

Esercitazione 8°: 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 $50\ \Omega$
- Oscilloscopio con banda passante di almeno 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 $50\ \Omega$
- Altre resistenze per realizzare terminazioni non adattate e disadattamento al generatore (15, 22, 120, 220 Ω)
- Condensatori per terminazione RC: 1 nF, 47 nF, 1 microF
- Circuiti logici di varie famiglie (LS, HC, BCT, ACT, ...)

Progetto

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

Il calcolo può essere eseguito con la tecnica del diagramma a traliccio o con diagramma di Bergeron, e verificato con simulazioni PSPICE.

Misure

La disposizione degli strumenti da usare per tutte le misure è indicata nella figura 1. Il generatore pilota la matassa di cavo. 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.

Il generatore va predisposto per generare onde quadre di ampiezza 2 V con frequenza 200 kHz circa (dati indicativi, per ottenere una comoda visualizzazione sull'oscilloscopio).

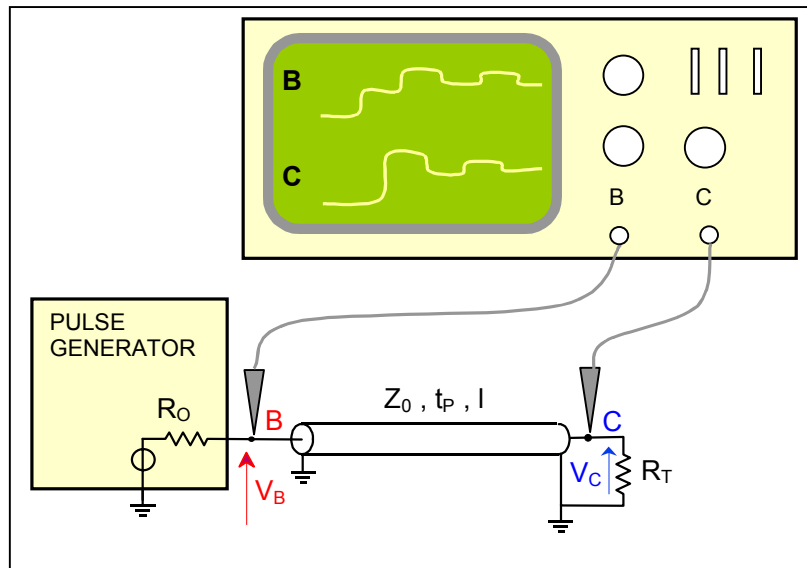


Fig 1 Banco di misura

Le misure da eseguire sono nell'ordine:

- A) Misura dei parametri del generatore;
- B) Misura dei parametri del cavo;
- C) Effetti del disadattamento lato generatore e lato remoto;
- D) Effetti del carico capacitivo;
- E) Riflettometria nel dominio del tempo;
- F) Linea pilotata da circuiti logici.

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 5.2

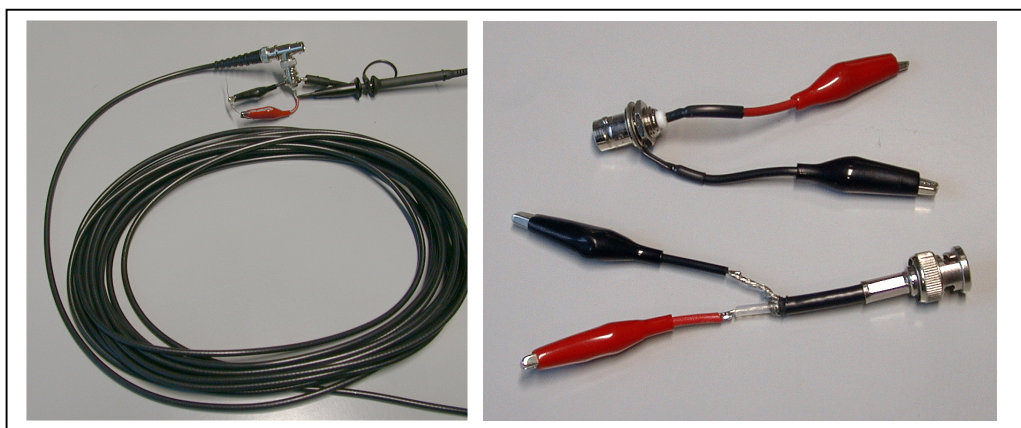


Fig 2 Cavo e adattatori usati per l'esperienza.

