

IL PARTITORE COMPENSATO

Marco Panareo

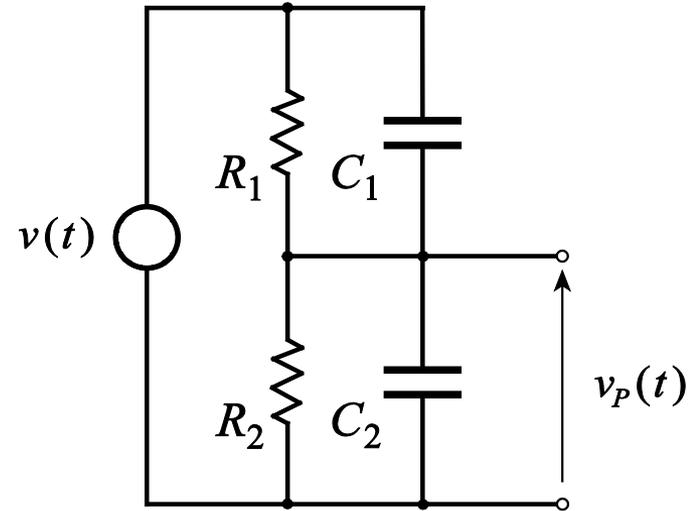


Il partitore compensato

- Consideriamo la rete di figura, posto

$$\tau_1 \equiv R_1 C_1,$$

$$\tau_2 \equiv R_2 C_2,$$



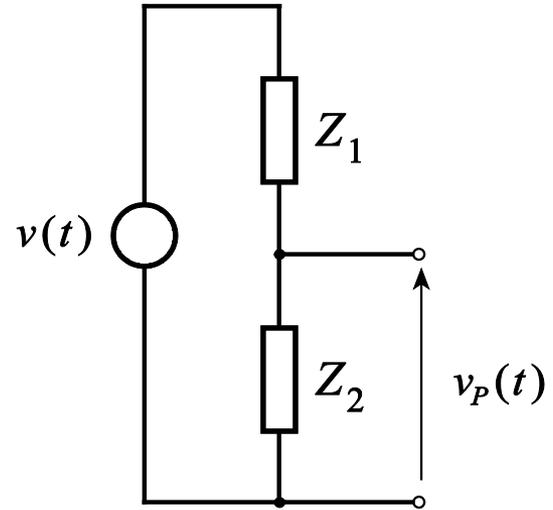
- Le impedenze formate coi paralleli $R_1 - C_1$ e $R_2 - C_2$ valgono:

$$\bar{Z}_1 \equiv \frac{1}{\frac{1}{R_1} + j\omega C_1} = \frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} = \frac{R_1}{1 + j\omega \tau_1},$$

$$\bar{Z}_2 \equiv \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C_2} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2} = \frac{R_2}{1 + j\omega \tau_2},$$

Il partitore compensato

- La rete si schematizza come in figura e l'estensione complessa della tensione $v_P(t)$ vale:



$$\begin{aligned}\bar{V}_P &= \bar{V} \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1 + \bar{Z}_2} = \bar{V} \frac{\frac{R_2}{1 + j\omega\tau_2}}{\frac{R_1}{1 + j\omega\tau_1} + \frac{R_2}{1 + j\omega\tau_2}} = \bar{V} \frac{R_2(1 + j\omega\tau_1)}{R_1(1 + j\omega\tau_2) + R_2(1 + j\omega\tau_1)} = \\ &= \bar{V} \frac{R_2(1 + j\omega\tau_1)}{R_1 + R_2 + j\omega(\tau_2 R_1 + \tau_1 R_2)} = \bar{V} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau} = \bar{V} k \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau},\end{aligned}$$

Il partitore compensato

- Cioè

$$\bar{V}_P = \bar{V} k \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau}$$

