMINAZIONE MISURA:</u>

1) CALCOLO L'INCERTEZZA
2) APPROSSIMO δx CON 2 CS
3) TRONCO IL VALORE DELLA MISURA IN MODO CHE SIA COERENTE CON δx

es. SLIDE 59/80

$$T = 2\pi\sqrt{L/g} \rightarrow \frac{L}{g} = \frac{T^2}{4\pi^2} \rightarrow g = 4\pi^2\frac{L}{T^2} \simeq 9{,}809\ \frac{m}{s^2}$$

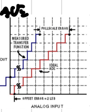
$$\delta g = \left|\frac{dg}{dL}\right|\delta L + \left|\frac{dg}{dT}\right|\delta T = 4\pi^2\left(\frac{1}{T^2}\cdot 0{,}02\,m + 2LT^{-3}\cdot 0{,}005\,s\right) = \overbrace{\frac{4\pi^2\cdot 0{,}02}{1{,}986^2}}^{\simeq 0{,}2} + \overbrace{\frac{4\pi^2\cdot 2\cdot 0{,}98}{1{,}986^3}\cdot 0{,}005}^{0{,}049}$$

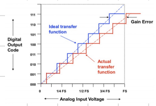
2a • L'OSCILLOSCOPIO DIGITALE :

• OSCILLOSCOPIO ANALOGICO :

• FSR (FULL SCALE RANGE) = $V_{max} - V_{MIN}$

• TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO : $f_c \geq 2 f_{max,\,segnale} = 2B$ ⤳ BANDA SEGNALE





• ACQUISIZIONE DATI :

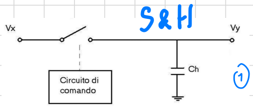
• POSSIBILI CAUSE DI INCERTEZZA IN AD : INCERTEZZA DI OFFSET (E_0), INC. DI GUADAGNO (E_g), NON LIN, ERRORI LIN. (E_d/E_l)

• QUANTIZZAZIONE: SUDDIVISIONE DEI VALORI IN INT. ELEMENTARI DI AMPIEZZA q

• RISOLUZIONE: q → QUANTITÀ MIN APPREZZABILE

→ INC. DI QUANTIZZAZIONE : $S_{originale}(t) - S_{digitale}(t)$ ⤳ IN GENERALE 8 BIT BASTANO PER UNA BUONA RIS. ⤳ $256 = 2^8$ intervalli

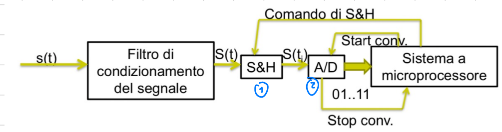
S&H



• S & H (SAMPLE AND HOLD) : MEMORIZZO IL VALORE DEL SEGNALE A t_i E LO MANTENGO COSTANTE FINO AL SUCCESSIVO S a t_{i+1} ⤳ UTILIZZO C e SWITCH

• CONVERTO IL SEGNALE DOPO S&H TRAMITE CONVERTITORE AD

• TERMINATA LA CONVERSIONE DI AD, LA SEQUENZA DI BIT È MEMORIZZATA NEL PROCESSORE



• OSCILLOSCOPIO DIGITALE :

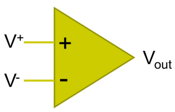
CONTENGONO QUINDI CONVERTITORI AD, IL PIÙ USATO È IL AD FLASH

• CONV. AD FLASH : ⤳ VELOCE

• CONTIENE 2^N RESISTENZE

• " $2^N - 1$ COMPARATORI

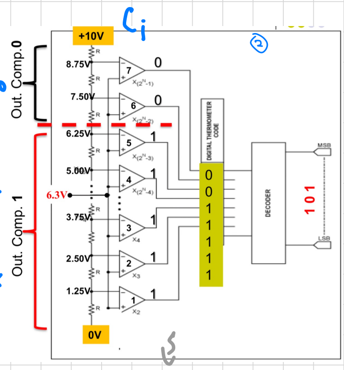
⤳ I $2^N - 1$ COMPARATORI ENTRANO IN UN DECODER DA $2^N - 1$ BIT A N BIT, OTTENENDO IL CODICE DEL VALORE IN ENTRATA



if ($V^+ > V^-$) ⤳ V IN INGRESSO
$V_{out} = 1$
else
$V_{out} = 0$

$$V_i^- = \frac{\sum^i R_i}{R_{tot}} V_{max}$$

C_i



• ↑ RISOLUZIONE → ↓ VELOCITÀ DI CAMPIONAMENTO (E VICEVERSA)   PART. DI V: $V_2^- = \frac{2R}{8R} 20V = 2,5V$

→ PER AVERE ↑ $V_{segnale}$, OGGI SI USANO S&H + A/D FLASH IN //

• INCERTEZZE DI LETTURA : ERRORE DI PARALLASSE, SPESSORE INDICE MOBILE

3a

DSO → OSCILLOSCOPIO DIGITALE

• 3 MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO DSO:

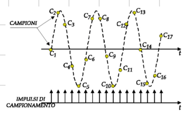
① IN TEMPO REALE (SINGLE SHOT)

② SEQUENZIALE IN t EQUIVALENTE

③ CASUALE IN t EQUIVALENTE

$\}$ SOLO PER SIG. PERIODICI!

