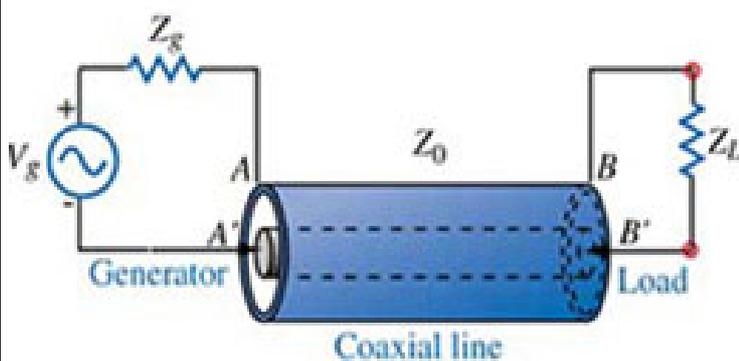
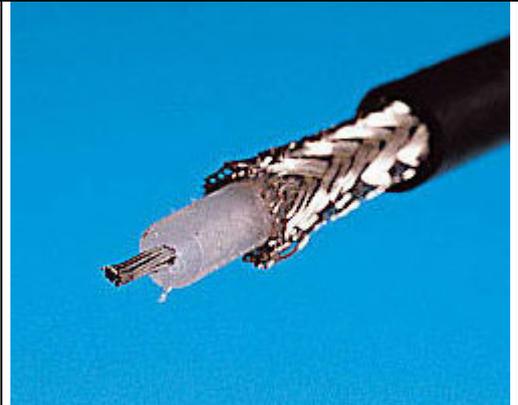


MISURA DELLA VELOCITA' DI UN SEGNALE ELETTROMAGNETICO IN UN CAVO COASSIALE

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:

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

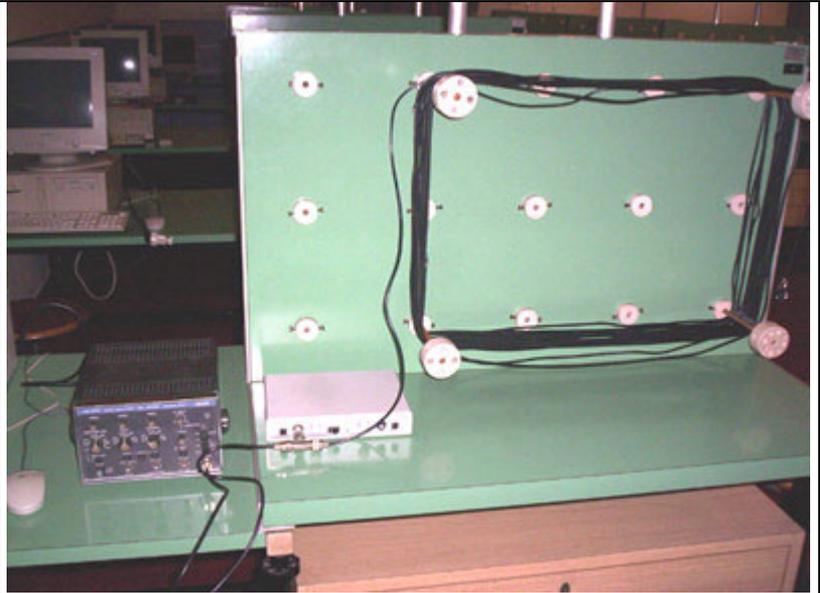
dove ϵ e μ sono, rispettivamente, la costante dielettrica e la permeabilità magnetica del mezzo isolante che separa i conduttori. Tale materiale è caratterizzato da una permeabilità $\mu = \mu_0$, dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto. Definendo la costante dielettrica del mezzo in termini relativi ϵ_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.

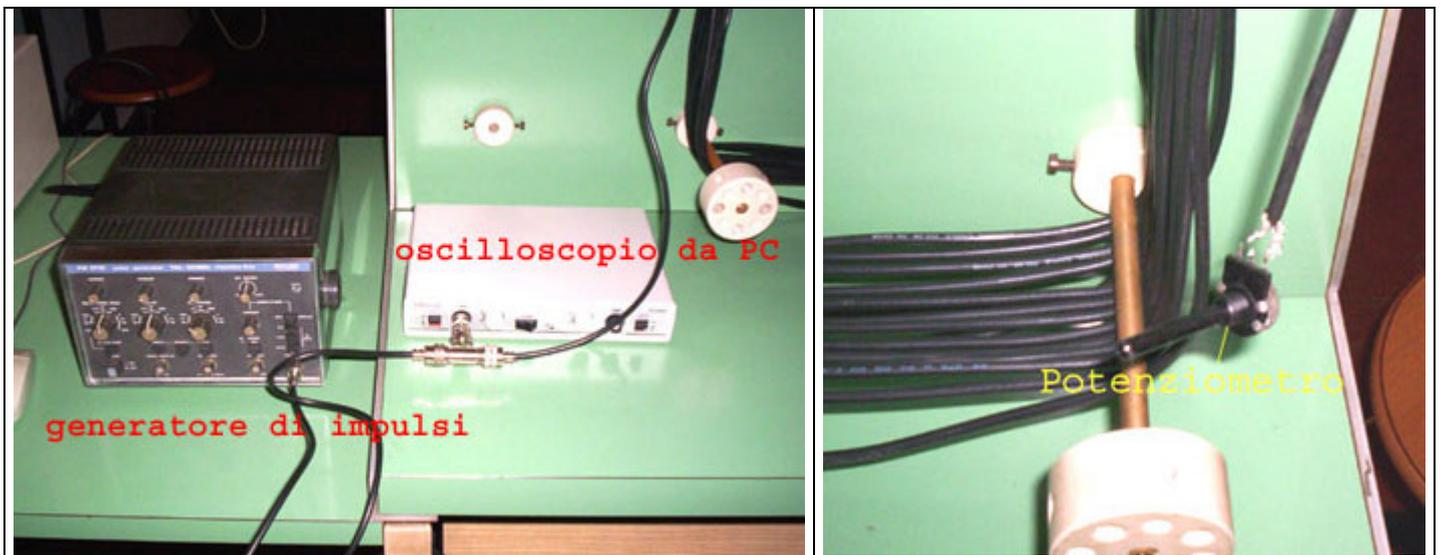
Materiale occorrente.