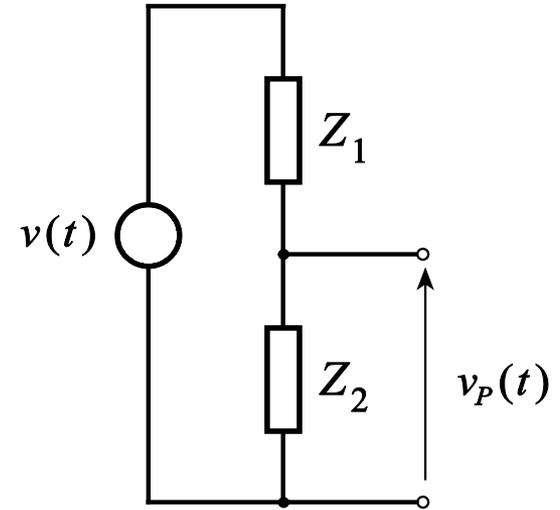
- dove

$$k \equiv \frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

$$\tau \equiv \frac{\tau_2 R_1 + \tau_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

- Se risulta $\tau_1 \equiv \tau_2$ allora $\bar{V}_P = \bar{V} k$ cioè

$$v_P(t) = v(t)k,$$



Il partitore compensato

- Quindi in tali circostanze la tensione $v_P(t)$ risulta in fase con la tensione erogata dal generatore di forza elettromotrice $v(t)$ e la sua ampiezza è pari a quella di $v(t)$, moltiplicata per il rapporto di partizione k
- In tale condizione si dice che la rete agisce da *partitore compensato*
- Questa rete costituisce parte integrante di alcuni strumenti di misura quali gli oscilloscopi che hanno la funzione di visualizzare in grafici bidimensionali l'andamento al variare del tempo delle tensioni applicate ai loro ingressi.

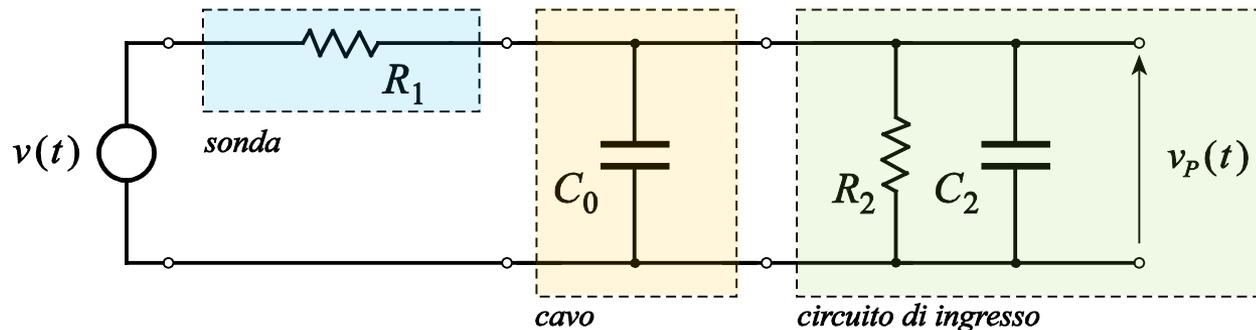
L'ingresso dell'oscilloscopio

- Il circuito di ingresso di un oscilloscopio è solitamente schematizzabile con il parallelo di una resistenza, generalmente di valore molto elevato, dell'ordine di $10\text{ M}\Omega$, con una capacità dell'ordine di 10 pF .
- Inoltre, per poter applicare la tensione da misurare a tale ingresso, usualmente si ricorre a cavi con conduttori coassiali, che presentano una capacità per unità di lunghezza, generalmente di qualche decina di pF per metro
- Infine, per aumentare l'impedenza di ingresso dello strumento, allo scopo di minimizzare l'effetto dello strumento stesso sull'oggetto della misura, generalmente si preleva la tensione da misurare attraverso una sonda ad alta resistenza.



