

Campi Elettromagnetici - Laboratorio 1

a.a 2024/2025

TRANSITORI SU LINEE DI TRASMISSIONE

Specifiche

Scopo di questa esercitazione è verificare il comportamento di spezzoni di linea in diverse condizioni di pilotaggio e di terminazione.

L'esecuzione delle misure richiede l'allestimento di un banco riflettometrico con strumenti standard.

Strumentazione e componenti richiesti:

- Generatore di segnali con impedenza di uscita 50Ω
- Oscilloscopio con banda passante di almeno di 60 MHz
- Matassa di cavo con impedenza caratteristica $Z_W = 50 \Omega$ (RG58) di 15 - 20 m
- Altro spezzone di cavo di 1 - 2 m
- Adattatori e terminazione a 50Ω
- Altre resistenze per realizzare terminazioni non adattate e disadattamento al generatore (22, 120, 220 Ω)
- Condensatori per terminazione RC: 1 nF, 47 nF, 1 μ F

Progetto

In questa esercitazione la parte di progetto comprende il calcolo delle forme d'onda previste per le diverse situazioni in cui vengono effettuate delle misure mediante il diagramma a traliccio.

Misure

La disposizione degli strumenti da usare per tutte le misure è indicata nella figura 1. L'oscilloscopio rileva i segnali ai due estremi del cavo in diverse condizioni di pilotaggio e di terminazione. Per collegare elementi circuitali in serie o in parallelo al cavo sfruttare la basetta con le morsettiere riportate dai BNC. La basetta va collocata, a seconda della misura in atto, dal lato generatore o dal lato terminazione (vedi Fig. 1).

Il generatore va predisposto per generare onde quadre di ampiezza 2 V con frequenza 200 kHz circa con offset 1V. (dati indicativi, per ottenere una comoda visualizzazione sull'oscilloscopio). Attenzione: il punto è il separatore decimale.

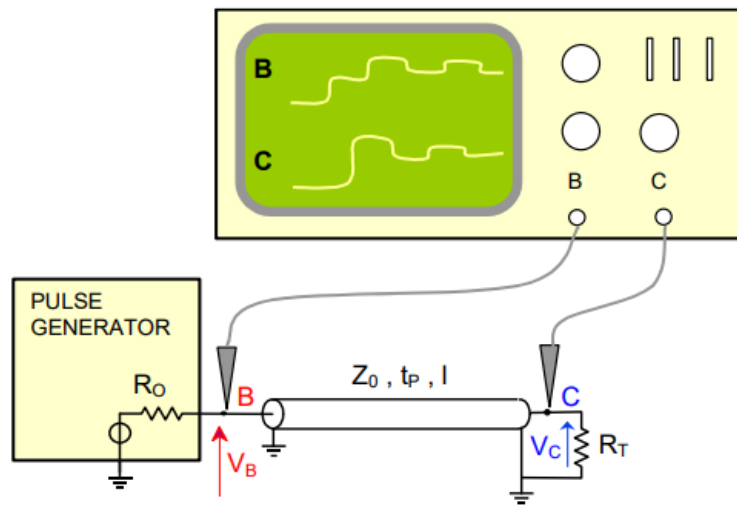


Figura 1: Banco di misura

Le misure da eseguire sono nell'ordine:

- A) Misura dei parametri del generatore;
- B) Misura dei parametri del cavo;
- C) Effetti del disadattamento in B e in C;
- D) Effetti del carico capacitivo;

La lunghezza del cavo determina il tempo di trasmissione t_P , e di conseguenza la scala dei tempi per tutte le misure e le caratteristiche degli strumenti. Con 10 m di cavo è possibile eseguire le misure con un oscilloscopio da 100 MHz. I componenti agli estremi del cavo possono essere collegati con adattatori del tipo mostrato in figura 2.