A) Misura dei parametri del generatore

- 1) Verificare l'ampiezza V_B dell'uscita del generatore a vuoto (Figura 5.3 a).
- 2) Collegare al generatore un carico R_L noto (ad esempio. $100\ \Omega$), e misurare il nuovo valore di V_B ; dalle due misure calcolare l'impedenza di uscita R_O del generatore (Figura 3 b). Il valore ottenuto deve essere prossimo a $50\ \Omega$.

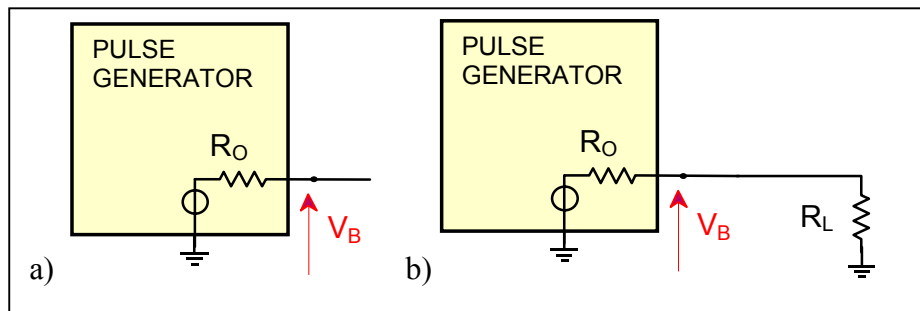


Fig 3 Misura dell'impedenza di uscita del generatore.

B) Misura dei parametri del cavo

- 1) Collegare il generatore al cavo, con estremo aperto, e verificare le forme d'onda ai due estremi. (Figura 5.4); confrontare con il risultato ricavato con diagramma a traliccio.

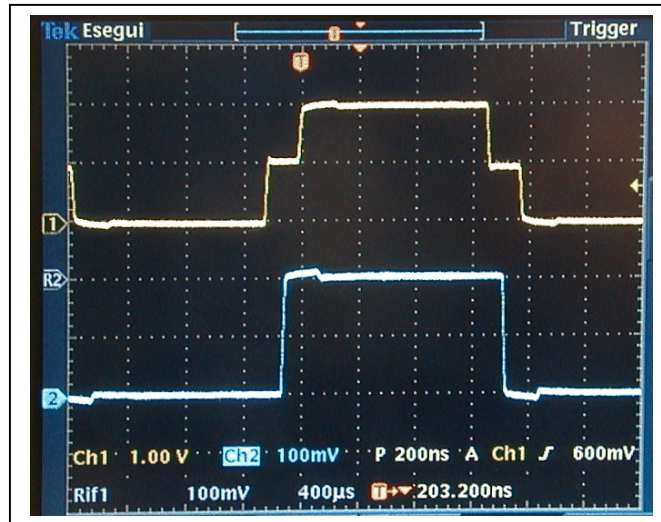


Fig. 4 La traccia superiore corrisponde al segnale lato generatore; i due gradini corrispondono rispettivamente all'onda incidente e all'onda riflessa. Dato che il generatore è adattato, non vi sono ulteriori riflessioni.

Dalla forma d'onda rilevata all'estremo vicino (lato generatore) e dalla lunghezza (misurata) del cavo, calcolare la velocità di propagazione U .

Per il cavo RG58 si dovrà ottenere un valore prossimo a $0,7 c$.