① CAMPIONI PRELEVATI CONTINUAMENTE FINO A ESAURIMENTO MEMORIA ($\simeq 20$-25 campioni per T)



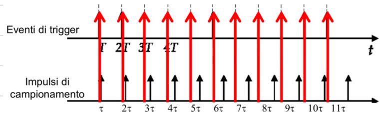
→ USO ALGORITMI DI INTERPOLAZIONE PER RICOSTRUIRE IL SEGNALE INIZIALE

② SFRUTTO LA PERIODICITÀ e $\forall T$ → EVENTO DI TRIGGER DI CAMPIONAMENTO, PER n PASSI

→ NON CAMPIONO IN T, MA IN $T + n\tilde{\tau}$ → DOPO OGNI T, AVRÒ UN CAMPIONAMENTO RITARDATO DI UN MULT. DI $\tilde{\tau}$

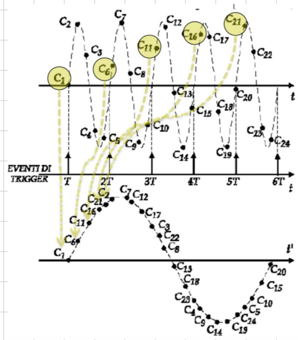
→ SE $\tilde{\tau} \ll$ → f_c MOLTO ALTA

• $T_c = T + \tilde{\tau}$ → $f_c = 1/nT + \tilde{\tau}$



③ DOPO L'ISTANTE DI TRIGGER, ASPETTO UN $\tilde{\tau}$ CASUALE, DIVERSO OGNI VOLTA PER CAMPIONARE

→ CALCOLO $(T + \tilde{\tau}) - T$, RICOSTRUISCO IN SEGUITO IL SEGNALE INIZIALE



• ALIASING:

ERRORE IN CUI SI PUÒ INCORRERE SE NON SI IMPOSTA UNA f_c CORRETTA

→ RISCHIO CHE IL SEGNALE RISULTANTE NON SIA CORRETTO, VISUALIZZO CURVE A f SBAGLIATA

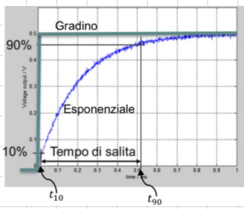
• ALIAS PERCETTIVO: INFO VISUALIZZATA CORRETTAMENTE, MA SBAGLIATA INTERPRETAZIONE

• LEGAME $B \leftrightarrow t_{salita}$:

• $t_{di\ salita} = t_s$: t PER FAR SÌ CHE LA MISURA DI $V(t)$ PASSI DAL $10\%\ V_{max}$ AL $90\%\ V_{max}$

NEI FILTRI RC

→ $t_s = t_{90\%} - t_{10\%} = 2{,}2\,\tilde{\tau} = 2{,}2\,RC$



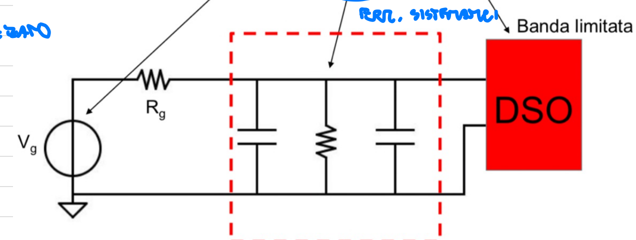
• NEI DSO: $B \cdot t_s = 0{,}35 \div 0{,}5$

→ $0{,}35$ SOLO PER I FILTRI PASSA BASSO, TIPO RC

• $t^2_{s,vis} = \underbrace{t^2_{s,segnale}}_{} + \underbrace{t^2_{s,circuito} + t^2_{s,oscilloscopio}}_{\text{ERR. SISTEMATICI}}$

t_s REALE — $f_T \cdot t_s = 0{,}35$ — $B \cdot t_s = 0{,}35$

VISUALIZZATO SU DSO SCHERMO

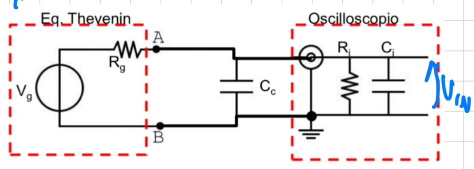


→ $\uparrow B_{segnale}$ → FRONTI DI SALITA PIÙ RAPIDI

• DUTY CYCLE: $D = \dfrac{\tilde{\tau}}{T}$ → DURATA DEL SEGNALE ALTO

• CIRCUITO - OSO : Spiegazione alternativa

CIRCUITO



• OSCILLOSCOPIO:

- $R_i = 1\,M\Omega$ (IMPOSTABILE $50\,\Omega$)
- $C_i = 1 \div 10$ pF
- ATTENUATORE VARIABILE e STADIO AMPLIFICATORE

• COLLEGAMENTO CIRCUITO - OSO : AVVIENE TRAMITE CAVI COASSIALI, $C_c \simeq 80 \div 100 \frac{pF}{m}$

COLL. DIRETTO: POSSIBILI ERRORI DI MISURAZIONE ∵ LIM. IN BANDA

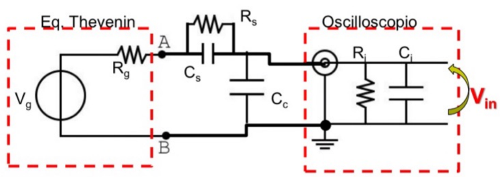
• CALCOLO $H(s) = \left| V_{IN} / V_g \right|$, SEMPLIFICANDO $C_c = 0$ pF :

$$\to H(s) = \frac{R_i // \frac{1}{sC_i}}{R_i // \frac{1}{sC_i} + R_g} \to H(s) = \frac{R_i}{R_i + R_g} \frac{1}{1 + s(R_i // R_g)C_i} \xrightarrow{R_i >> R_g} = \frac{1}{1 + sR_g C}$$

• $f_p = f$ DI POLO DEL FILTRO PASSA BASSO $= \frac{1}{2\pi R_p C_i}$ / $R_p = R_i // R_g$

• SE CONSIDERO $C_c = 100$ pF : ↑ LIM. IN BANDA

$$H(s) = \frac{R_i}{R_i + R_g} \frac{1}{1 + s(R_i // R_g)(C_c + C_i)}$$



• $C_c + C_i$ CAUSA LIMITAZIONE DI BANDA, SE ↑ -> AGGIUNGO C_s e R_s AL CIRCUITO : ↓ LIM. IN BANDA

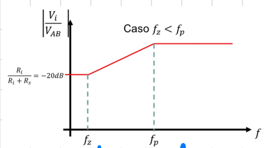
TRASCURO R_i ∵ $R_i // R_g$ / R_g NON CONSIDERO

$$\to C_{eq} \simeq C_s // (C_c + C_i) = \frac{C_s(C_c + C_i)}{C_s + C_c + C_i} << C_c + C_i$$ -> C_s ↦ ↓ LIM. IN BANDA

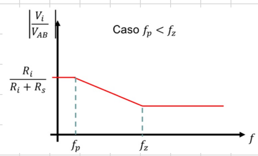
• R_s: C_s NON PERMETTE IL PASSAGGIO DELLA CORRENTE IN DC -> AGGIUNGO R_s / $R_s // C_s$ PARTITORE RESISTIVO-CAPACITIVO

-> OTTENGO UNO ZERO ($\because R_s // C_s$) : $f_z = \frac{1}{2\pi R_s C_s}$

• HO 1 P e 1 Z -> 3 CASI



• $f_z < f_p$



• $f_z > f_p$

• SONDA COMPENSATA : $f_z = f_p$ -> $\frac{1}{2\pi C_s R_s} = \frac{1}{2\pi (R_i // R_s)(C_s + C_i + C_c)}$

• CONDIZIONE DI COMPENSAZIONE DELLA SONDA : $R_s C_s = R_i (C_s + C_c + C_i)$ -> $H(s) = \frac{V_{IN}}{V_{AB}} = \frac{R_i}{R_i + R_s}, \forall f$

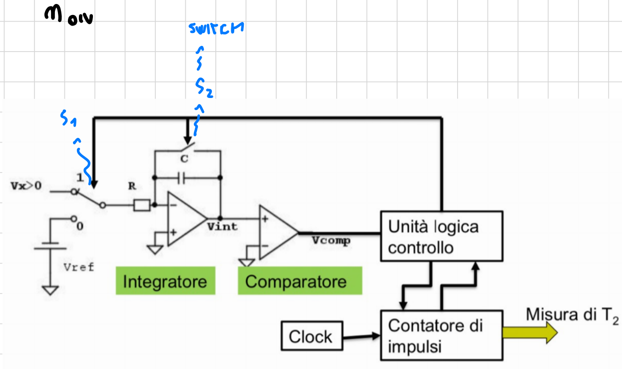
-> SULLE SONDE ESISTE UN TRIMMER DI COMPENSAZIONE, PER OTTENERE $C_s << C_c + C_i$