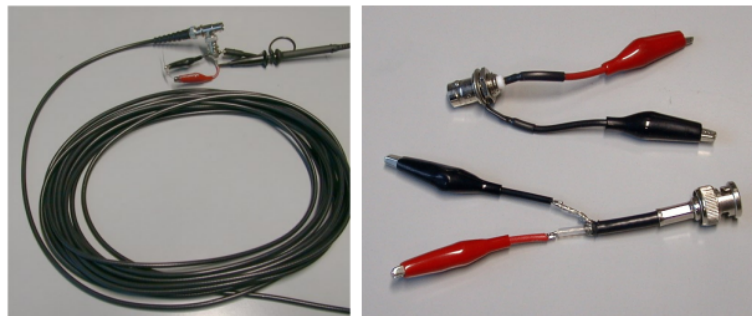


Figura 2: Cavo e pinze per i collegamenti usati per l'esperienza

A) Misura dei parametri del generatore

1. Verificare l'ampiezza V_B dell'uscita del generatore a vuoto utilizzando la sonda dell'oscilloscopio (vedi Fig. 3a).
2. Collegare al generatore un carico R_L noto (ad esempio 100Ω), e misurare il nuovo valore di V_B ; dalle due misure calcolare l'impedenza di uscita R_O del generatore (Figura 3b). Il valore ottenuto deve essere prossimo a 50Ω .

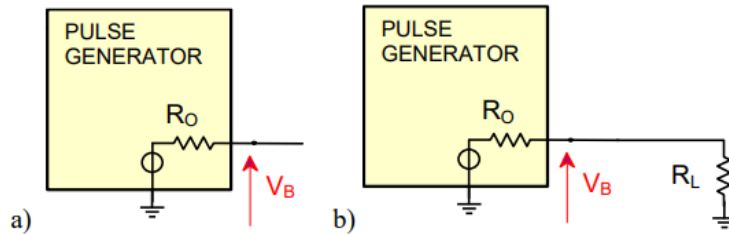


Figura 3: Misura dell'impedenza di uscita del generatore

B) Misura dei parametri del cavo

1. Collegare il generatore ed i cavi corto e lungo ai due canali dell'oscilloscopio, e verificare le forme d'onda ai due estremi. (Figura 4); confrontare con il risultato ricavato con diagramma a traliccio (Esercizio 1). Dalla forma d'onda rilevata in B (lato generatore) e dalla lunghezza (misurata) del cavo, calcolare la velocità di propagazione. Per il cavo RG58 si dovrà ottenere un valore prossimo a $0,7c$.

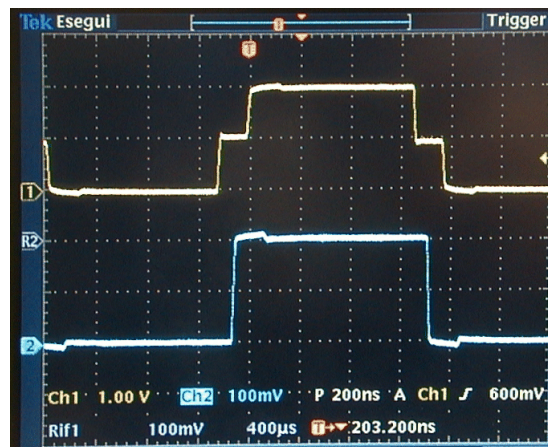


Figura 4: La traccia superiore corrisponde al segnale lato generatore; i due gradini corrispondono rispettivamente all'onda incidente e all'onda riflessa. Dato che il generatore è adattato, non vi sono ulteriori riflessioni

2. Collegare una resistenza di terminazione da 50Ω (vedi Appendice) e verificare l'assenza di riflessioni.

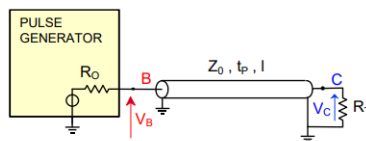


Figura 5: Misura della velocità di propagazione nel cavo

C) Disadattamento sul generatore e sul carico

1. Collegare una resistenza R_S (220Ω) in serie tra generatore e linea, lasciando la linea aperta in C ($\Gamma_C = 1$).
2. Dalle forme d'onda ai due estremi calcolare il coefficiente di riflessione Γ_G (generatore), e confrontare con il valore calcolato.