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

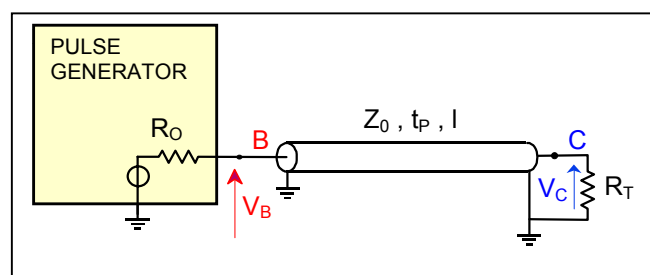


Fig. 5 Misura della velocità di propagazione nel cavo.

C) Disadattamento lato driver e lato terminazione

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

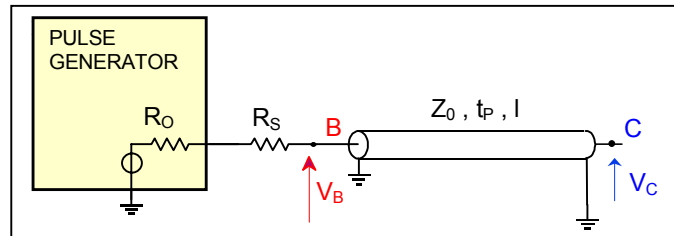


Fig. 6 Resistenza di terminazione serie per $R_O < Z_0$, linea aperta all'estremo remoto.

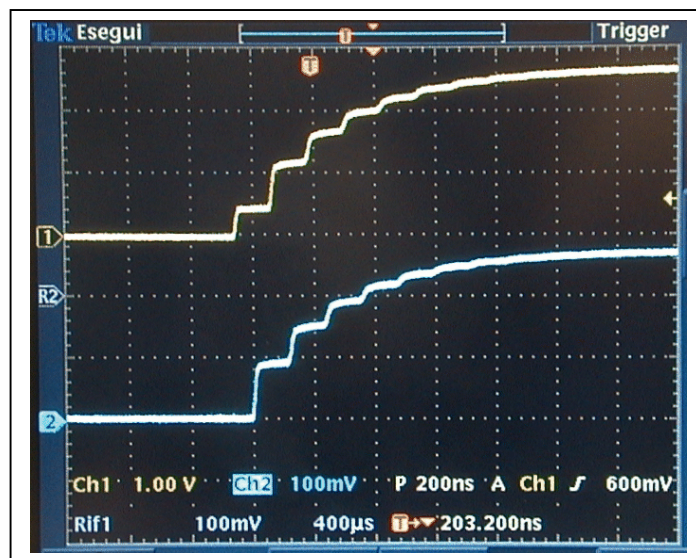


Fig. 7 Segnali per $R_O > Z_0$, e linea aperta all'estremo remoto.

Ripetere la misura con resistenza equivalente del generatore più bassa della impedenza caratteristica (collocare una resistenza da $22\ \Omega$ 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 con quelle previste mediante il diagramma a traliccio, e il valore misurato di Γ_G con quello calcolato.

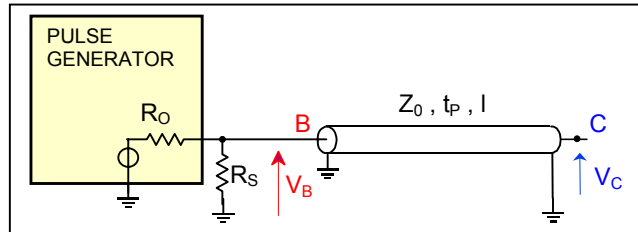


Fig. 8 Resistenza $R_G < Z_0$, linea aperta all'estremo remoto.

