

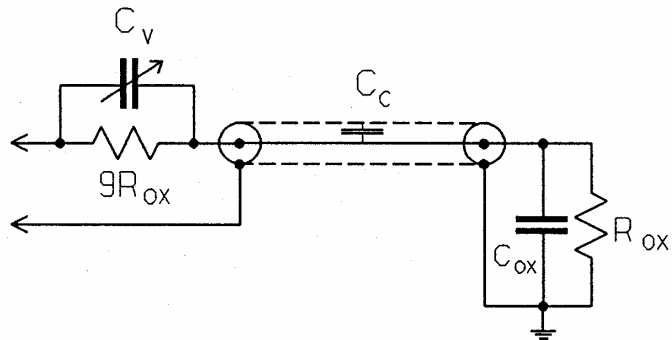
Sonde di tensione ad alta impedenza

L'uso di una sonda di tensione ad alta impedenza permette di:

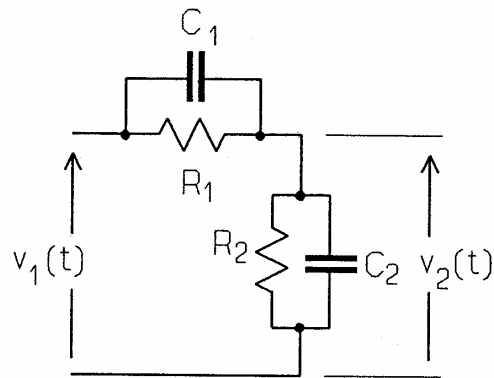
- ▷ inviare una *copia non distorta del segnale* da misurare all'ingresso dell'oscilloscopio;
- ▷ prelevare il segnale *minimizzando l'effetto di carico* sul circuito sotto misura;
- ▷ *limitare l'accoppiamento fra il sistema di misura e campi di disturbo esterni*;
- ▷ ottenere una *connessione meccanicamente solida ed elettricamente sicura* con il circuito sotto misura.

Struttura

CONFIGURAZIONE PROTOTIPO



Il principio di funzionamento è basato sulle proprietà elettriche del partitore RC.



$v_1(t)$ rappresenta la tensione applicata all'ingresso della sonda

$v_2(t)$ è la tensione applicata all'ingresso dell'oscilloscopio

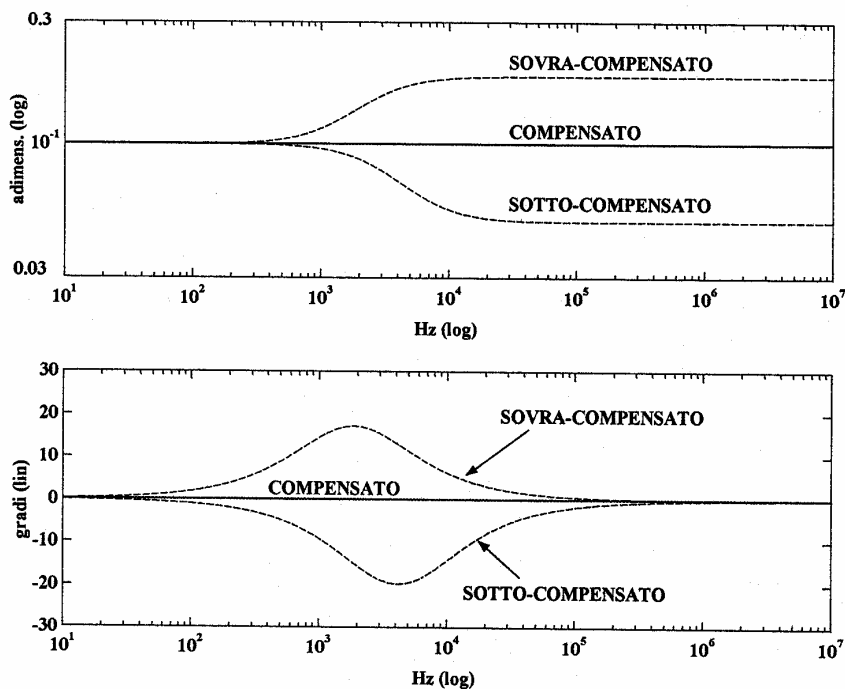
$R_1 = 9R_{ox}$ rappresenta la resistenza sulla testa della sonda (9 M Ω)