L'ingresso dell'oscilloscopio

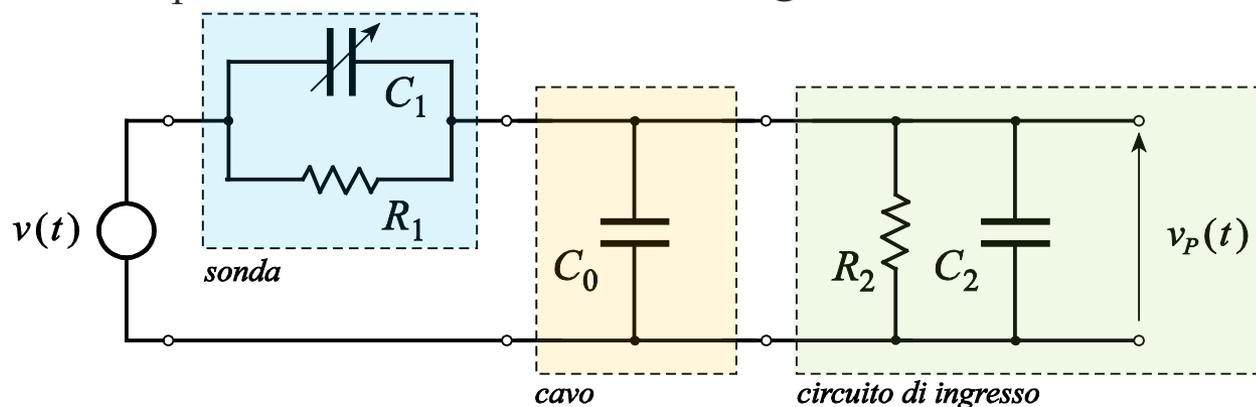
- Pertanto il circuito di ingresso dello strumento, comprensivo del cavo di collegamento e della sonda, corrisponde a quello indicato in figura, dove C_0 rappresenta la capacità del cavo e la rete costituita dalla resistenza R_2 e dal condensatore C_2 schematizza l'ingresso dell'oscilloscopio.



- L'applicazione diretta a tale circuito della tensione $v(t)$ da misurare comporta inevitabilmente un errore dovuto alla dipendenza dalla frequenza della risposta di questa rete.

La compensazione

- Per ovviare a tale problema la sonda dell'oscilloscopio viene completata tramite l'aggiunta di un condensatore variabile C_1 , come mostrato in figura.



- Con questa modifica, attraverso un'opportuna regolazione di tale componente, il circuito può agire come un partitore compensato.
- La regolazione del condensatore viene generalmente effettuata applicando una forza elettromotrice ad onda quadra, all'ingresso dell'intera rete così costituita.

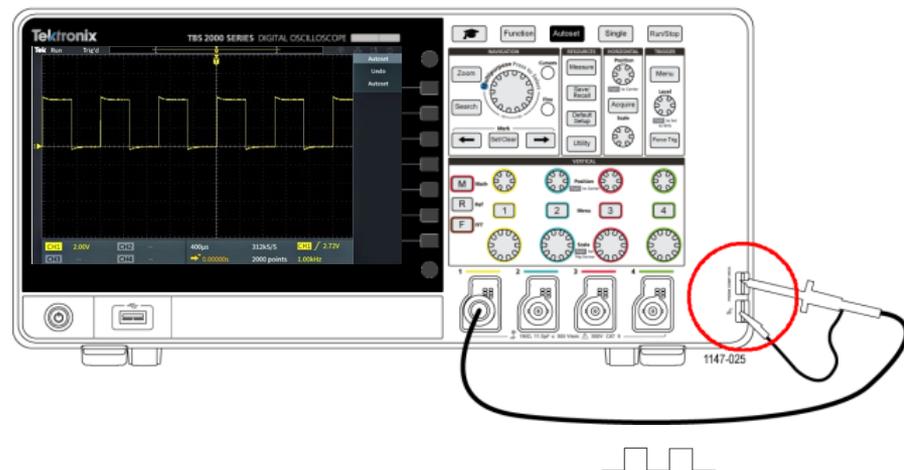
La compensazione

- La regolazione del condensatore C_1 viene generalmente effettuata applicando una forza elettromotrice ad onda quadra all'ingresso dell'intera rete così costituita.
- Facendo uso dello sviluppo in serie di Fourier, consideriamo l'applicazione di tale tensione al partitore compensato. Posto:

$$\bar{K}(\omega) \equiv k \frac{1 + j\omega\tau_1}{1 + j\omega\tau} = K(\omega) e^{j\vartheta(\omega)}$$

$$K(\omega) = k \sqrt{\frac{1 + (\omega\tau_1)^2}{1 + (\omega\tau)^2}}$$

$$\tan \vartheta(\omega) = \omega\tau_1 - \omega\tau$$



La compensazione

- L'estensione complessa della la tensione di uscita del partitore compensato, corrispondente alla forza elettromotrice ad onda quadra è

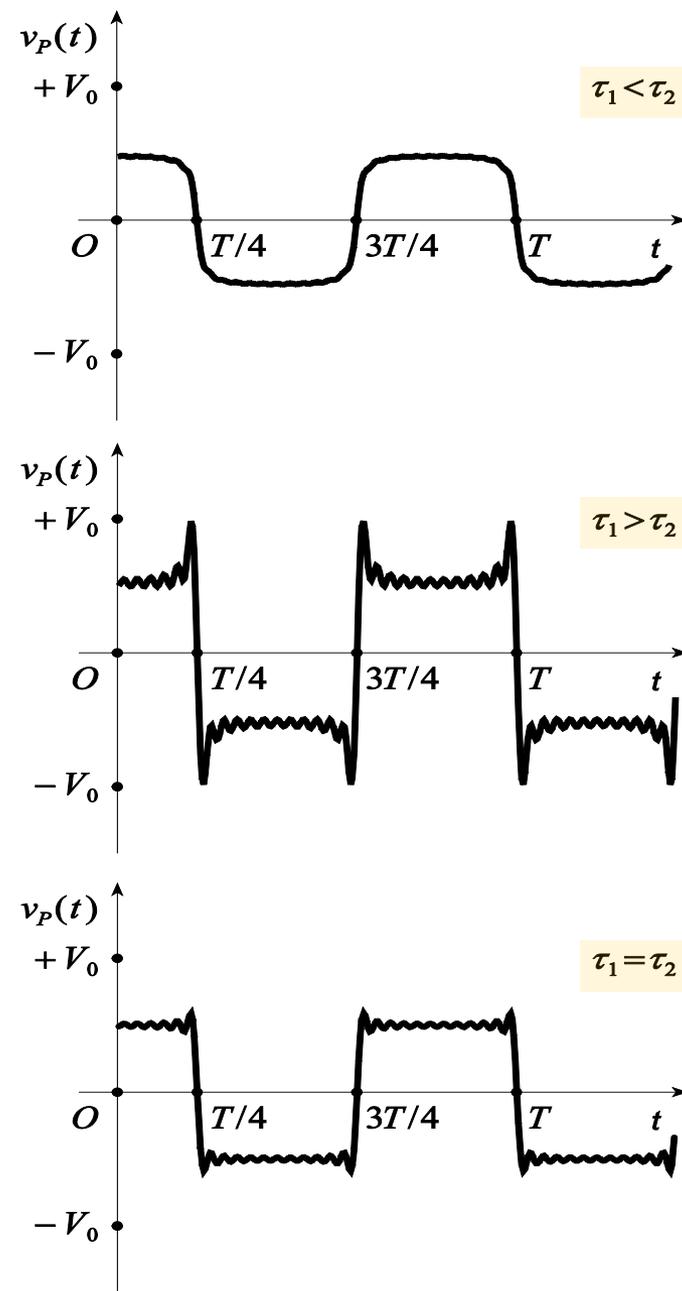
$$\begin{aligned}\bar{V}_P &= \frac{4V_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \bar{K}(n\omega) \frac{j^{n+1}}{2n} [(-1)^n - 1] e^{jn\omega t} = \frac{4V_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} K(n\omega) \frac{j^{n+1}}{2n} [(-1)^n - 1] e^{j[n\omega t + \mathcal{G}(n\omega)]} \\ &= \frac{4V_0}{\pi} K(\omega) e^{j[\omega t + \mathcal{G}(\omega)]} - \frac{4V_0}{3\pi} K(3\omega) e^{j[3\omega t + \mathcal{G}(3\omega)]} + \frac{4V_0}{5\pi} K(5\omega) e^{j[5\omega t + \mathcal{G}(5\omega)]} - \frac{4V_0}{7\pi} K(7\omega) e^{j[7\omega t + \mathcal{G}(7\omega)]} + \dots,\end{aligned}$$