4 - L'OSCILLOSCOPIO DIGITALE:

$$V_{pp} = K_v \cdot n_{DIV} \rightarrow \frac{\delta V_{pp}}{V_{pp}} = \frac{\delta K_v}{K_v} + \frac{\delta n_{DIV}}{n_{DIV}}$$

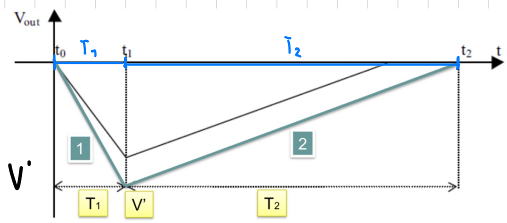
5 - VOLTMETRI NUMERICI:

- **VOLTMETRO A DOPPIA RAMPA:**



- INTEGRATORE: $OUT = -\frac{1}{RC}\int INPUT$ ← V_x DA MISURARE

- FUNZIONAMENTO:



1. $S_1 = 1$ → INTEGRAZIONE DI V_x PER LA DURATA T_1 → SCELTA DALL'OPERATORE

$$\rightarrow V(t) = -\frac{1}{RC}\int_{T_1} V_x \, dt = -\frac{1}{RC} V_x T_1$$

2. $S_1 = 0$ → INTEGRAZIONE V_{REF}, PER T_2 / T_2: Δt TRA QUANDO $S_1 = 0$ E t IN CUI $V = 0$

$$\rightarrow V(t) = -\frac{1}{RC}\int_{T_2} V_{REF} \, dt + \underbrace{V'}_{= -\frac{1}{RC}V_x T_1} = -\frac{1}{RC} V_{REF} T_2 - \frac{1}{RC} V_x T_1$$

- SE CONSIDERO IL LIVELLO $V(t) = 0$ → $-\frac{1}{RC} V_{REF} T_2 - \frac{1}{RC} V_x T_1 = 0 \rightarrow V_x = -\frac{T_2}{T_1} V_{REF}$

- IN 1. SPESSO È PRESENTE UN DISTURBO $n_d(t)$:

$$\rightarrow V_x = V_{x,MISURATO} + n_d(t) = V_{x,MIS} + A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$$

$$\rightarrow \int_0^{T_1} V_x = \ldots = -\frac{V_{x,MIS}}{RC} \cdot T_1 \underbrace{- \frac{1}{RC}\int_0^{T_1} n_d(t) \, dt}_{\text{INCERTEZZA DOVUTO AL DISTURBO}}$$

COME SCELGO T_1 ⤳

- SE $T_1 = n T_d$ / T_d: PERIODO DEL DISTURBO → $n_{d,\text{CONTINUO}} \simeq 0$ → RIESCO A RIDURRE IL DISTURBO

- VOLTMETRO A DOPPIA RAMPA ?:

1. INTEGRO V_x PER T_1 → $V(t) = -\frac{1}{RC}\int_{T_1} V_x \, dt = -\frac{1}{RC} V_x T_1 = V'$

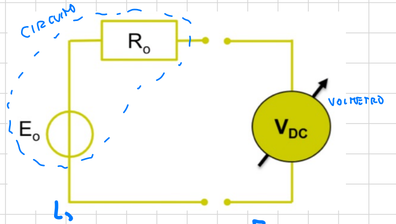
2. INTEGRO V_{REF} FINO A CHE $V(t) = 0$ → $-\frac{1}{RC}\int_{T_2} V_{REF} \, dt + V' = -\frac{1}{RC} V_{REF} T_2 + V'$

→ SE $V(t) = 0$ → $-\frac{1}{RC} V_{REF} T_2 = \frac{1}{RC} V_x T_1$ → $V_x = -\frac{T_2}{T_1} V_{REF}$

- COME SCELGO T_1 ? : CERCO DI RIMUOVERE n_d → $V' \mapsto V' + -\frac{1}{RC} n_d(t) T_1$ ↗ T_d = PERIODO n_d

→ $n_d \simeq 0 \iff T_1 = n T_d$

6 - METODI DI MISURA IN CORRENTE CONTINUA



- ERRORE DI CONSUMO SULLA MISURA X: $\Delta X = X_m - X_{IDEALE}$

MISURATO; STRUMENTO "IDEALE"

VOGLIO MISURARE E_0 DEL CIRCUITO

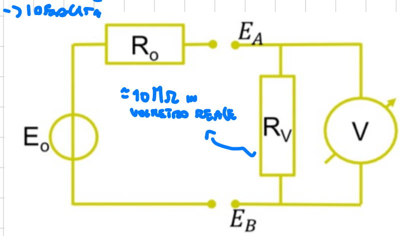
-> MISURARLE IDEALMENTE <=> $R_{in}, V_{DC} \mapsto \infty$

VOLTMETRO:

