

# Esperienza 1

Brugnara Fabio  
Debiasi Maddalena  
Musso Francesco  
**Gruppo A01**

3 ottobre 2019

# 1 Misura della velocità di propagazione dell'onda e dell'attenuazione nei cavi RG58

Si stima la velocità di propagazione e l'attenuazione di segnali nei cavi RG58, mandando un impulso nel cavo. Mediante l'utilizzo di un oscilloscopio, per differenti lunghezze di cavo, si registra la tensione dell'impulso in entrata e dell'impulso riflesso alla terminazione del cavo oltre alla distanza temporale del secondo rispetto al primo.

Per stimare la velocità del segnale si effettua una regressione lineare dello spazio percorso dal segnale, il doppio della lunghezza del cavo utilizzato, e il ritardo tra i due impulsi, grazie alla seguente legge:

$$\ell(t) = \ell_0 + vt \quad (1)$$

dove ci si aspetta che  $\ell_0$  si compatibili con zero.

Si riporta di seguito il grafico di  $\ell$  in funzione di  $t$ .

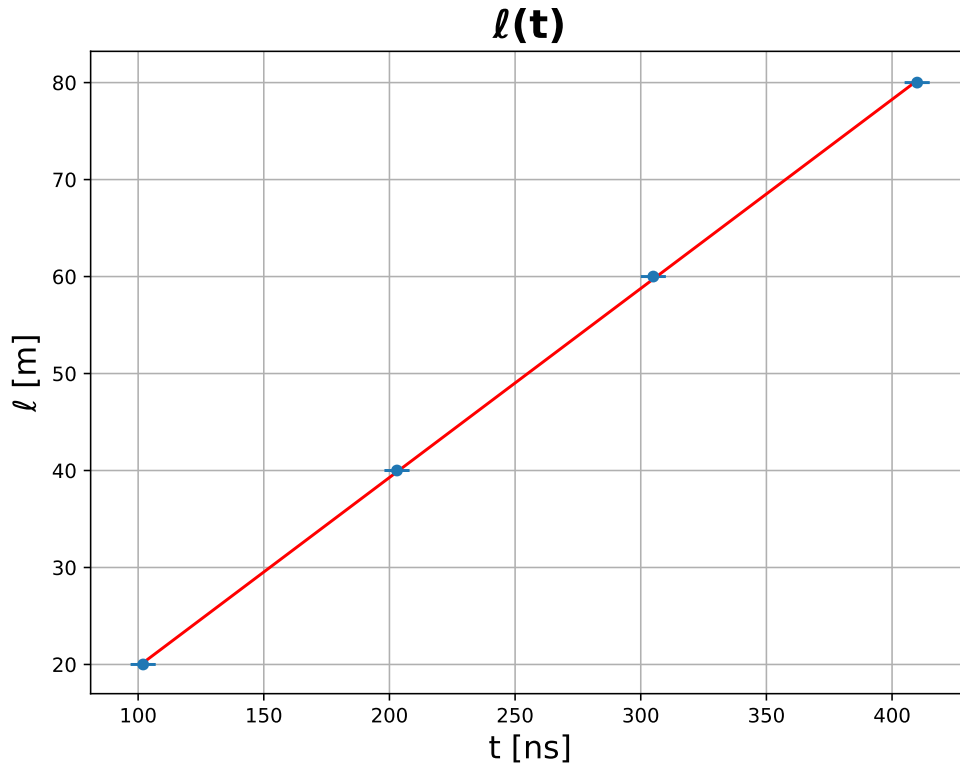


Figura 1: Grafico  $\ell - t$

I valori derivanti dal fit sono:

$$v = (1.95 \pm 0.01) \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad \ell_0 = (0.3 \pm 0.3) \text{ m} \quad (2)$$

Come da previsione,  $\ell_0$  è compatibile con zero. Da considerazioni teoriche si evince che  $v = 1/\sqrt{L'C'}$ , dove  $L'$  e  $C'$  sono rispettivamente l'induttanza e la capacità per unità di lunghezza del cavo. Grazie alle stime di  $L'$  e  $C'$  eseguite nell'esperienza precedente otteniamo  $v = (2.04 \pm 0.07) \cdot 10^8 \text{ m/s}$  che risulta compatibile con quello sopra citato.