- 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 Ω , ad esempio 33 metri di cavo RG 58;
- connettore a T;
- potenziometro da 2200 Ω .



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 Ω .

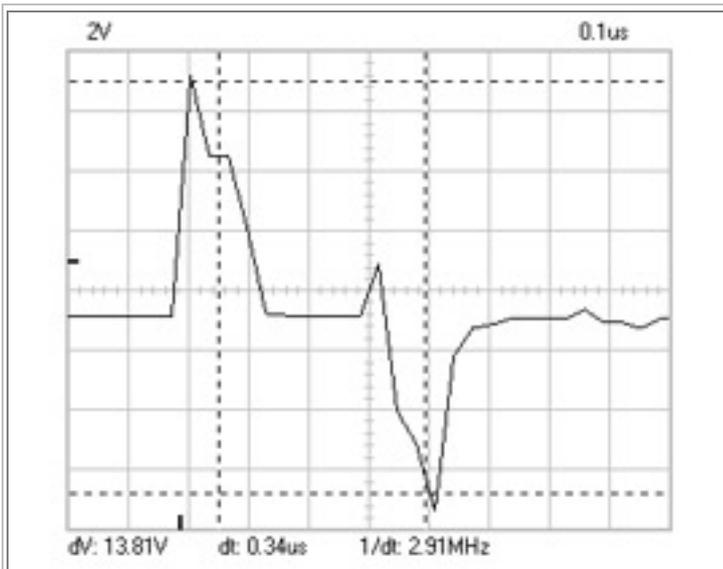


Come segnale si seleziona un'onda rettangolare di frequenza pari a qualche centinaia di KHz. Il singolo impulso si presenta all'ingresso dell'oscilloscopio che lo visualizza e prosegue lungo i 33 metri di cavo al termine del quale incontra il potenziometro. Se il potenziometro è predisposto per un'impedenza diversa da quella di 50 Ω 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.

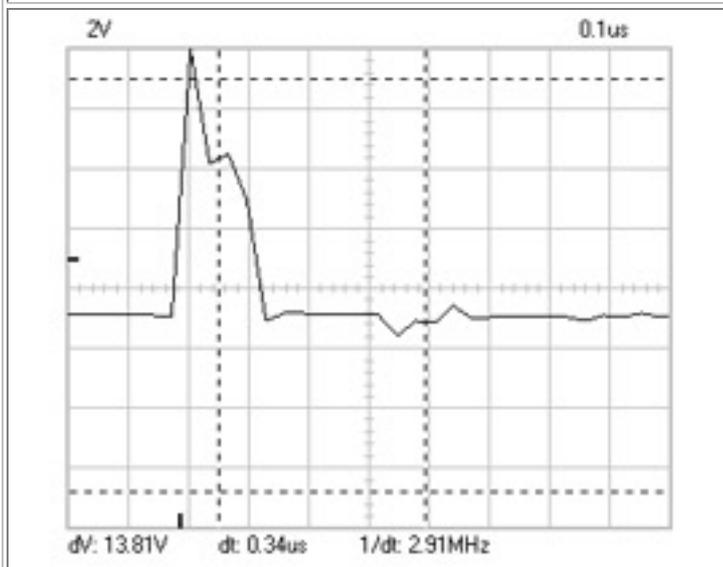
Misure

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

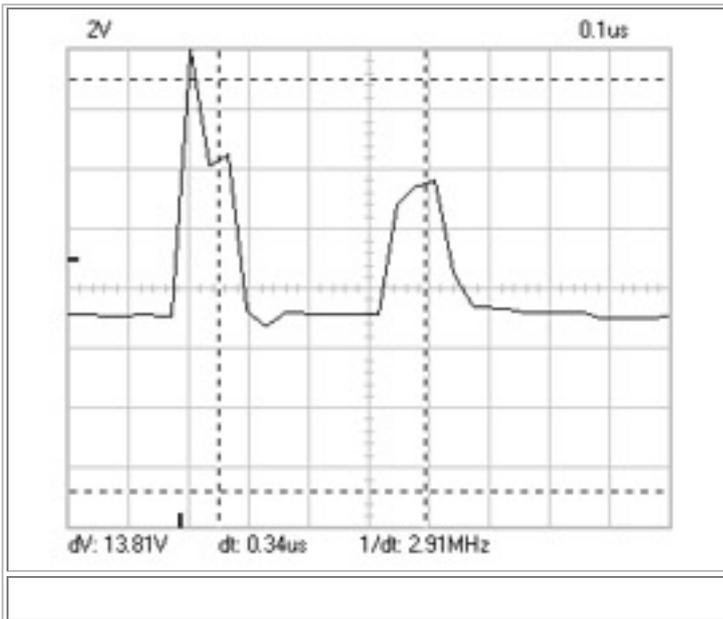
duration: 100 nanosecond; repetition time: 10 microsecondi; delay: 10 microsecondi. Il Time/div dell'oscilloscopio è di 0.1 microsecondi.



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 $50\ \Omega$ 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 $50\ \Omega$ manca la riflessione.



Linea disadattata. Se l'impedenza di carico è maggiore di 50Ω , 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.