- MISURA DI E_0 REALE: ~> IN UN CIRCUITO IDEALE: $\nexists R_V$

$$E_m = E_A - E_B = \frac{R_V}{R_V + R_0} E_0 < E_0$$

~> SE $\exists R_V$ -> IDEALITÀ

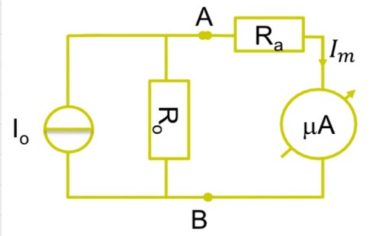


$$\rightarrow \Delta E = E_m - E_0 = -E_0 \cdot \frac{R_0}{R_0 + R_V} \xrightarrow{R_V \mapsto \infty} 0$$

- SE $R_V \gg R_0$: $\frac{\Delta E}{E_0} \approx -\frac{R_0}{R_V}$

AMPEROMETRO:

PRESENZA DI UNA R_a NELL'AMPEROMETRO REALE -> $V_{AB} \neq 0$



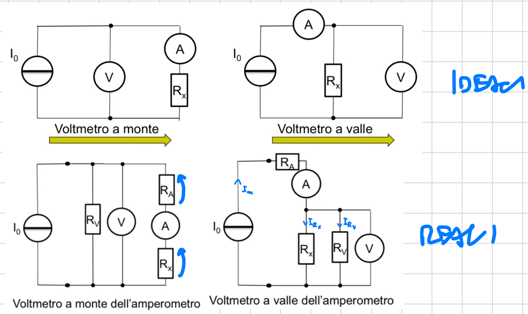
$$I_m = \frac{R_0}{R_0 + R_a} I_0 < I_0$$

~> SE $\nexists I_0$

$$\rightarrow \Delta I = \frac{R_0}{R_0 + R_a} I_0 - I_0 = -\frac{R_{0}}{R_0 + R_a} I_0 \xrightarrow{R_a \mapsto 0} 0$$

MISURA DI R:

METODO "VOLTAMPEROMETRICO": $R_x = \frac{V}{I}$



- I 2 METODI "A MONTE" e "A VALLE" SONO INDIFFERENTI IDEALMENTE
- -> REALMENTE I 2 STRUMENTI PRESENTANO DELLE R INTERNE NON TRASCURABILI -> $\exists$ ERRORI DI CONSUMO

VOLTMETRO A MONTE: ~> IDEALITÀ: $R_a \mapsto 0$

$$R_m = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_{R_x} + V_{R_a}}{I_m} = R_x + R_A$$

~> SERIE R_x, R_a

~> R_V NON INFLUENZA LA MISURA

$$\rightarrow \Delta R = R_m - R_x = R_a$$

-> ERR. SIST. RELATIVO: $\frac{\Delta R}{R_x} = \frac{R_A}{R_x}$

VOLTMETRO A VALLE: ~> IDEALITÀ: $R_V \mapsto \infty$

~> $R_x // R_V$

$$R_m = \frac{V_m}{I_m} = \frac{V_m}{I_{R_x} + I_{R_V}} = \frac{1}{\frac{I_{R_x}}{V_m} + \frac{I_{R_V}}{V_m}} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V}$$

~> R_A NON INFLUENZA LA MISURA

$$\rightarrow \Delta R = R_m - R_x = -\frac{R_x^2}{R_x + R_V}$$

-> ERR. SIST. RELATIVO: $\frac{\Delta R}{R_x} = -\frac{R_x}{R_x + R_V}$

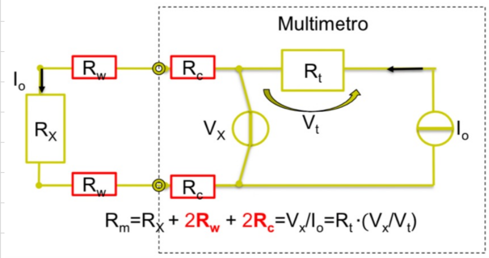
- QUALE METODO UTILIZZARE? ~> CERCO DI MINIMIZZARE ΔR

SIA $r_x \approx \sqrt{R_A R_V}$ -> $\begin{cases} \text{A VALLE}, & R_x < r_x \\ \text{A MONTE}, & R_x > r_x \end{cases}$

~> $R_x = r_x$ ~> METODI EQUIVALENTI

• **MISURA 2 WIRES:** uso 2 fili per la misura di R_x

/ $\forall$ filo: $R_w \rightarrow$ R del filo
$R_c \rightarrow$ R di contatto



$\rightarrow R_m = R_x + \underbrace{2R_w + 2R_c}_{\text{se piccole} \rightarrow \text{trascurabili}}$ / $R_x = V_x / I_0$, $I_0 = V_t / R_t$