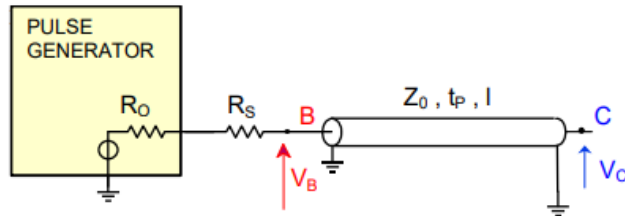


Figura 6: Resistenza di terminazione serie per $R_O < Z_0$, linea aperta

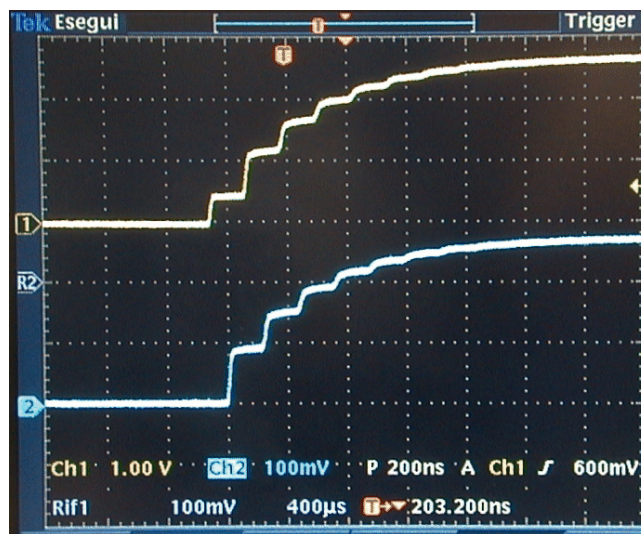


Figura 7: Segnali per $R_O > Z_0$, e linea aperta

Ripetere la misura con resistenza equivalente del generatore più bassa della impedenza caratteristica (inserire una resistenza da 22Ω in parallelo sull'uscita del generatore). Dato che il coefficiente di riflessione lato generatore è negativo, saranno presenti delle oscillazioni. Verificare le forme d'onda ottenute con quelle teoriche ottenute con il diagramma a traliccio, e il valore misurato di Γ_G con quello calcolato.

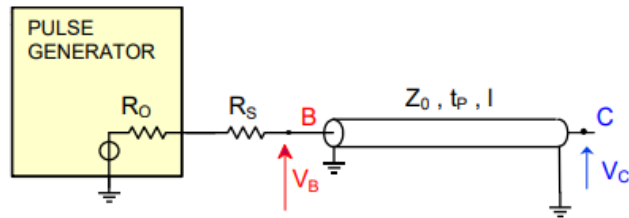


Figura 8: Resistenza $R_G < Z_0$, linea aperta

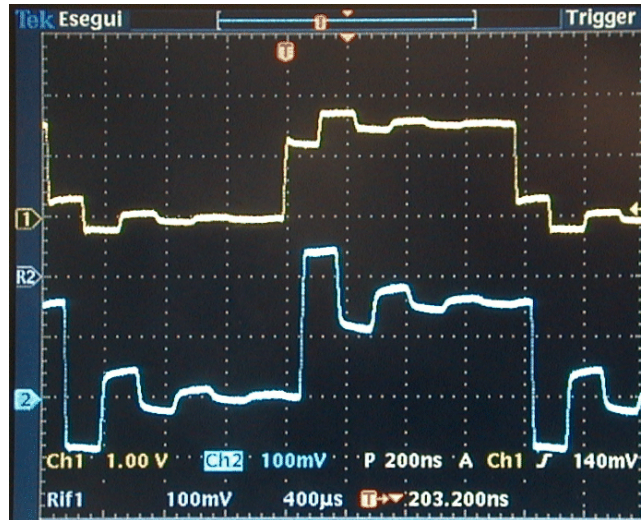


Figura 9: Segnali per $R_G < Z_0$, linea aperta

D) Carico capacitivo

1. Collegare un condensatore da 1 nF in C.
2. Verificare le forme d'onda agli estremi del cavo.

Per un'analisi di prima approssimazione, quando il gradino raggiunge C, il condensatore può essere considerato un corto circuito ($\Gamma_C = -1$), mentre a transitorio esaurito diventa un circuito aperto ($\Gamma_C = 1$). Quindi le forme d'onda corrispondono a quelle di un corto circuito per $t = t_P$ in C, e per $t = 2 t_P$ in B.

