

Misure

1 Errori

Incertezza Tipica: $\pm(\%lettura + \%fondo - scala)$

Strumento di classe x: lo strumento ha una precisione pari ad x% del fondo-scala

Errore Qualunque (Derivate Parziali): $y = f(x_1, x_2, \dots) \rightarrow \delta y = \sum_i \left| \frac{\partial f(\vec{x})}{\partial x_i} \right|_{x=x_{mis}} \delta x_i$

Errore Relativo: $y \text{ misura} \rightarrow \epsilon_r = \frac{\delta y}{y}$ ($\epsilon_{r,\%} = 100 \cdot \epsilon_r$)

Somma/Differenza: $y = a \pm b \rightarrow \delta y = \delta a + \delta b$ gate

Prodotto/Divisione: $y = a \cdot b^{\pm 1} \rightarrow \epsilon_y = \epsilon_a + \epsilon_b$

Potenza/Radice: $y = x^{\pm n} \rightarrow \epsilon_y = n^{\pm 1} \epsilon_x$

2 Attrezzature

Errore di Lettura (Parallasse): valore di una "tacchetta"

Prodotto Banda Guadagno: $B \cdot t_{salita} = 0.35$ (varia col modello dell'oscilloscopio)

Relazione Salita-Visualizzato: $t_{s,visualizzato}^2 = t_{s,segnale}^2 + t_{s,circuito}^2 + t_{s,oscilloscopio}^2$

Solitamente il t_{so} è trascurabile.

Valor-Medio: $v_m = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) dt$ **Valore Efficace:** $v_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt}$

Duty-Cycle: $D = \frac{t_{alto}}{T}$ **Sensibilità:** $k_v = n \frac{mV}{div}$ **Lettura:** $n_{div} = n \text{ div} \rightarrow V_{pp} = k_v \cdot n_{div}$

Voltmetro a Doppia Rampa: $V_x = -\frac{T_2}{T_1} V_{rif}$ **Incertezza di Quantizzazione:** $\delta f_q = \frac{1}{T_{mis}}$

Frequenzimetro a Misura Diretta: $f_x = \frac{1}{t_x} = \frac{n}{T_c}$, $T_x = n T_c$

Risoluzione: $\delta f_x = \frac{1}{T_c}$ **Risoluzione Relativa:** $\frac{\delta f_x}{f_x} = \frac{1}{n}$

Scelta di T_1 : $n(t)$ rumore di periodo $T \rightarrow T_1 = T$ (spesso 50 Hz)

Riscaldamento di un Resistore: $T_{fin} - T_{amb} = R_{termica} \cdot P_{dissipata}$

Ponte di Wheatstone: All'equilibrio, la ddp ai due nodi centrali è nulla

Potenza $P = \frac{v_{eff}^2}{R}$, per segnali sinusoidali $v_{eff} = \frac{A}{\sqrt{2}}$

Costante Strumentale: $k_s = 1.11$ (semionda doppia) — $k_s = 2.22$ (semionda singola)

Gli strumenti spesso riportano il valore efficace di un segnale. Questo valore è pari alla costante strumentale moltiplicata per il suo valor medio. Ricordate, nel calcolo del valor medio, che nel caso della semionda semplice la parte negativa del segnale viene azzerata.

Condensatore in ingresso: Rimuove la componente continua, cioè il segnale viene scalato in basso per un valore pari al suo valor medio

Elettronica

1 Segnali

Signal-to-Noise Ratio: $SNR = \frac{P_{segnale}}{P_{rumore}} = \frac{v^2}{n^2}$

SNR in dB: $SNR_{dB} = 10\log_{10}(SNR) = 20\log_{10}\left(\frac{v}{n}\right)$

Errore di Quantizzazione: $\epsilon_q = \frac{S}{2^N + 1} = \frac{1}{2}LSB$, con S dinamica del segnale

2 Diodi

Diodo Reale: $i_D = I_s(e^{\frac{v_D}{nV_T}} - 1)$, curva quasi verticale per $v_D > V_\gamma$ (spesso $\simeq 0.7 V$)

Diodo Ideale: $i_D > 0 \rightarrow v_D = 0, ON \mid v_D < 0 \rightarrow i_D = 0, OFF$ (nel circuito: generatore)

Diodo Semi-Ideale: $i_D > 0 \rightarrow v_D = V_\gamma, ON \mid v_D < V_\gamma \rightarrow i_D = 0, OFF$ (nel circuito: corto)

Resistenza di un Diodo (Piccolo Segnale): $g_D = \frac{1}{r_D} = \frac{I_D}{\eta V_T}$

3 Transistors

Corrente di Gate: $i_G = 0$ sempre per NMOS e PMOS.