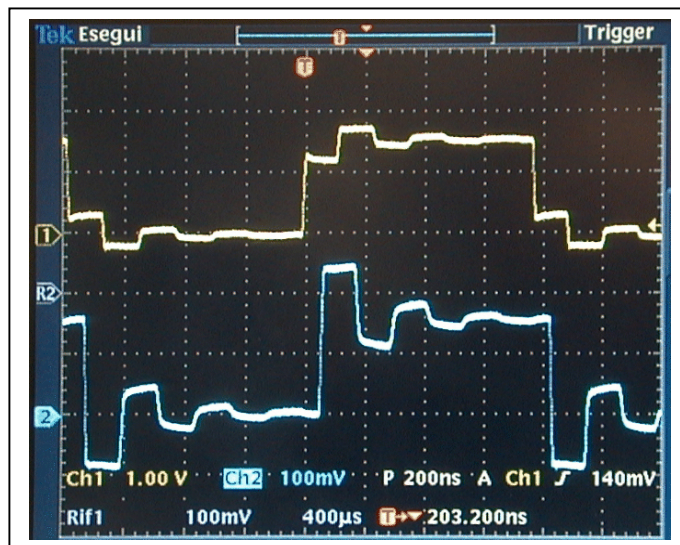


Fig. 9 Segnali per $R_O < Z_0$, e linea aperta all'estremo remoto.

D) Carico capacitivo

- 1) Collegare un condensatore da 1 nF (C_T) all'estremo remoto del cavo.
- 2) Verificare le forme d'onda agli estremi del cavo.

Per una analisi di prima approssimazione, quando il gradino raggiunge l'estremo remoto, il condensatore può essere considerato un corto circuito ($\Gamma_T = -1$), mentre a transitorio esaurito diventa un circuito aperto ($\Gamma_T = 1$). Quindi le forme d'onda corrispondono a quelle di un corto circuito per $t = t_p$ all'estremo remoto, e per $t = 2 t_p$ per l'estremo vicino.

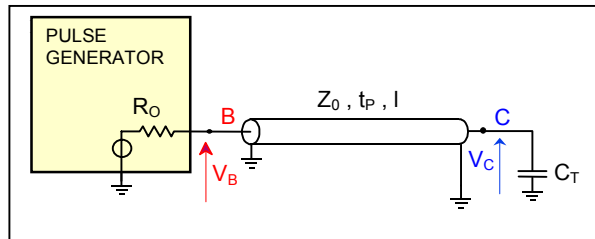


Fig. 10 Verifica delle forme d'onda con carico capacitivo.



Fig. 11 Forme d'onda nella linea di trasmissione con carico capacitivo.

E) Riflettometria nel dominio del tempo

La disposizione di generatore di impulsi e oscilloscopio usata nei punti precedenti forma un banco riflettometrometrico (TDR, Time Domain Reflectometer), che permette di analizzare lo stato di un collegamento operando da un solo estremo.

Le forme d'onda ai due estremi per un cavo aperto con driver (generatore) adattato sono in figura 12. La lunghezza del cavo può essere misurata dalla larghezza del gradino intermedio all'estremo vicino (che corrisponde a $2t_p$ – circa 100 ns in questo esperimento). Il segnale all'estremo remoto ha un unico gradino, perchè onda incidente e onda riflessa sono presenti in questo punto nello stesso istante.

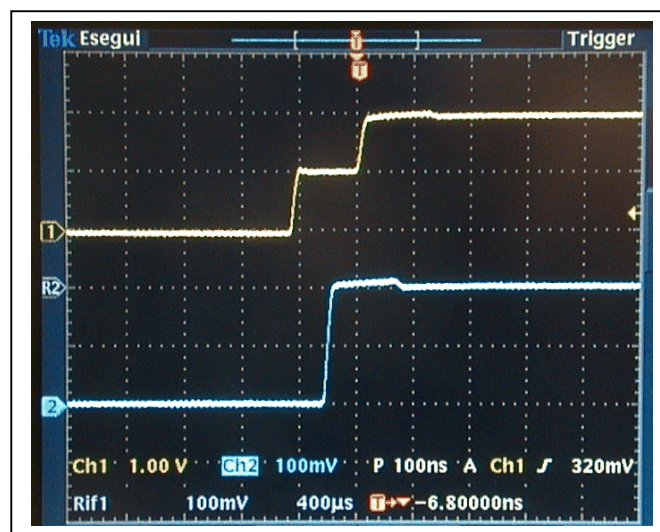


Fig. 12 Segnali all'estremo vicino (alto) e lontano per una linea aperta con driver adattato.