$C_1 = C_v$ è la capacità di compensazione (variabile, ≈ 10 pF)

$R_2 = R_{ox}$ è la resistenza d'ingresso dell'oscilloscopio (1 M Ω)

$C_2 = C_{ox} + C_c$ rappresenta la capacità d'ingresso dell'oscilloscopio ($C_{ox} = 20$ pF) più la capacità del cavo della sonda ($C_c \approx 25$ pF/m, lunghezza tipica del cavo 1.5 m)

Il partitore RC – Risposta in frequenza



Il valore asintotico della risposta in frequenza (ampiezza) del partitore RC è $H_{LF} = R_2/(R_1 + R_2)$ in bassa freq., $H_{HF} = C_1/(C_1 + C_2)$ in alta freq..

▷ Partitore *sovracompensato*: $H_{HF} > H_{LF}$, l'uscita è in anticipo rispetto all'ingresso a frequenze intermedie fra bassa ed alta frequenza. Bassa freq.: $f < 1/2\pi\tau_1$, $\tau_1 = R_1C_1$; alta freq.: $f > 1/2\pi\tau$, $\tau = R_1 \parallel R_2 \cdot (C_1 + C_2)$; $\tau_1 > \tau$.

▷ Partitore *sottocompensato*: $H_{HF} < H_{LF}$, l'uscita è in ritardo rispetto all'ingresso alle frequenze intermedie fra bassa ed alta frequenza. Bassa freq.: $f < 1/2\pi\tau$; alta freq.: $f > 1/2\pi\tau_1$; $\tau_1 < \tau$.

▷ Partitore *compensato*: $H_{HF} = H_{LF}$, l'uscita è in fase con l'ingresso a tutte le frequenze. Non si distingue fra bassa ed alta frequenza ($\tau_1 = \tau$).

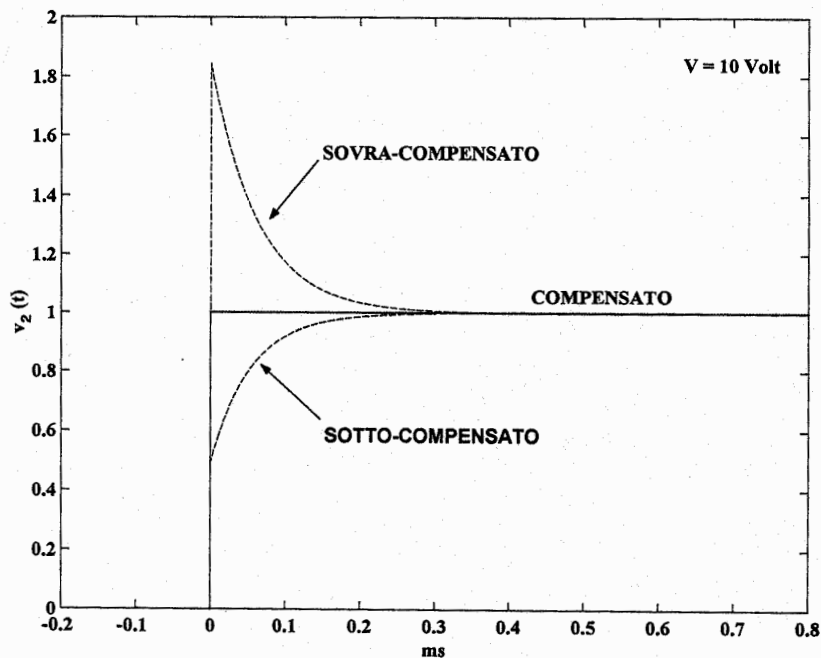
Nell'esempio in figura: $R_1 = 9 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$, $C_2 = 57.5 \text{ pF}$, $C_1 = 6.39 \text{ pF}$ (compensato), 13 pF (sovracompensato), 3 pF (sottocompensato).

Il partitore RC – Risposta al gradino

$$v_2(0^+) = V \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad v_2(\infty) = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

V è l'ampiezza del gradino applicato all'ingresso della sonda.