Corrente di Drain (nMOS):

$OFF \rightarrow i_D = 0 \mid ON \rightarrow i_D = \beta v_{DS}(v_{GS} - V_{TH} - \frac{v_{DS}}{2}) \mid SAT. \rightarrow i_D = \frac{\beta}{2}(v_{GS} - V_{TH})^2(1 + \lambda v_{DS})$

Resistenze: $g_m = \sqrt{2I_D\beta} = \beta(v_{GS} - v_{TH}) \quad g_o = \lambda I_D$

4 Stadi Amplificatori

Tensione Ideale: $R_{in} \rightarrow \infty, R_{out} \rightarrow 0$ **Corrente Ideale:** $R_{in} \rightarrow 0, R_{out} \rightarrow \infty$

Transconduttanza: cioè $i_{out} = g_m v_{gs}$, **ideale** se $R_{in} \rightarrow \infty, R_{out} \rightarrow \infty$

Transresistenza: cioè $v_{out} = R_m i_s$, **ideale** se $R_{in} \rightarrow 0, R_{out} \rightarrow 0$

Efficienza Amplificatore Potenza: $\eta = \frac{P_{out}}{P_{al} + P_{in}} \simeq \frac{P_{out}}{P_{al}}$

Common Source: $A_v < 0, R_{in} \rightarrow \infty R_{out} = \text{finita}$

Common Drain: $A_v < 1, R_{in} \rightarrow \infty R_{out} \simeq \frac{1}{g_m}$

Common Gate: $A_v \simeq g_m(R \parallel r_o) R_{in} \simeq \frac{1}{g_m} R_{out} = R \parallel r_o$

Sia PMOS che NMOS: il Source è sempre dov'è la corrente, il Gate è sempre la sbarra, il Drain sempre il rimanente

5 Amplificatori Operazionali

Relazione Fondamentale (ideale): $v_d = 0 \rightarrow v^+ = v^- \quad i^+ = i^- = 0$

Amplificatore di Tensione: $A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}, R_{in} \rightarrow \infty, R_{out} \rightarrow 0$

Amplificatore di Transconduttanza: $G_m = \frac{1}{R}$ (quella in retroazione), $R_{in} \rightarrow \infty, R_{out} \rightarrow \infty$

Amplificatore di Transresistenza: $R_m = R$ (quella in retroazione), $R_{in} \rightarrow 0, R_{out} \rightarrow 0$

Amplificatore di Corrente: $A_i = 1 + \frac{R_2}{R_1}, R_{in} \rightarrow 0, R_{out} \rightarrow \infty$

Voltage-Follower: $v_{out} = v_{in}, R_{in} \rightarrow \infty, R_{out} \rightarrow 0$

Invertente: $A_v = -\frac{R_2}{R_1}, R_{in} = R_1, R_{out} \rightarrow 0$

Esponenziale: Diodo su R_1 **Logaritmico:** Diodo su R_2 **Integratore:** Condensatore su R_2

Derivatore: Condensatore su R_1 (Per tutti e 4: $R_{out} = 0$)

Sommatore Generalizzato: $v_{out} = \frac{\sum_{i=0}^M G_{i-} + G_f}{\sum_{i=0}^N G_{i+}} \sum_{i=1}^N \frac{G_{i+}}{G_f} v_{i+} - \sum_{i=1}^M \frac{G_{i-}}{G_f} v_{i-}$

(Non usare questa formula, meglio sovrapposizione e/o Millman)

Common-Mode Rejection Ratio (CMRR): $\left| \frac{A_d}{A_{cm}} \right|, v_{cm} = \frac{v^+ + v^-}{2}, v_d = v^+ - v^-$

6 Limiti Amplificatori Operazionali

Circuito Eq. in Linearità: $v_{out} = A_d v_d + A_{cm} v_{cm} + A_{ps} v_{ps}$

Amplificazione Differenziale Finita: $A_v = \frac{\beta A_d}{1 + \beta A_d} \frac{1}{\beta} \rightarrow \frac{1}{\beta} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ se $A_d \rightarrow \infty$

Banda Amplificazione: $B = \beta f_T$ **Parametro Beta:** $\beta = -\frac{v_d}{\hat{e}} = \frac{v_d}{A_d v_d + [\dots]_{eventualmente}}$

Limitazioni: $\frac{V_{out,min}}{A_d} < v_d(t) < \frac{V_{out,max}}{A_d} \quad \& \quad Slew - Rate^- < \frac{dv_{out}}{dt} < Slew - Rate^+$

Offset di Tensione: V_{OFF} collegata al morsetto +

Correnti di Polarizzazione: Corrente $I^+/I^- = I_{BIAS} + \frac{I_{OFF}}{2}$ ai due morsetti, uscente

$I_{BIAS} = \frac{I^+ + I^-}{2}, I_{OFF} = I^+ - I^-$

7 Comparatori

Ottenuti con retroazione positiva.

Soglie (Invertente): $V_{S1} = V_S \frac{R_2}{R_2 + R_1} + V_{OH} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ $V_{S2} = V_{S1}$ ma con OL, V_S sul '+'

Soglie (Non Invertente): $V_{S1} = V_S (1 + \frac{R_1}{R_2}) - V_{OL} \frac{R_1}{R_2}$, $V_{S2} = V_{S1}$ ma con OH, V_S sul '-'

Comparatori Reali: $V_{S1/2, reale} = V_{S1/2, ideale} - V_{OFF}$

8 Oscillatori

da fare