

La sonda compensata

1 Introduzione

La seguente esercitazione di laboratorio affronta il problema di realizzare una sonda compensata per un cavo di 50 m con capacità distribuita di circa 100 pF/m.

2 Tempo di salita di un segnale

Per effettuare quest'ultima parte occorre collegare l'oscilloscopio al generatore di funzioni commerciale disponibile sul banco. Si predisponga il generatore di funzioni ad una frequenza di circa 100 kHz e si utilizzi il segnale ad onda quadra selezionandolo con l'opportuna manopola del generatore.

Si valuti il tempo di salita della forma d'onda quadra. Si ricorda che il tempo di salita t_s è definito come l'intervallo di tempo che il segnale impiega per passare dal 10% al 90% del suo valore finale. Al fine di minimizzare i problemi dovuti al disadattamento fra generatore ed oscilloscopio si colleghi una terminazione da 50 Ω in parallelo all'oscilloscopio per mezzo di una terminazione a T. Si misuri il tempo di salita del segnale applicando la correzione basata sulla formula:

$$t_{sv}^2 = t_{ss}^2 + t_{so}^2 \quad (1)$$

dove t_{sv} è il tempo di salita visualizzato sullo schermo dell'oscilloscopio, t_{ss} è il tempo di salita del segnale, t_{so} è il tempo di salita dell'oscilloscopio. Quest'ultimo è ricavato dalla formula

$$B \cdot t_s = 0.35 \quad (2)$$

In realtà la relazione tra tempo di salita t_s e larghezza di banda B dipende dal tipo di funzione di trasferimento realizzata dall'amplificatore utilizzato. Nel caso di un sistema ad un solo polo o, più in generale, di un sistema con un polo dominante, tale legame è dato dalla 2. Dalla equazione 1 è possibile dunque ricavare il tempo di salita del segnale, sottraendo al tempo di salita visualizzato il tempo di salita dell'oscilloscopio (attenzione agli esponenti presenti nella



Figura 1: Transizione BNC-banana.

1). Nell'ipotesi che l'incertezza associata alla banda dell'oscilloscopio sia dell'ordine del 5%, calcolare l'incertezza associata alla misura del tempo di salita del segnale utilizzando le solite formule di propagazione delle incertezze.

3 Frequenza di taglio del circuito composto dal generatore di funzioni ed oscilloscopio

Si colleghi il generatore di funzioni commerciale presente sul banco con l'oscilloscopio. Il circuito equivalente del generatore di funzione è costituito da un generatore di tensione ed una resistenza interna R_g di valore pari a $50\ \Omega$. Il collegamento fra il generatore di funzioni e l'oscilloscopio avviene con un cavo di lunghezza di circa 1 m. Tale cavo è del tipo *RG58* e presenta una capacità di circa $100\ \text{pF/m}$. Il circuito equivalente di ingresso dell'oscilloscopio è costituito da una resistenza di $1\ \text{M}\Omega$ e, in parallelo, una capacità che può variare a seconda del modello di oscilloscopio. In quello utilizzato in queste esercitazioni essa è pari a $15\ \text{pF}$. Disegnate il circuito complessivo e determinate la frequenza di taglio f_t del filtro risultante dal collegamento fra il generatore di funzione, il cavo coassiale e l'oscilloscopio. Per mezzo della doppia base tempi misurate il tempo di salita dell'onda quadra ottenuta dal generatore di funzioni. Verificate la compatibilità del risultato con la stima fatta di f_t . Per mezzo della transizione BNC-banana (v. fig.1) si colleghi in serie al generatore di funzioni una resistenza di circa $1\ \text{k}\Omega$ (v.fig.2) in modo da ottenere un generatore equivalente con resistenza interna di valore elevato e pari a circa $R_g = 1\ \text{k}\Omega$. Di quanto è cambiato il valore di f_t ? Con questo nuovo valore di R_g ripetete i calcoli effettuati in precedenza e verificatene la compatibilità con le misurazioni effettuate di f_t . Per visualizzare correttamente il nuovo tempo di salita collegate il canale 1 dell'oscilloscopio con l'uscita del generatore di



Figura 2: Collegamento del generatore di funzioni con una resistenza in serie da 1 kΩ per mezzo della transizione BNC-banana.

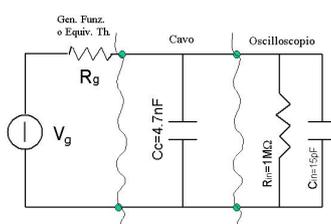


Figura 3: Circuito equivalente con capacità di 5 nF equivalente ad un cavo di circa 50 m.

segnali (a monte della resistenza da 1 kΩ) e il canale 2 dell'oscilloscopio a valle della resistenza da 1 kΩ.