- così la tensione $v_P(t)$ è data dall'espressione

$$\begin{aligned}v_P(t) &= \mathcal{R}e\{\bar{V}_P\} = \mathcal{R}e\left\{ \frac{4V_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} K(n\omega) \frac{j^{n+1}}{2n} [(-1)^n - 1] e^{j[n\omega t + \mathcal{G}(n\omega)]} \right\} = \\ &= \frac{4V_0}{\pi} K(\omega) \cos[\omega t + \mathcal{G}(\omega)] - \frac{4V_0}{3\pi} K(3\omega) \cos[3\omega t + \mathcal{G}(3\omega)] + \frac{4V_0}{5\pi} K(5\omega) \cos[5\omega t + \mathcal{G}(5\omega)] + \dots\end{aligned}$$

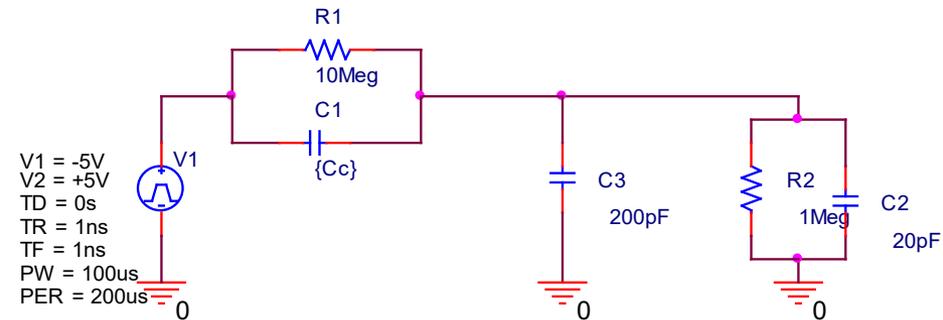
La compensazione

- Nell'esempio si è assunto che il rapporto di partizione k fosse pari a $1/2$. Nella figure in alto ed al centro sono mostrati gli andamenti della tensione $v_P(t)$ corrispondenti, rispettivamente, alle condizioni $\tau_1 < \tau_2$ e $\tau_1 > \tau_2$.
- Nella figura in basso è mostrato lo stesso andamento nella condizione di compensazione del partitore, $\tau_1 = \tau_2$.
- La regolazione pertanto si effettua variando il valore della capacità e controllando contemporaneamente sullo schermo dell'oscilloscopio la tensione fino a che il relativo andamento non diventa uguale a quello corrispondente alla condizione di compensazione.