Avendo stimato  $v$  possiamo determinare l'indice di rifrazione del dielettrico presente nel cavo (polietilene). Ricordando che  $n = c/v$  si ottiene  $n = 1.54 \pm 0.01$  che risulta compatibile in un intervallo di tre sigma con il valore tabulato<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>[https://en.wikipedia.org/wiki/Relative\\_permittivity](https://en.wikipedia.org/wiki/Relative_permittivity) dove  $n \simeq \sqrt{\epsilon_r}$

Si procede con lo studio dell'andamento dell'attenuazione del segnale in funzione della lunghezza del cavo. Definiamo l'attenuazione come  $G = 20 \log 10(\frac{V_b}{V_f})$  dove  $V_f$  è il valore del picco della tensione dell'onda in andata, mentre  $V_b$  quello dell'onda di ritorno.

Eseguendo un fit lineare di  $G$  in funzione di  $\ell$  si ricava il coefficiente di attenuazione per unità di lunghezza. Si riporta in seguito il grafico di  $G$  in funzione di  $\ell$  con la relativa regressione lineare.

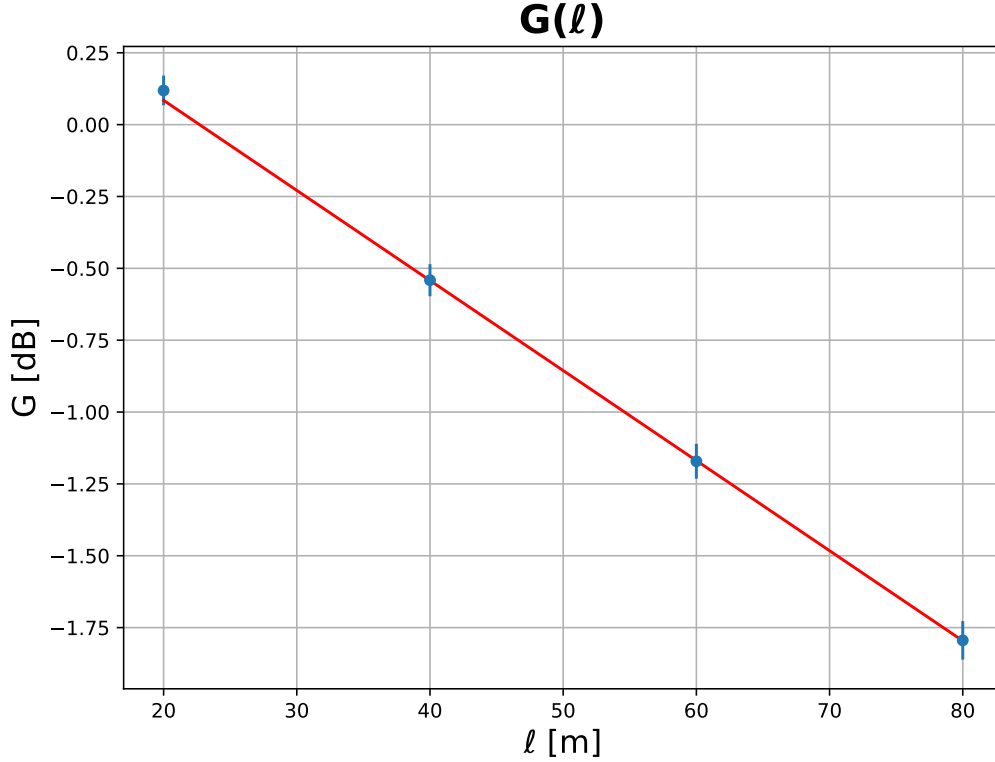


Figura 2: Grafico  $G - \ell$

Il coefficiente  $\alpha$  di attenuazione per metro risulta essere  $\alpha = (-0.0313 \pm 0.0001)$  dB/m.