$\rightarrow R_m = \frac{V_x}{I_0} = \frac{V_x}{V_t} R_t$

• **MISURA 4 WIRES:** la uso se R_c e R_w non trascurabili, V_x misurata in $SENS_{HI}$ e $SENS_{LOW}$

• SPECIFICHE multimetri:

• CONDIZ. NOMINALI: condiz. in cui le caratteristiche metereologiche dello strumento sono rispettate

→ nelle misure di R è importante conoscere la i test per limitare l'autoriscaldamento

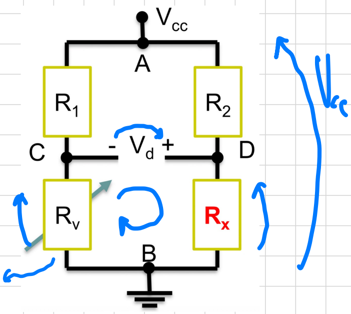
• Effetto Joule su R: $P = iR^2$, $E_{interna} = C_T \cdot T$

$T_{finale, R}$ $T_{ambiente}$ ↳ capacità termica

• Auto riscaldamento di un resistore: $T_f - T_a = R_t \cdot P_d$ / R_t = res. termica, cost. $P_d = P_{dissipata} = R \cdot i^2$

7 • **PONTE DI WHEATSTONE:**

Permette di misurare R_x



KVC: $V_d = V_{R_x} - V_{R_v} = \left(\frac{R_x}{R_2+R_x} - \frac{R_v}{R_1+R_v}\right) V_{cc}$

• Condiz. di equilibrio: $V_d = 0 \rightarrow R_1 R_x = R_2 R_v$

$\rightarrow R_x = R_2/R_1 \cdot R_v = K \cdot R_v$ ↳ cost.

→ si varia R_v per cercare di avere $V_d \simeq 0$

• se R_1 e R_2 hanno V_1 e V_2 di segno opposto → non più esiste $V_d = 0$

→ si cerca per ottenere l'equilibrio del ponte e ottengo R_{V_0} teorico:

$$R_{V_0} = \frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{V_1 + V_2}$$

• $\frac{\delta R_x}{R_x} = \frac{\delta R_1}{R_1} + \frac{\delta R_2}{R_2} + \frac{\delta R_{V_0}}{R_{V_0}} + \underbrace{\frac{\delta V_d}{S}}_{V_d \text{ nella realtà } \simeq 0, \text{ non } = 0}$ / $S = \frac{A}{(A+1)^2} V_{cc}$ (sensibilità del ponte), $A = \frac{R_2}{R_x} = \frac{R_1}{R_v}$ (gain del ponte)

• MISURE IN AC

es. $V_{eff} = \frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt = \frac{1}{T}\int_0^{\alpha T} V_p^2\,dt = \alpha V_p^2$
$\to V_{eff} = \sqrt{\alpha}\, V_p$

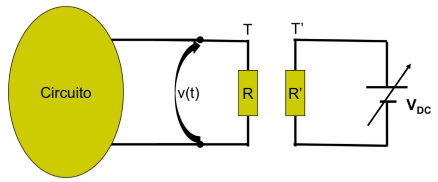
CONSIDERIAMO UN SEGNALE PERIODICO DEL TIPO $s(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$

$$\cdot\ P_m = \frac{V_{eff}^2}{R} \ \Big/\ V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt}\ ,\quad V_m = \frac{1}{T}\int_0^T v(t)\,dt$$

• VOLTMETRO PER LA MISURA DI V_{eff}:

VOGLIO MISURARE $V(t)$ → SFRUTTO UN CIRCUITO IN DC

FACENDO IN MODO CHE $P = P'$: ↳ CONVERSIONE ELETTROTERMICA



→ APPLICO $V(t)$ SU R, RAGGIUNGENDO LA TEMPERATURA T → $T \propto P$

→ APPLICO V_{DC} SU R' / $T = T'$

$$\to P = P' = \frac{V_{eff}^2}{R} = \frac{V_{DC}^2}{R'} \to V_{eff} = \sqrt{\frac{R}{R'}} \cdot V_{DC}$$

• FATTORE DI CRESTA $CF = \frac{V_p}{V_{eff}}$

• SE $s(t)$ È MOLTO PICCOLO → ΔT NON RILEVABILE → SFRUTTO GLI AMPLIFICATORI

• VOLTMETRI ANALOGICI:

• BASATI SU GALVANOMETRO, HANNO UNA LANCETTA CHE SI MUOVE $\propto V/i$ MISURATA

• δ DELLO STRUMENTO PRESENTATA PER MEZZO DELL'INDICE DI CLASSE C_L: $\delta V = C_L\% \cdot V_{FS}$
↳ NON DIPENDE DA $V_{LETTURA}$!

