

## La cancellazione polo-zero nella sonda dell'oscilloscopio (*partitore compensato*)

Un oscilloscopio presenta di solito una resistenza d'ingresso  $R_i = 1\text{ M}\Omega$  con in parallelo una capacità parassita pari a circa  $C_i = 150\text{ pF}$ , dovuta all'oscilloscopio e al cavo della sonda.

Per decuplicare la resistenza d'ingresso, e ridurre quindi l'errore sistematico dovuto al consumo dello strumento, all'interno della sonda è contenuta una resistenza  $R_s = 9\text{ M}\Omega$ , che può essere fissa o inserita in serie mediante un interruttore posto sulla sonda. In questo modo la resistenza vista all'ingresso della sonda vale  $10\text{ M}\Omega$ , ma il partitore di tensione costituito da  $R_s$  e  $R_i$  attenua il segnale d'ingresso di un fattore 10, di cui bisogna tenere conto rilevando l'ampiezza dei segnali sullo schermo. Molti oscilloscopi hanno un'impostazione X10 con cui compensano l'attenuazione della sonda, in modo che i valori letti sullo schermo siano reali.

Il circuito costituito da  $R_s$ ,  $R_i$  e  $C_i$  presenta un polo e si comporta da filtro passa basso, limitando la banda passante dello strumento e distorcendo in ampiezza i segnali da visualizzare.

Per eliminare questo problema, all'interno della sonda è contenuto un condensatore variabile  $C_s$ , posto in parallelo a  $R_s$ , che introduce uno zero nella funzione di trasferimento del quadripolo, costituito dall'ingresso dell'oscilloscopio più la sonda attenuata e compensata, come schematizzato nella FIGURA 1.

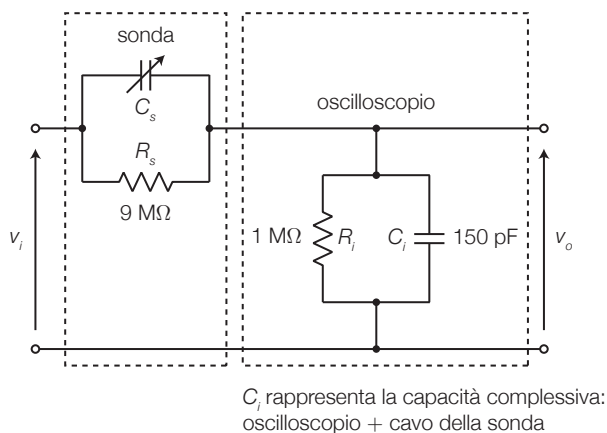


FIGURA 1

Regolando  $C_s$  in modo da soddisfare la condizione:

$$R_s C_s = R_i C_i$$

lo zero e il polo si cancellano e il diagramma di Bode ha andamento costante da 0 a infinito.

**DIMOSTRAZIONE**

L'espressione dell'impedenza equivalente di un resistore  $R$  in parallelo con un condensatore  $C$  è:

$$R//C = \frac{\frac{R}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{R}{sRC + 1}$$

I due paralleli  $RC$  costituiscono un partitore di tensione e quindi la funzione di trasferimento del circuito vale:

$$G(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{R_i}{sR_iC_i + 1}}{\frac{R_i}{sR_iC_i + 1} + \frac{R_s}{sR_sC_s + 1}}$$

Se si verifica la condizione  $R_sC_s = R_iC_i$ , i denominatori delle tre frazioni presenti nell'espressione precedente risultano uguali e si possono semplificare, per cui la funzione di trasferimento risulta costante, con valore pari a:

$$G(s) = \frac{R_i}{R_i + R_s} = \frac{1}{10}$$

In questa condizione il circuito è detto *partitore compensato*.

Il valore di  $C_s$  che compensa il partitore in FIGURA 1 è:

$$C_s = \frac{R_iC_i}{R_s} = \frac{10^6 \cdot 150 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^6} = 16,7 \text{ pF}$$

Nella pratica di laboratorio la regolazione della capacità viene effettuata in modo empirico, ponendo all'ingresso della sonda un'onda quadra e variando  $C_s$  finché sullo schermo il segnale risulta non distorto (cioè perfettamente quadro). L'elevato numero di armoniche contenute nell'onda quadra consente la verifica istantanea di tutta la banda di frequenze in cui deve essere utilizzato l'oscilloscopio.