

Relazione di laboratorio: cavo coassiale

Ilaria Brivio (582116)
brivio.ilaria@tiscali.it

Matteo Abis (584206)
webmaster@latinblog.org

Lorenzo Rossato (579393)
supergiovane05@hotmail.com

12 giugno 2009

Abbiamo utilizzato un cavo coassiale di lunghezza $\ell = 49.95 \pm 0.02$ m. Dopo aver cortocircuitato un estremo del cavo ne abbiamo misurato la resistenza complessiva connettendo all'altro capo il multimetro T110B. La misura, realizzata con fondoscala 200Ω , è di 3.2Ω , mentre la resistenza del cortocircuito, misurata con la stessa scala, è di 0.2Ω . Quest'ultima è stata sottratta, e la resistenza per metro risulta

$$R = \frac{3.0}{\ell} = 60 \pm 8 \Omega/\text{km}$$
$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta R_{\text{tot}}}{R_{\text{tot}}} + \frac{\Delta \ell}{\ell} = 14\%$$

L'errore sulla misura della resistenza è infatti lo $0.5\% + 4$ digit. Successivamente abbiamo connesso un potenziometro a fine linea, mentre all'altra estremità abbiamo collegato, con uno sdoppiatore a T, il generatore di funzioni e l'oscilloscopio in accoppiamento DC. Con il generatore abbiamo immesso nella linea un'onda con le seguenti caratteristiche:

forma:	onda quadra
frequenza:	18.51 kHz
ampiezza pp:	1.2 V
valor medio:	0 V

La connessione all'oscilloscopio è stata realizzata applicando a un capo della T la terminazione che separa i conduttori del cavo e collegando a questa una sonda precedentemente compensata.

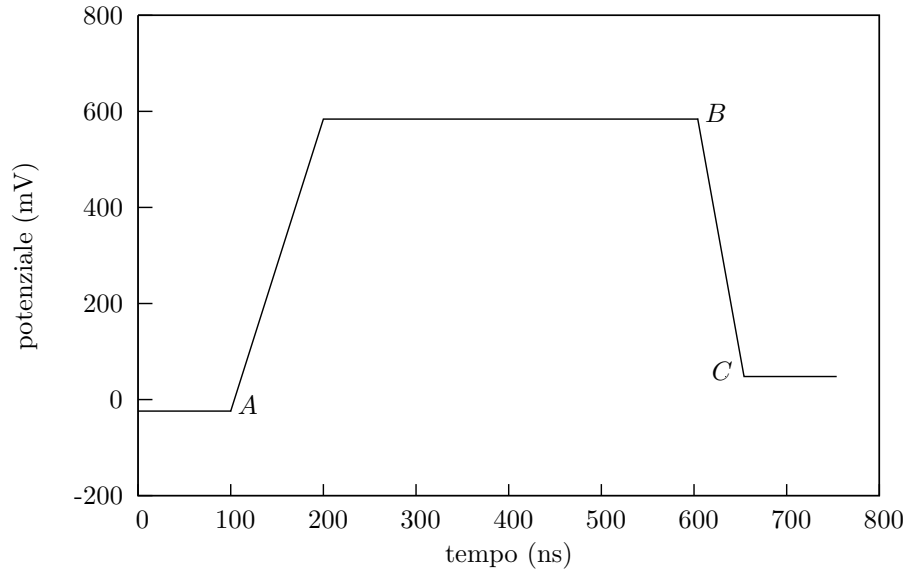
Quando la resistenza del potenziometro vale circa 30Ω il segnale sull'oscilloscopio ha l'andamento riportato in figura 2. A partire da questo valore abbiamo aumentato gradualmente la resistenza fino a osservare la scomparsa dell'onda riflessa: in queste condizioni il segnale ha assunto l'andamento in figura 3. Abbiamo quindi misurato il valore del potenziometro, pari all'impedenza caratteristica del cavo, con il multimetro T110B, fondoscala 200Ω :

$$Z_0 = 50.0 \pm 0.6 \Omega$$

Infine abbiamo sostituito il potenziometro a fine linea con un cortocircuito, mantenendo inalterata la configurazione a inizio linea, con lo stesso segnale in ingresso. L'andamento del segnale sull'oscilloscopio è riportato in figura 1. Il tempo t impiegato dal segnale per percorrere due volte la lunghezza ℓ del cavo è dato dall'intervallo tra gli istanti A e B . In quanto segue chiameremo dunque:

$$t = t_B - t_A = 504.0 \text{ ns}$$
$$V_0 = V_B - V_A = 608 \text{ mV}$$
$$V_r = V_B - V_C = 536 \text{ mV}$$

Grafico 1: Andamento qualitativo del segnale visto dall'oscilloscopio quando il segnale in ingresso è un gradino di tensione (onda quadra) e l'estremità del cavo è cortocircuitata. il risultato è dato dalla sovrapposizione dell'onda in ingresso e di quella riflessa. $t = t_B - t_A = 504.0 \text{ ns}$, $V_0 = V_B - V_A = 608 \text{ mV}$, $V_r = V_B - V_C = 536 \text{ mV}$.