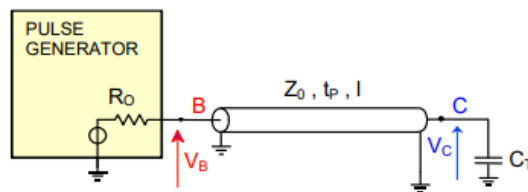


Figura 10: Verifica delle forme d'onda con carico capacitivo

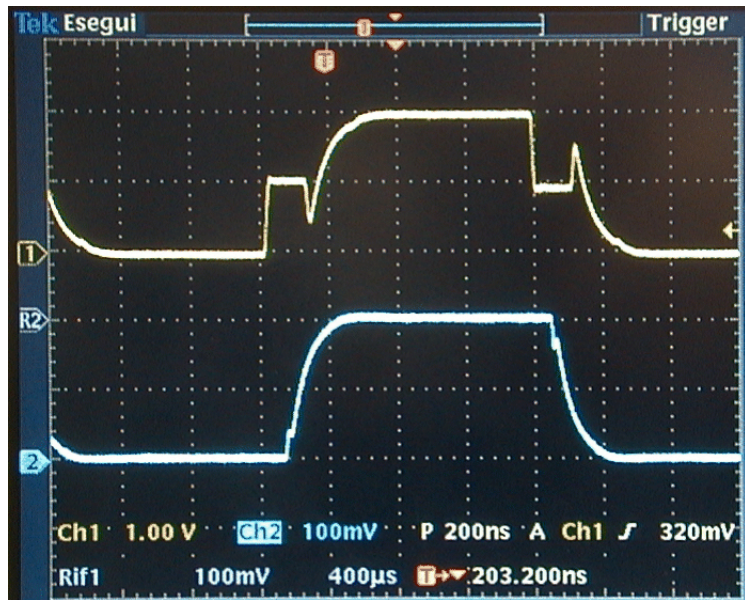


Figura 11: Forme d'onda nella linea di trasmissione con carico capacitivo

APPENDICE A

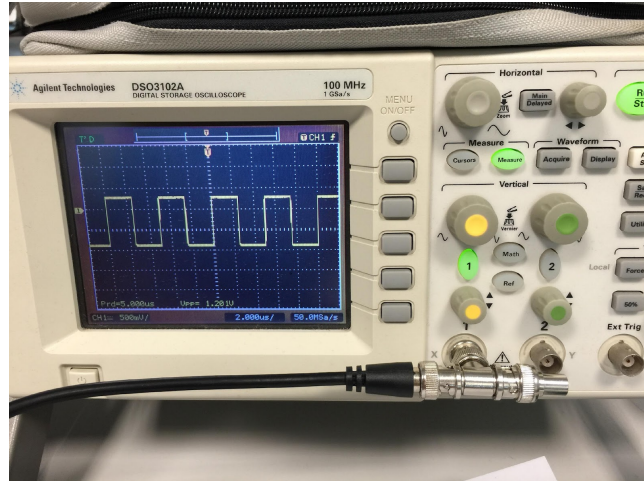


Figura 12: Collegamento carico da 50 Ω



Figura 13: Collegamento resistenza in serie



Figura 14: Collegamento resistenza in parallelo

APPENDICE B

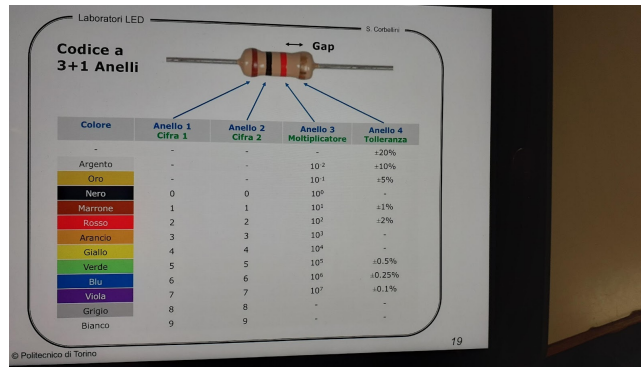


Figura 15: Codice resistenze

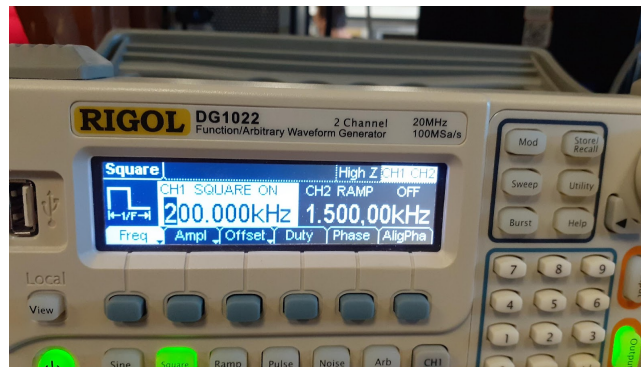


Figura 16: Generatore Rigol



Figura 17: Scale oscilloscopio