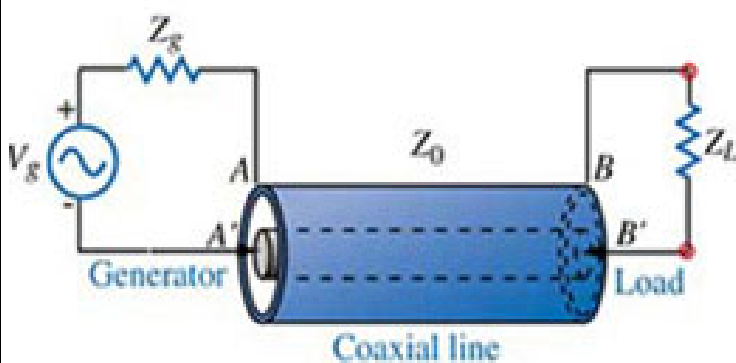
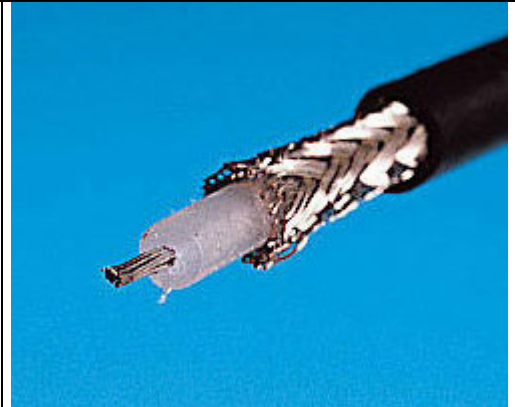


# MISURA DELLA VELOCITA' DI UN SEGNALE ELETTROMAGNETICO IN UN CAVO COASSIALE

## Introduzione

**Che cos'è un cavo coassiale.** Un cavo coassiale è formato da una coppia di conduttori metallici di forma cilindrica, diversi tra loro isolati e disposti in modo tale che l'uno si trova all'interno dell'altro. Il conduttore interno è pieno mentre quello esterno è formato da una treccia di fili (calza). I due conduttori per mantenersi concentrici sono distanziati da materiale isolante. Il conduttore esterno è ricoperto da una guaina di materiale termoplastico di protezione.



Si consideri un generatore che eroga un segnale di tensione variabile e dotato di impedenza interna  $Z_g$  collegato, attraverso un cavo coassiale di impedenza caratteristica  $Z_0$ , ad un carico  $Z_L$ . La propagazione del segnale lungo il cavo avviene come una variazione del campo elettrico e magnetico che risultano concatenati. Nel cavo, pertanto, si propaga un'onda elettromagnetica che, dopo un certo tempo, raggiunge il termine della linea. Se  $Z_0 \neq Z_L$  si genera un'onda riflessa che riattraversa il cavo.

**La velocità di un segnale in un cavo coassiale.** La velocità del segnale erogato dal generatore è data dalla relazione:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

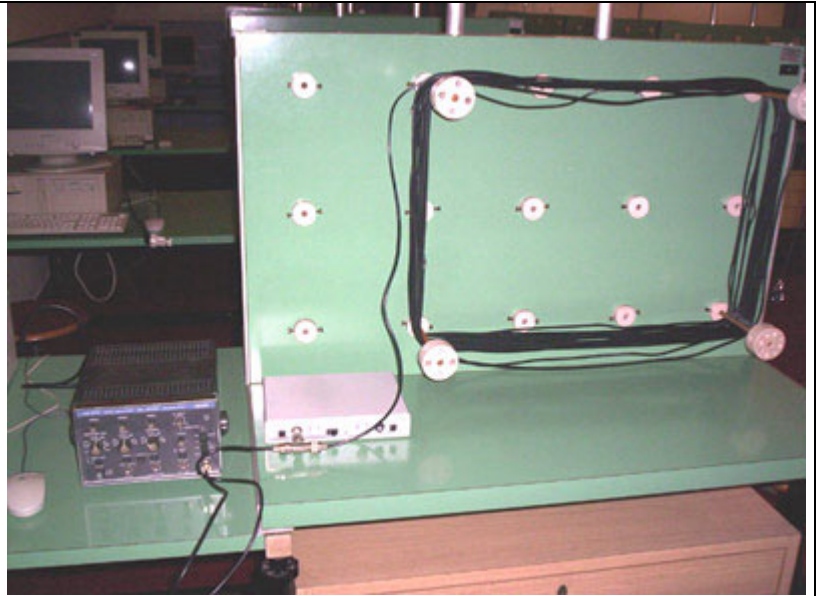
dove  $\epsilon$  e  $\mu$  sono, rispettivamente, la costante dielettrica e la permeabilità magnetica del mezzo isolante che separa i conduttori. Tale materiale è caratterizzato da una permeabilità  $\mu = \mu_0$ , dove  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto. Definendo la costante dielettrica del mezzo in termini relativi  $\epsilon_r$  si ottiene:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