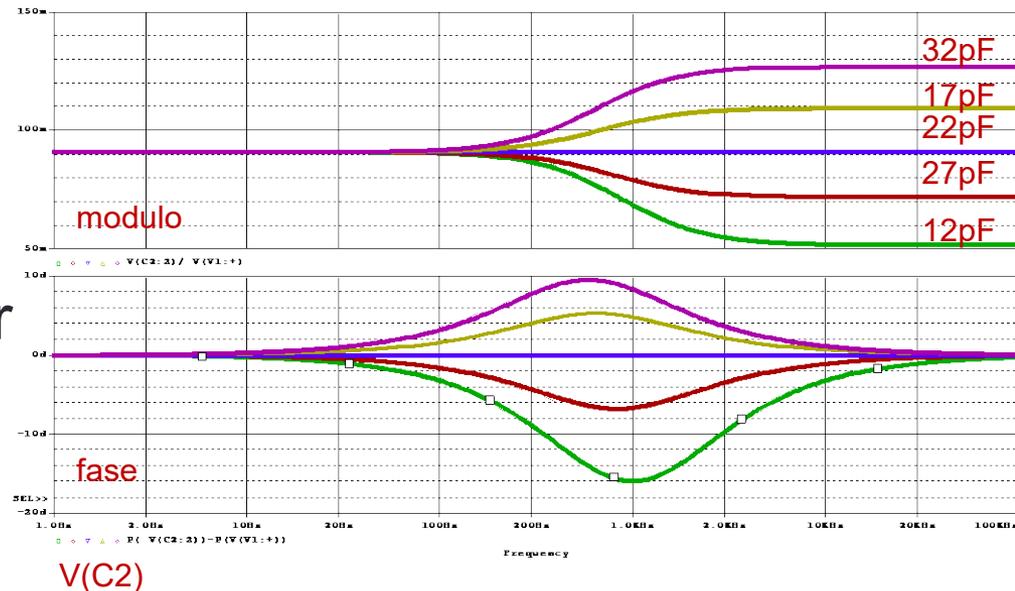


La compensazione – studio con PSpice

- La compensazione della sonda di un oscilloscopio è stata studiata attraverso PSpice. I valori dei componenti sono stati dedotti dalle caratteristiche di una sonda reale.
- In basso è riportato l'andamento di $\bar{K}(\omega)$ al variare della frequenza per diversi valori di C1



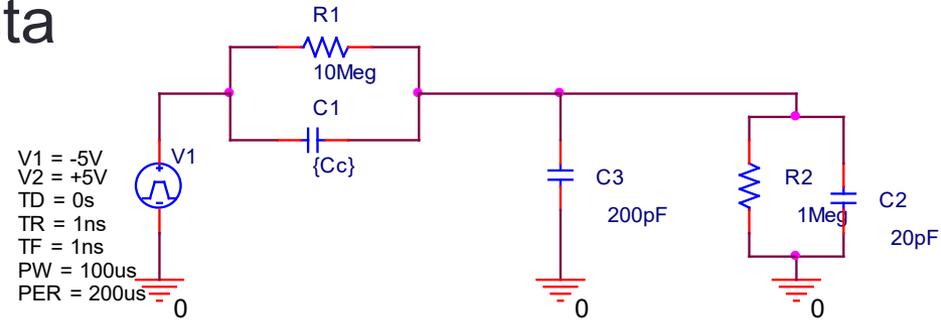
PARAMETERS:
Cc = 22pF



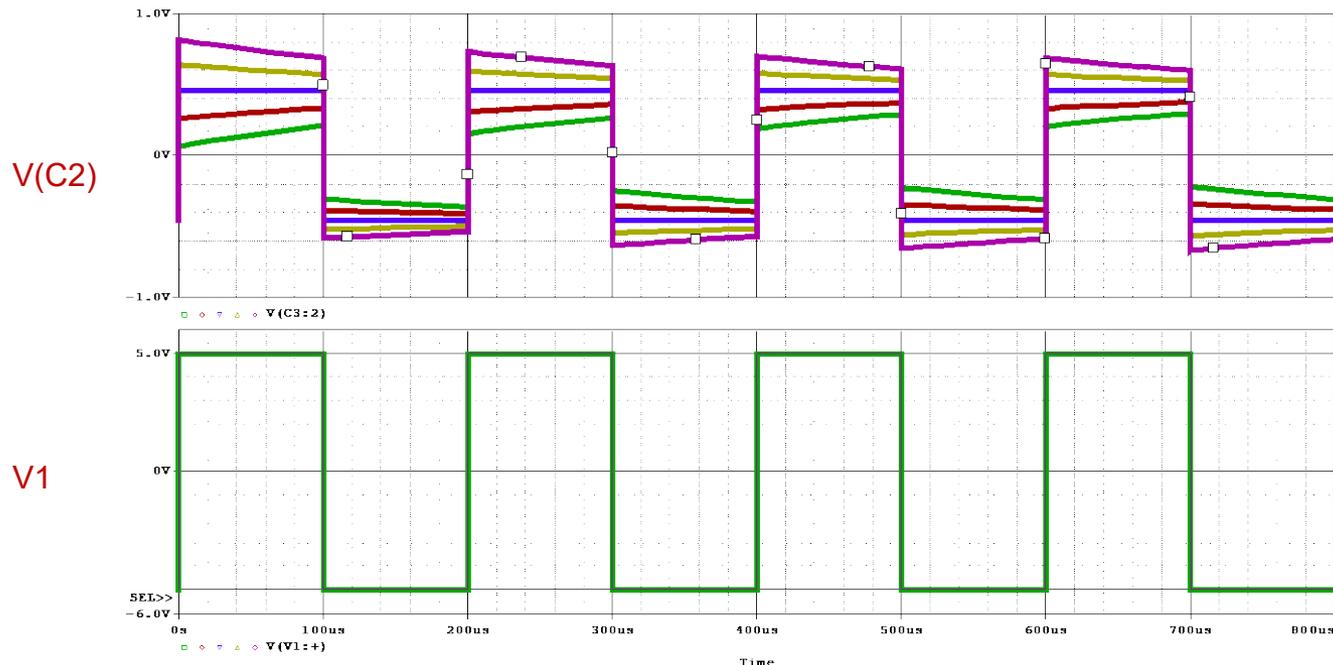
V(C2)