• VOLTMETRI TARATI IN V_{eff}:

LA V OTTENUTA SARÀ LA V_{eff} IN CASO DI SEGNALI SINUSOIDALI

• 3 TIPI, CON CIRCUITI NL (NON LINEARI):

• DOPPIA SEMIONDA:

• $V_{OUT} = |V_{IN}| = |V_p \cdot \sin(\omega t)|$

$V_m = \frac{1}{T}\int$

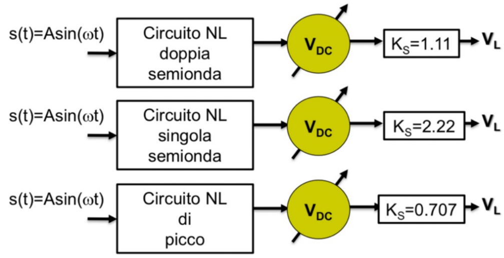
$$\to V_m = a_0 = \frac{2V_p}{\pi} \neq V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

• PER FAR SI CHE $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$, INTRODUCO LA COST. STRUMENTALE K_s: $V_{eff} = K_s \underbrace{\frac{2V_p}{\pi}}_{V_m} \Big/ K_s = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{,}11$

• SINGOLA SEMIONDA:

• $V_{OUT} = V_{IN} \,/ > 0$

$$\to V_m = \frac{V_p}{\pi} \to V_{eff} = K_s \frac{V_p}{\pi} \Big/ K_s = \frac{\pi}{\sqrt{2}} = 2{,}22$$



• PICCO:

$V_{OUT} = \max(V_{IN})$

$$\to V_m = V_p \to V_{eff} = K_s V_p \Big/ K_s = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$$

8 · MISURE DI FREQUENZA:

- Le misure in f permettono minore δ e costi minori (a parità di incertezza)
- Necessità di individuare le periodicità, T_0 campione, studiando per il rapporto $\#\text{cicli} / T_0$
- Tempo di gate: T_g = durata del conteggio della misura

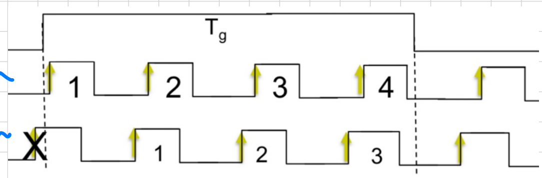
$\rightarrow f_x = 1/T_x = n/T_g \rightarrow f$ da misurare, n: "impulsi" $\rightsquigarrow n = \frac{T_g}{T_x}$

- Incertezza di quantizzazione: $e_q = \pm 1$ ⇝ assoluta

Err. relativo ⇝ $\rightarrow \varepsilon_q = \frac{\delta f_x}{f_x} = \frac{1}{n}$

$n = 4$

$n = 3$

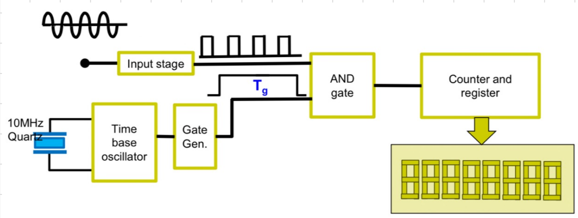


$\rightarrow \delta f_x = \frac{f_x}{n} = \frac{n/T_g}{n} = \frac{1}{T_g} \rightarrow \downarrow \delta f_x \iff \uparrow n \vee \uparrow T_g$

· Misura diretta di f:

- $T_g = k\, t_c = k \frac{1}{f_c}$ / t_c: periodo di clock, k: fattore moltiplicativo

$\rightarrow \frac{\delta T_g}{T_g} = \frac{\delta f_c}{f_c}$ " ε_{T_g}



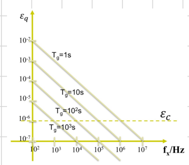
- $\varepsilon_{f_x} = \varepsilon_c + \varepsilon_q = \frac{\delta f_c}{f_c} + \frac{1}{n}$

- Oscillatore al quarzo: in grado di generare una f = cost. $= \frac{1666}{d}$ ⇝ spessore

→ applicando una pressione ai poli ⇝ moto armonico per ritornare in equilibrio

- Incertezze: se f_x bassa → ε_q alta (c.) T_g)

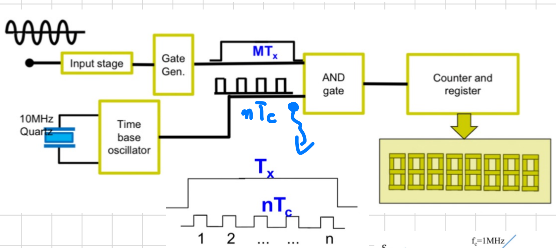
→ misure dirette non ottimali per f_x basse