## 2 Misura del coefficiente di riflessione

Si procede con la misura del coefficiente di riflessione di un cavo RG58 di 10m terminato con una resistenza variabile (trimmer) in funzione del valore di resistenza. Si effettuano misure di tensione dell'impulso riflesso variando la resistenza di terminazione  $Z_L$ . La legge che lega queste quantità è:

$$V(Z_L) = V_{max} \Gamma \quad \text{con} \quad \Gamma = \frac{Z_L - Z}{Z_L + Z} \quad (3)$$

dove  $Z$  è l'impedenza caratteristica del cavo coassiale e  $V_{max}$  la tensione del picco riflesso a circuito aperto. Le misure sono state prese utilizzando i cursori dell'oscilloscopio, l'errore è stato assegnato valutando il limite massimo e il limite minimo del picco valutabili con il cursore e viene d'ora in poi trattato come un errore di risoluzione.

Di seguito è riportato il grafico delle tensioni in funzione del carico  $Z_L$ .

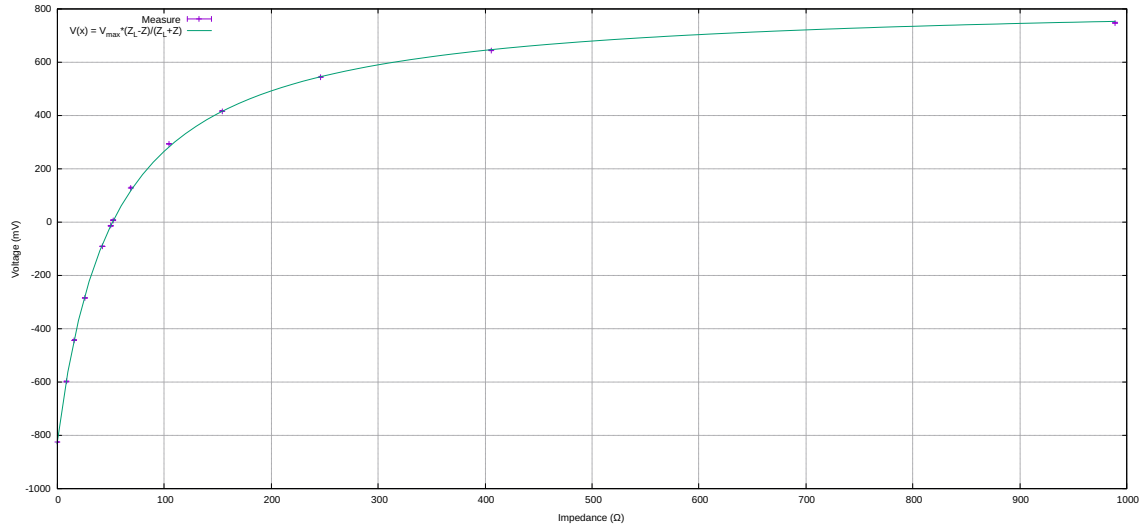


Figura 3: Grafico  $V - Z_L$  relativo alle attenuazioni

Si esegue un fit con i dati utilizzando l'equazione 3 per trovare i parametri  $Z$  e  $V_{max}$ . I valori trovati sono:

$$Z = (52.0 \pm 0.3) \Omega \quad V_{Z_L=\infty} = (835 \pm 3) \text{ mV} \quad (4)$$

Il valore misurato di tensione del picco a circuito aperto è  $V_m \text{ } Z_L=\infty = (833 \pm 2) \text{ mV}$ , che risulta dunque compatibile con i parametri derivanti dal fit.

Si verifica ora che l'ampiezza dell'onda riflessa sia compatibile con 0 nella configurazione  $Z_L \simeq 50 \Omega$ : come si deduce dall'equazione 3, essendo  $Z = 50 \Omega$ , in questa configurazione la resistenza di carico assorbe completamente l'impulso. Si mostra di seguito il grafico rappresentante il coefficiente di riflessione in funzione di  $Z_L$ , non è necessario rieseguire il fit essendo, per quanto riguarda la fisica, uguale al grafico mostrato prima.