La compensazione – studio con PSpice

- In basso è mostrata la risposta della rete ad un segnale a onda quadra al variare della capacità di C1



PARAMETERS:
Cc = 22pF



Compensating a passive voltage probe

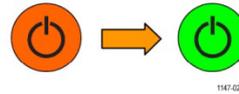
Probe compensation adjusts a passive (nonamplified) voltage probe for the most accurate high-frequency response. The oscilloscope has a 1 kHz square wave source for compensating the probe. Because a square wave contains a significant number of harmonics (multiples of the fundamental frequency), it is an ideal signal source for adjusting the high frequency response of a probe.

A rounded leading edge on the square wave means that the high frequency response of the probe is too low. A spike on the leading edge means that the high frequency response is too high and must be reduced. A square leading edge means that the frequency response is correct for the probe.

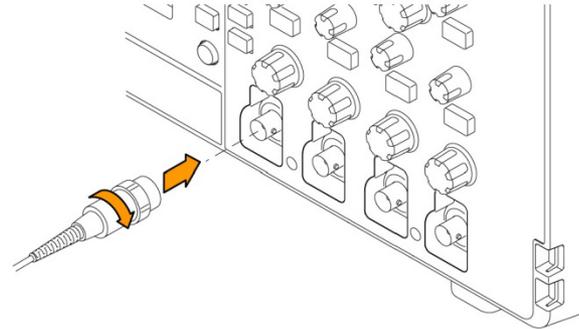
Whenever you attach a passive voltage probe for the first time to any input channel, or change a passive probe from one channel to another, you must compensate the probe to match it to that input channel.

To properly compensate your passive probe:

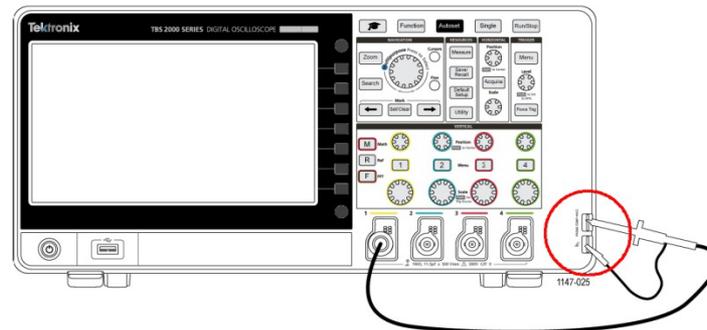
1. Power on the oscilloscope.