La misura è effettuata con una scala di 100 ns/div e 100 mV/div . Dunque la velocità del segnale lungo la linea, con tolleranza propagata linearmente da quella sul cavo e quella sulle misure di tempo dell'oscilloscopio (dal manuale) è:

$$v = \frac{2\ell}{t} = (1.982 \pm 0.005) \cdot 10^8 \text{ m/s} \approx \frac{2}{3}c$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{\Delta t}{t} = 0.04\% + 0.2\%$$

$$\Delta t = 100 \text{ ppm} + \frac{\text{div}}{100} + 0.6 \text{ ns}$$

Inoltre, si può ricavare l'attenuazione α dalla relazione:

$$V_r = V_0 e^{-2\alpha \ell}$$

Gli errori di scala sulle differenze di potenziale si eliminano perché sono state misurate con la stessa divisione:

$$\alpha = \frac{1}{2\ell} \log \frac{V_0}{V_r} = (1261.7 \pm 0.5) \cdot 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{\Delta \alpha}{\alpha} = \frac{\Delta \ell}{\ell} = 0.04\%$$

Dalle misure effettuate abbiamo ricavato i valori di conduttanza G , induttanza L e capacità

C del cavo per metro:

$$G = \frac{R}{Z_0^2} = 24 \pm 4 \mu\text{S/m}$$

$$L = \frac{Z_0}{v} = 0.252 \pm 0.004 \mu\text{H/m}$$

$$C = \frac{1}{Z_0 v} = 100.9 \pm 1.4 \text{ pF/m}$$

Le tolleranze sono associate allo stesso modo delle misure precedenti, ovvero con propagazione lineare:

$$\frac{\Delta G}{G} = 2 \frac{\Delta Z_0}{Z_0} + \frac{\Delta R}{R} = 16.4\%$$

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta Z_0}{Z_0} + \frac{\Delta v}{v} = 1.4\%$$

Grafico 2: Andamento qualitativo del segnale visto dall'oscilloscopio quando la resistenza del potenziometro connesso a fine linea vale circa 30Ω

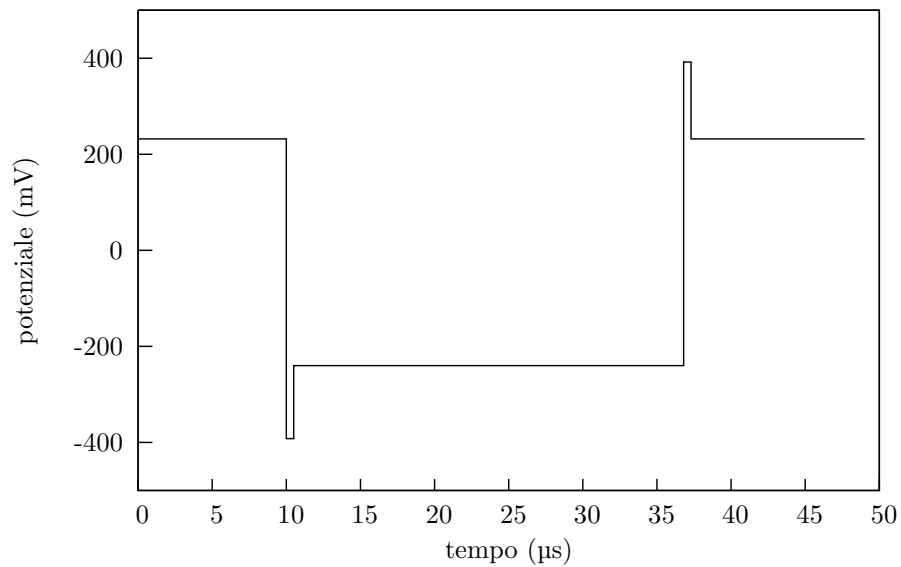


Grafico 3: Andamento qualitativo del segnale visto dall'oscilloscopio quando si osserva l'assenza di distorsioni dell'onda quadra in ingresso. In queste condizioni il cavo coassiale è terminato sulla propria impedenza caratteristica, che vale $50.0\ \Omega$