**Scopo dell'esperimento.** Determinazione della velocità di propagazione di un segnale e della costante dielettrica di un cavo coassiale.

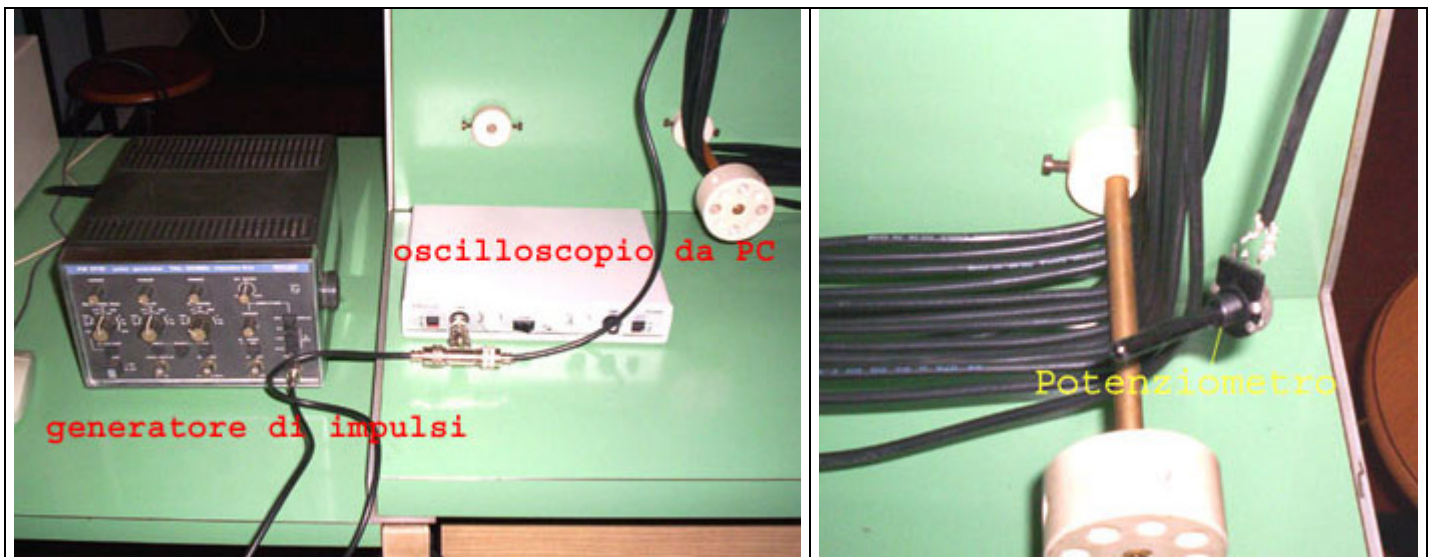
### **Materiale occorrente.**

- Generatore di impulsi, ad esempio Philips PM 5712;
- oscilloscopio digitale, ad esempio oscilloscopio digitale da PC Velleman PCS 64i;
- circa 30 metri di cavo coassiale con impedenza da 50  $\Omega$ , ad esempio 33 metri di cavo RG 58;
- connettore a T;
- potenziometro da 2200  $\Omega$ .