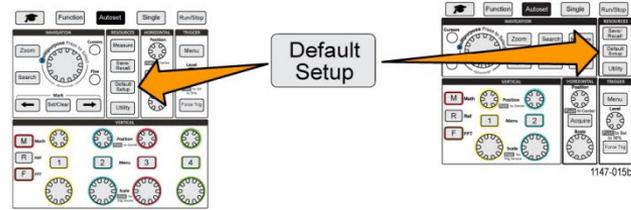
2. Connect the probe that shipped with the instrument, or other passive probe, to an oscilloscope channel.



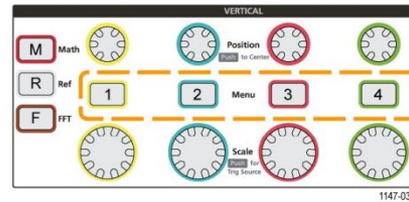
3. Connect the probe tip and ground lead to the **PROBE COMP** connectors on the oscilloscope. The probe tip connects to the 5 V connector, and the ground clip connects to the ground connector.



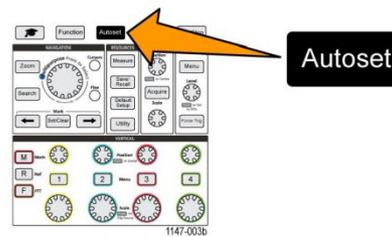
4. Push **Default Setup**.



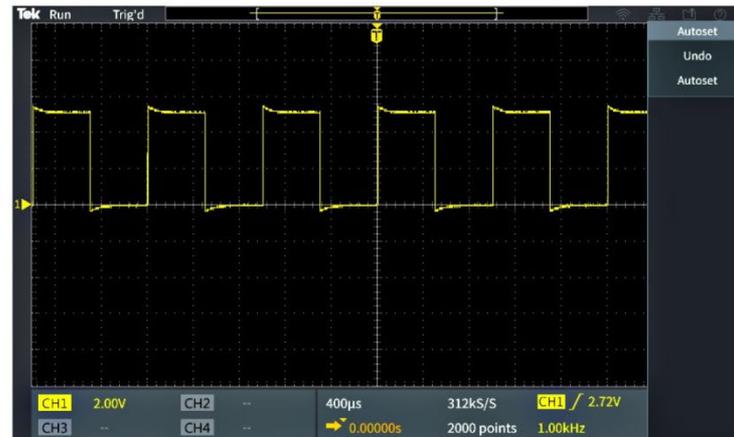
5. Push the **Vertical Menu** button for the channel to which the probe is connected, to display that channel.



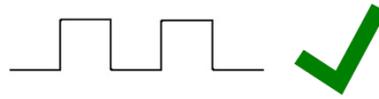
6. Push **Autoset**.



The screen displays a square wave.



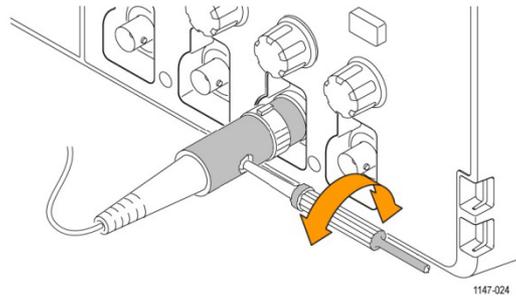
7. Check the shape of the displayed waveform to determine if the probe needs adjusted. If the waveform has a square leading edge and a flat top and bottom, the probe does not need adjusted.



If the waveform leading edge is rounded or has a spike, you need to adjust the probe compensation.



8. Use the probe adjustment tool to adjust the probe to show a flat top and bottom to the waveform. Remove the adjustment tool before looking at the waveform. Repeat until waveform top and bottom are flat.
9. Repeat this procedure from step 5 for each probe connected to each channel. You must also run this procedure if you move a probe from one channel to another.



solo dall'istruttore

Probes and ground leads tip

When taking a real measurement, use the shortest possible ground lead and signal path to minimize probe-induced ringing and distortion on the measured signal.



Signal with a short length ground lead



Signal with a long ground lead