Se aggiungiamo un altro spezzone di cavo oltre il punto C, il tempo di propagazione complessivo aumenta (gradino intermedio più ampio all'estremo vicino). Il punto C diventa ora il punto intermedio di una linea, ove la tensione presenta un livello intermedio, di larghezza corrispondente al doppio del tempo di propagazione dal punto C al nuovo estremo della linea.

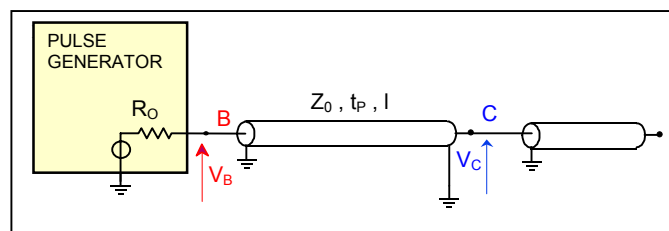


Fig. 13 Prolungamento del cavo con un altro spezzone.

La lunghezza totale del cavo è ancora misurata dalla larghezza del gradino intermedio al lato vicino (circa 150 ns in questo esempio). La lunghezza dello spezzone aggiunto può essere misurata dalla larghezza del gradino intermedio nel punto C (50 ns in questa esperienza).



Fig. 14 Segnali all'estremo vicino (alto) e in un punto intermedio per una line aperta con driver adattato

F) Linea pilotata da dispositivi logici

Nei componenti della famiglia LS la resistenza equivalente di uscita è leggermente più alta dell'impedenza caratteristica del cavo, e il fronte di salita presenta gradini multipli (come nell'esperimento C). La diversa ampiezza del primo gradino mette in evidenza la diversa resistenza equivalente di uscita per le transizioni L-H (blu) e H-L (rosso). Questo comportamento asimmetrico è comune a tutte le famiglie logiche bipolari, (TTL and simili), che hanno $I_{OL} > I_{OH}$.

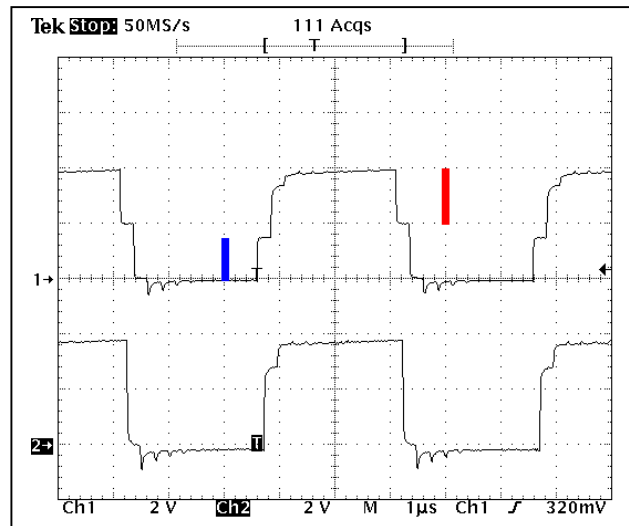


Fig. 15 Linea aperta pilotata da un dispositivo della famiglia 74LS.

Con driver della famiglia HC la resistenza equivalente di uscita è prossima a 50Ω , e praticamente non vi sono riflessioni al lato driver. (Figure 16, analoga al precedente esperimento B). Le transizioni in salita e discesa sono simmetriche.