- ▷ Se $C_1/C_2 > R_2/R_1$ il partitore è *sovra-compensato*, $v_2(0^+) > v_2(\infty)$
- ▷ Se $C_1/C_2 < R_2/R_1$ il partitore è *sotto-compensato*, $v_2(0^+) < v_2(\infty)$
- ▷ Se $C_1/C_2 = R_2/R_1$ il partitore è *compensato* (transitorio assente)

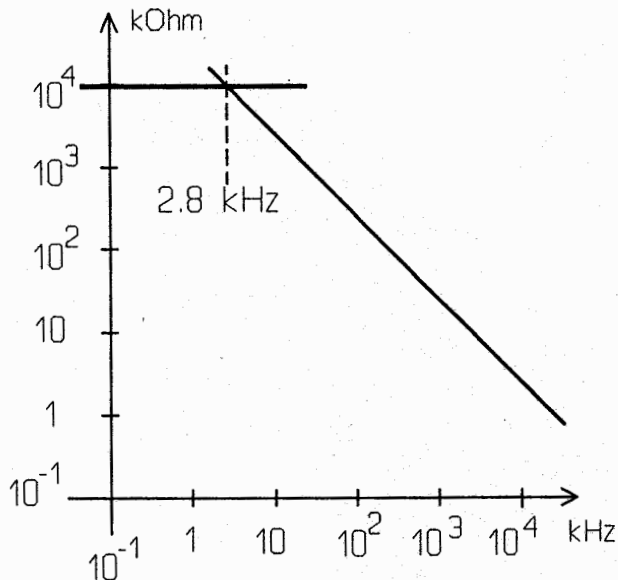
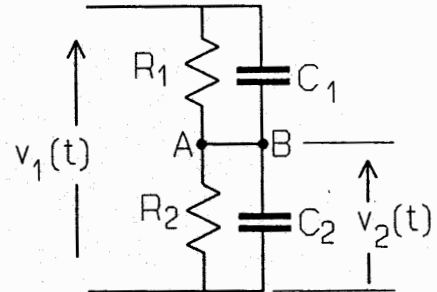


Quando il partitore è compensato la tensione v_2 all'ingresso dell'oscilloscopio è una *riproduzione non distorta* (sebbene attenuata, nella pratica 1:10) della tensione v_1 applicata all'ingresso della sonda.

Nell'esempio di risposta al gradino in figura sono stati usati gli stessi valori per R_1 , R_2 , C_1 e C_2 usati per l'esempio di risposta in frequenza. Inoltre $V = 10$ V.

Impedenza d'ingresso del partitore RC compensato

Quando il partitore è compensato il potenziale ai nodi A e B (immaginati sconnessi) è lo stesso. Non scorre corrente nel cortocircuito fra i due nodi, quindi all'ingresso appare la serie delle resistenze R_1 e R_2 in parallelo con la serie delle capacità C_1 e C_2 .



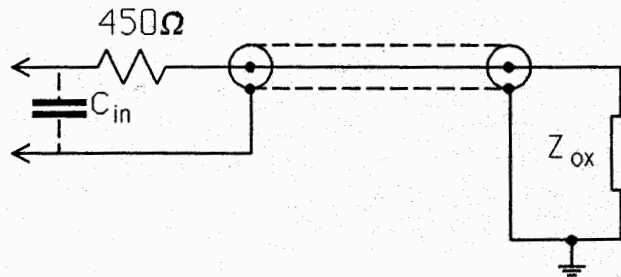
$$Z_{in}(\omega) = \frac{R_s}{1 + j\omega R_s C_s}$$

$$R_s = R_1 + R_2, \quad C_s = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \quad R_1 C_1 = R_2 C_2 = R_s C_s$$

Fissato il rapporto di partizione 1:10 si ha $R_s = 10 \cdot R_{ox} = 10 \text{ M}\Omega$,
 $C_s = 1/10 \cdot (C_c + C_{ox})$ ($= 5.75 \text{ pF}$ nell'esempio).

Sonde di tensione a divisore resistivo

Struttura



Impedenza d'ingresso: confronto fra sonda ad alta impedenza ($R_{in} = 10 \text{ M}\Omega$, $C_{in} = 5.75 \text{ pF}$) e a divisore resistivo ($R_{in} = 500 \Omega$, $C_{in} = 0.2 \dots 2 \text{ pF}$, capacità parassita in ingresso, 1 pF valore tipico). Tipicamente Z_{ox} corrisponde a $50 \Omega \pm 1 \%$ con rapporto d'onda stazionaria < 1.5 fino a 1 GHz .