4 Capacità del cavo

Pensate di avere un oscilloscopio in un locale *distante* dal generatore di funzioni che avete finora utilizzato. Analogamente questa situazione può presentarsi quando avete un sensore, il cui equivalente circuitale è ancora riconducibile ad un generatore di tensione e una resistenza interna R_g di valore pari a 50 Ω, posto a molta distanza dal vostro laboratorio di misure. Sempre nell'ipotesi che il cavo da voi utilizzato abbia una capacità di 100 pF/m, potete simularne il comportamento capacitivo mettendo in parallelo all'ingresso dell'oscilloscopio una capacità di circa 5 nF (scegliete il valore di capacità più vicino). Effettuate dunque un collegamento elettrico come in fig.3 e stimate la f_t prima di misurarne il valore tramite l'oscilloscopio.

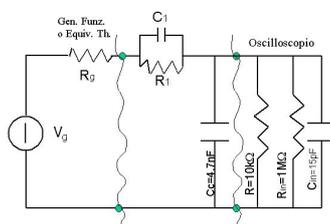


Figura 4: Circuito equivalente con sonda per compensare la capacità del cavo.

5 Compensazione della capacità del cavo

In questo paragrafo è affrontato il problema di compensare la capacità del cavo verificando la condizione

$$R_1 \cdot C_1 = R_2 \cdot C_2 \quad (3)$$

Si decide di realizzare un circuito di compensazione che attenui per 10. Poiché non si hanno a disposizione condensatori variabili e potenziometri variabili di alcuni $M\Omega$ si ricorre al *trucco* di collegare in parallelo alla resistenza di ingresso dell'oscilloscopio una resistenza di $10\text{ k}\Omega$ mentre per verificare la condizione di compensazione si utilizza un potenziometro al posto della resistenza fissa R_2 indicata in fig.4. Il circuito potete realizzarlo sulla basetta millefori con collegamenti che, di massima, possono essere simili a quelli riportati in fig.5.

Quanto vale la frequenza di taglio del circuito? Osservate con l'oscilloscopio cosa accade al variare della resistenza del potenziometro (v. fig.6 e fig.7) e regolate infine il potenziometro al fine di realizzare la compensazione della sonda. Cosa accade se decidete di attenuare di un fattore 100? Per verificare quest'ultimo punto (sonda che attenua per 100), sostituite la resistenza da $10\text{ k}\Omega$ posta in parallelo all'ingresso dell'oscilloscopio con una di $1\text{ k}\Omega$ in modo che il potenziometro sia sempre lo stesso. Cambiate di conseguenza anche il valore di C_1 .

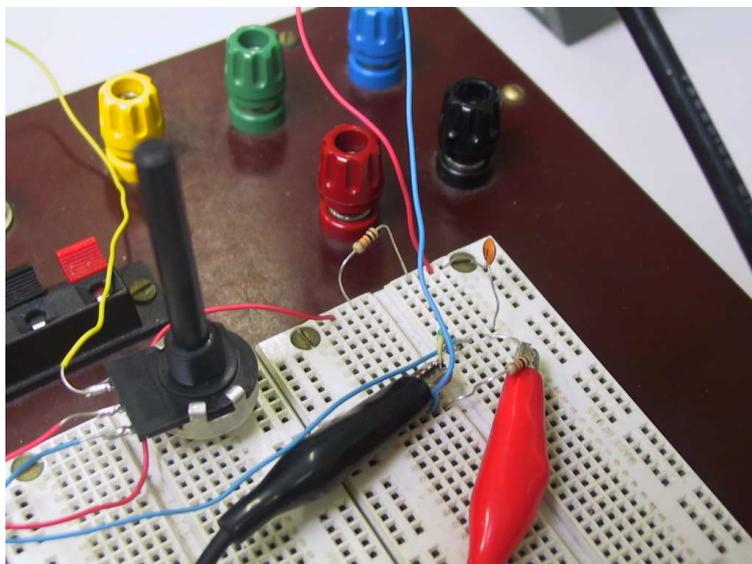


Figura 5: Circuito elettrico per la realizzazione, su basetta millefori, di una sonda compensata.

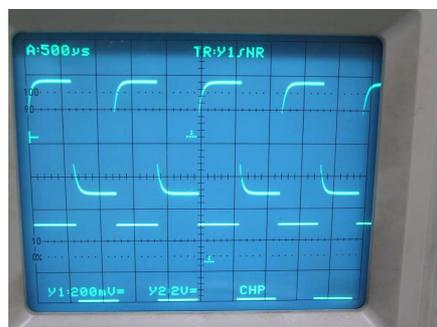


Figura 6: Sonda sottocompensata.

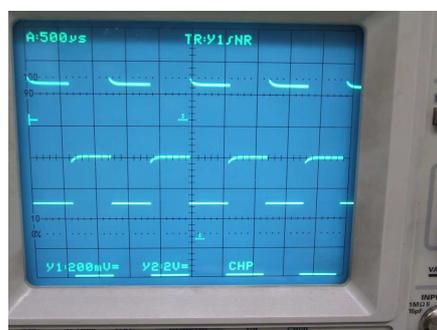


Figura 7: Sonda sovracompensata.

6 Copyright

Questa dispensa è di proprietà del Politecnico di Torino e può essere liberamente usata dagli studenti del Politecnico di Torino, ma è vietato qualsiasi uso diverso. Copyright ©2004 - Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi n.24, 10129 - Torino - Italy.

Questa dispensa è stata scritta con L^AT_EX da Giovanni A. Costanzo.