### **Esecuzione dell'esperimento**

Il generatore di impulsi è collegato al canale A dell'oscilloscopio ove si pone una connessione a T e da questa si fa proseguire 33 metri di cavo coassiale terminato con un potenziometro da 2200  $\Omega$ .

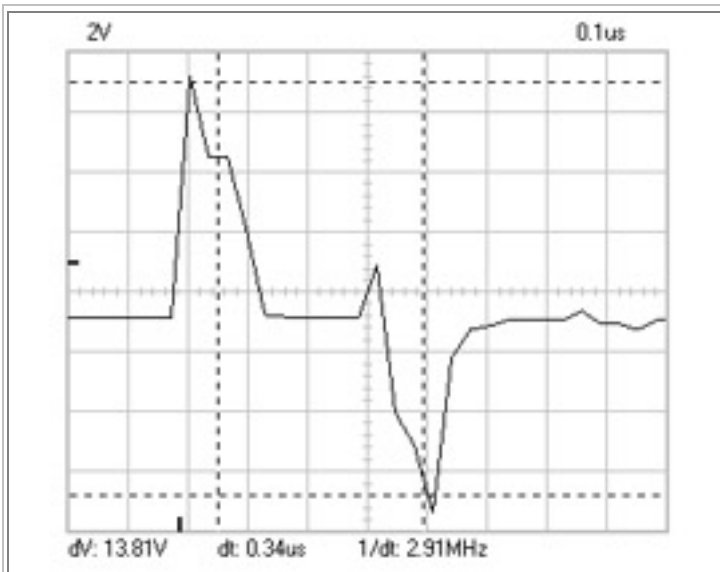


Come segnale si seleziona un'onda rettangolare di frequenza pari a qualche centinaia di KHz. Il singolo impulso si presenta all'ingresso dell'oscilloscopio che lo visualizza e prosegue lungo i 33 metri di cavo al termine del quale incontra il potenziometro. Se il potenziometro è predisposto per un'impedenza diversa da quella di 50  $\Omega$  del cavo si genera un'onda riflessa che torna indietro dove viene visualizzata in ritardo rispetto all'onda incidente. Modificando il valore del potenziometro si ottengono alcune immagini caratteristiche.

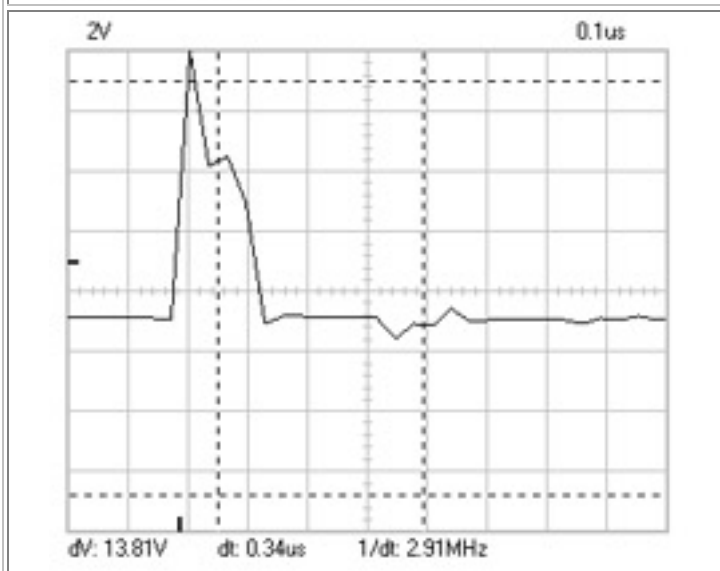
## Misure

Le seguenti schermate dell'oscilloscopio digitale sono state catturate con il generatore di impulsi impostato nel seguente modo:

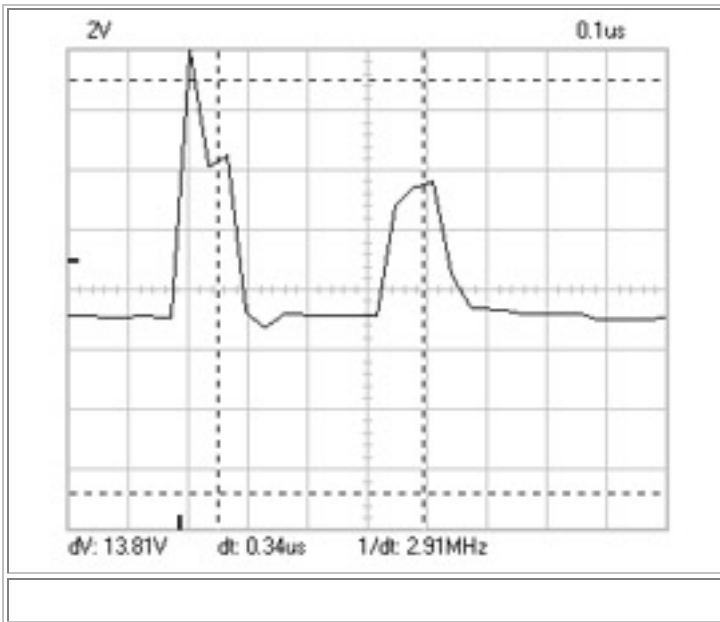
*duration: 100 nanosecond; repetition time: 10 microsecondi; delay: 10 microsecondi. Il Time/div dell'oscilloscopio è di 0.1 microsecondi.*



**Linea disadattata.** Il segnale partito dal generatore (a sinistra nell'immagine) è stato visualizzato dall'oscilloscopio ed è proseguito fino al termine della linea dove ha incontrato il potenziometro la cui manopola è stata ruotata in modo da selezionare una resistenza minore di quella da 50 Ω del cavetto. Si è formata un'onda riflessa, capovolta rispetto a quella di partenza, che ha riattraversato il cavo fino all'ingresso dove è stata visualizzata.



**Linea adattata.** Quando il potenziometro assume il valore di 50 Ω manca la riflessione.



**Linea disadattata.** Se l'impedenza di carico è maggiore di  $50 \Omega$ , che è l'impedenza del cavo, si forma l'onda riflessa non capovolta.

Dal tempo  $t$  intercorso fra l'ingresso dell'impulso incidente nell'oscilloscopio e il ritorno dell'impulso riflesso sull'estremità si deduce la velocità  $v$  di propagazione del segnale nel cavo, essendo nota la lunghezza  $l$  della linea:

$$v = \frac{2l}{\Delta t} = \frac{2 \cdot 33 \text{ m}}{0.34 \cdot 10^{-6} \text{ s}} = 1.94 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La costante dielettrica del mezzo isolante che separa i due conduttori vale:

$$\epsilon_r = \left( \frac{c}{v} \right)^2 = \left( \frac{3 \cdot 10^8}{1.94 \cdot 10^8} \right)^2 = 2.4$$

## Considerazioni finali

L'esperienza ha permesso di stabilire che la velocità di un segnale elettromagnetico in un cavo coassiale è, circa, il 35% inferiore a quella della luce nel vuoto. Il suo valore dipende dalla costante dielettrica dell'isolante del cavo. Il valore ottenuto (2.4) per tale grandezza mostra che il dielettrico utilizzato è TEFLON. Si tratta di un ottimo isolante decisamente migliore del PVC o del TPR, utilizzati nei cavi più economici, che presentano una costante dielettrica tra gli 8 e 15.

L'esperienza ha inoltre mostrato che quando un generico carico deve essere connesso ad un generatore, tramite una linea di trasmissione, è importante adattare il carico alla linea. Se l'impedenza del carico non è uguale a quella della linea si genera un'onda riflessa la quale assorbe una parte della potenza incidente sul carico.