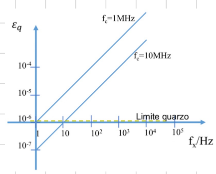


· Misura indiretta di f:

- $f_x = \frac{1}{T_x}$, dove $T_x = n T_c = n \frac{1}{f_c}$

→ eseguo una misura di periodo per determinare indirettamente f_x



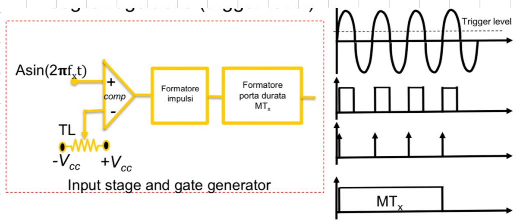


- Incertezze: se f_x bassa → ε_q bassa (c.) f_c)

- Per ottenere ε_q minore: $T_x \mapsto M T_x$ / $M \in \mathbb{N}$ ⇝ considero più periodi di $x(t)$

$\rightarrow M T_x = n T_c \rightarrow T_x = \frac{n}{M} T_c$

• TRIGGER ERROR:

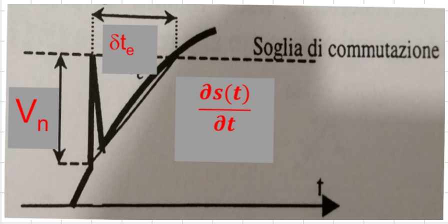


• $x(t) \mapsto X[n] \mapsto \sum \delta(t-n)$ (A/D)

$\hookrightarrow x(t)$ viene trasformato in impulsi di δ

• se $\exists\, n(t)$ su $x(t)$ -> START e STOP non ben definiti

• se $s(t) = V_p \sin(2\pi f_x t)$ -> $V_n = \dfrac{d\,s(t)}{dt} \cdot \delta t_e$



$$\to \delta t_e = \frac{V_m}{2\pi f_x V_p \cos(2\pi f_x t)} = \frac{V_m}{2\pi f_x \sqrt{2}\, V_{eff} \cos(2\pi f_x t)}$$

$$\to \delta t_{e\,(min)}\Big|_{\cos()=1} = \frac{1}{2\sqrt{2}\,\pi f_x \frac{S}{N}} \quad / \quad \frac{S}{N} = \frac{V_{eff}}{V_n}$$

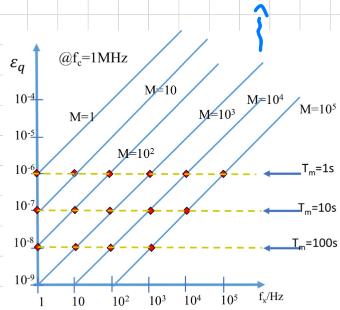
δt_e TOTALE

$$\bullet\ \delta t_e = \delta t_{e,START} + \delta t_{e,STOP} = 2\,\delta t_{e,START} = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi f_x \frac{S}{N}}$$

• Tempo di misura totale: $T_m = M T_x = n T_c \pm \delta t_e$

$$\to T_x \pm \delta T_x = \frac{n}{M} T_c \pm \underbrace{\frac{1}{n}}_{\varepsilon_q} + \underbrace{\frac{\delta f_c}{f_c}}_{\varepsilon_c} + \frac{\delta t_e}{T_m}$$

INCERTEZZE



• CONTATORE RECIPROCO: misure più accurate

es. 47/48 (lez. rec.)

$$\varepsilon_q = \frac{T_x}{T_c} = \frac{f_c}{f_x} = \frac{1}{n} = \frac{10 \cdot 10^6\ \text{Hz}}{1 \cdot 10^3\ \text{Hz}} = 10 \cdot 10^3 \to n = \frac{1}{10^4} = 10^{-4}$$

es. 48/48

$$\varepsilon_q = \frac{1}{n} = \frac{1}{\frac{T_y}{t_x}} = \frac{t_x}{T_y} \to n = \frac{T_y}{t_x} = T_y \cdot f_x = 10 \cdot 10^{-3}\,s \cdot 1 \cdot 10^6\ \text{Hz} = 10^4 = \varepsilon_q^{-1}$$

• misura diretta: $\varepsilon_q = \frac{1}{n}$ / $n = \frac{T_y}{T_x}$

• misura indiretta: $\varepsilon_q = \frac{1}{n}$ / $n = \frac{M T_x}{T_c}$

es. 47/48

$$T_m = 1\ ms \div 1000\ ms = M \cdot T_x$$

$$\varepsilon_q = \frac{1}{n} = \frac{T_2}{n T_x} = \frac{f_x}{M f_c} = \frac{1}{M} \frac{10^3\ \text{Hz}}{10 \cdot 10^6\ \text{Hz}} = \frac{1}{M} \cdot 10^{-4}$$