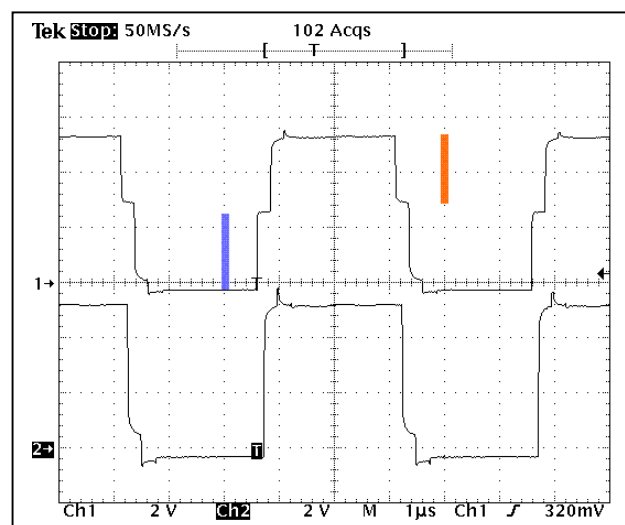


Fig. 16 Linea aperta pilotata da un dispositivo della famiglia 74HC.

Nella famiglia AC la resistenza di uscita è più bassa dell'impedenza caratteristica, e questo determina riflessioni con inversione di segno e conseguenti oscillazioni (Figura 17, e seconda parte dell'esperienza C).

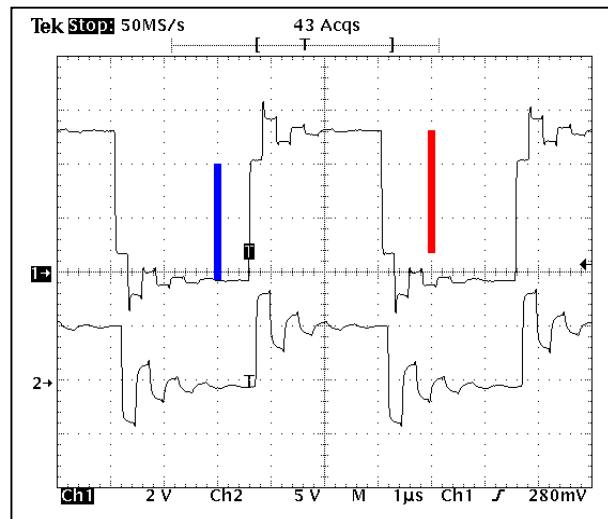


Fig. 17 Linea aperta pilotata da un dispositivo della famiglia 74AC.

Collegare all'estremo remoto diodi di clamp verso massa e alimentazione, oppure l'ingresso di una porta della stessa famiglia (il circuito di ingresso comprende diodi di clamp). Verificare l'effetto sulle oscillazioni (figura 14). In queste ultime due situazioni il sistema lavora in condizioni di commutazione sull'onda incidente (Incident Wave Switching: IWS).

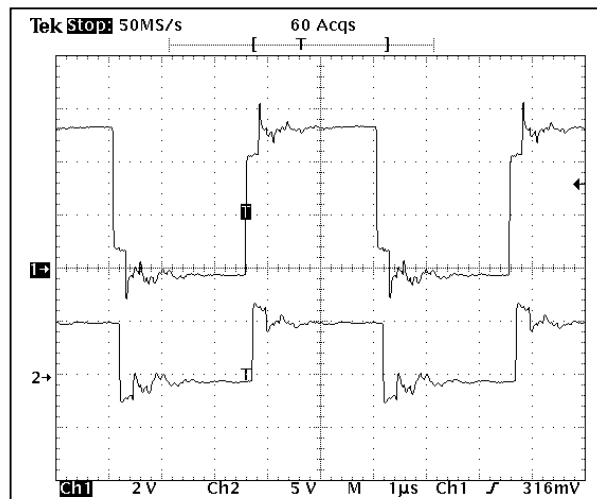


Fig. 14 Linea pilotata da un dispositivo della famiglia 74AC con diodi di clamp..

A conclusione delle verifiche effettuate con linea pilotata da circuiti logici, mettere in relazione le differenze di cui sopra con la struttura circuitale dei vari tipi di driver.