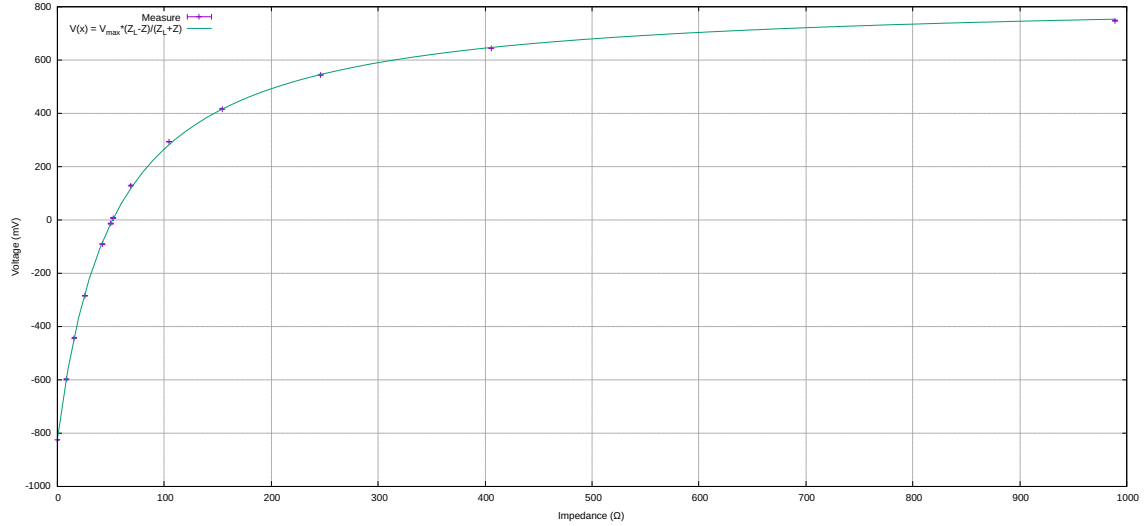


Figura 4: Grafico  $\Gamma - Z_L$  coefficiente di riflessione

Per accertarsi che il coefficiente di riflessione  $\Gamma = 0$  corrisponda alla resistenza di terminazione di  $50 \Omega$  si esegue uno zoom.

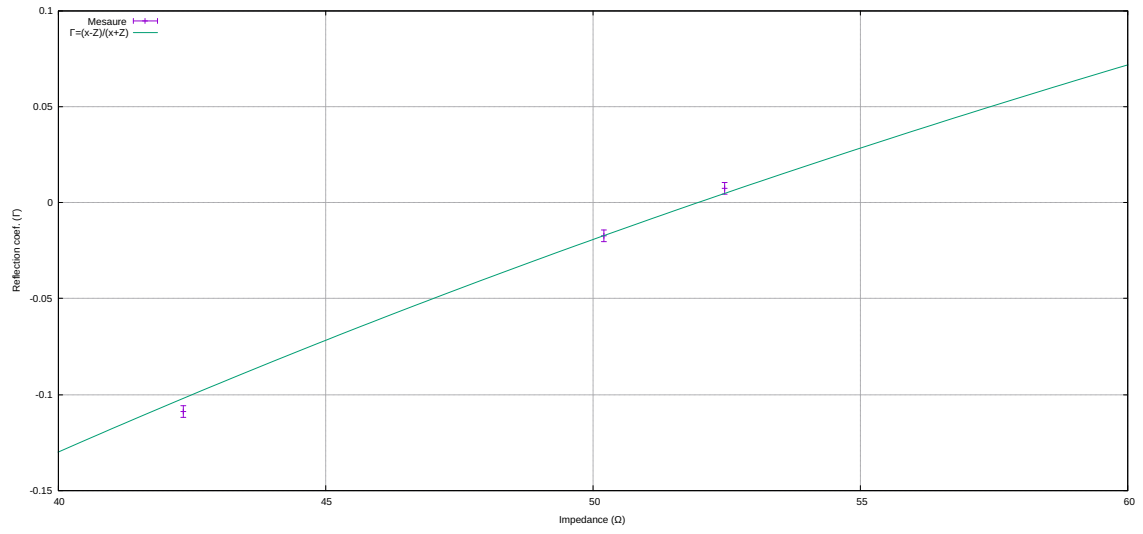


Figura 5: Grafico  $\Gamma - Z_L$  Zoom

Si nota come le misure del coefficiente di riflessione  $\Gamma = V/V_{Z=\infty}$  intorno a  $Z_L = 50 \Omega$  siano compatibili con 0.