

Uso dell'oscilloscopio

Avvertenza:

- se procedete spediti, fate pure tutte le esperienze suggerite
- ♣ se dovete risparmiare un po' di tempo saltate le esperienze ♣
- ◇ se siete in difficoltà cercate di fare almeno le esperienze ◇

1 Traccia

Utilizzare il segnale A0 (forma d'onda 0, uscita A) del generatore di segnali (circuit stampato).

Mettere il canale di ingresso in posizione gnd, in modo da visualizzare solo una linea orizzontale, e centrare la traccia rispetto allo schermo. Riportare l'ingresso in posizione accoppiamento ac (ac).

Regolare l'oscilloscopio in modo da visualizzare una sola traccia in modo che un periodo del segnale occupi la maggior parte possibile dello schermo, sia in orizzontale che in verticale (senza scalibrare gli assi).

2 Ampiezza ◇

Utilizzare il segnale A0 (forma d'onda 0, uscita A) del generatore di segnali (circuit stampato).

Misurare l'ampiezza del segnale; usare *anche* i cursori se disponibili.

Valutare l'incertezza assoluta e relativa della misura. Attenzione, l'incertezza ha una componente fissa, che dipende solo dalla sensibilità, ed una proporzionale alla lettura. La misurazione dell'ampiezza picco-picco è più agevole e precisa rispetto a quella dell'ampiezza di picco. Perché?

Verificare l'effetto del comando uncal sul canale Y1, e riportare lo strumento in posizione normale, con il canale calibrato.

3 Periodo e frequenza ◇

Utilizzare il segnale A0 del generatore di segnali (circuit stampato).

Misurare la frequenza del segnale dalla durata del periodo. Usare anche i cursori se disponibili.

Sovraccaricando il canale di ingresso dell'oscilloscopio la traccia esce dallo schermo, ma gli attraversamenti per lo zero sono più ripidi, e quindi meglio identificabili. La traccia è ancora centrata verticalmente?

Valutare l'incertezza assoluta relativa della misura di periodo, e riportarla sulla misura di frequenza. Nelle misure di tempo l'incertezza è definita in modo analogo a quello visto per l'ampiezza.

Provare l'effetto del comando uncal sulla base dei tempi principale (A). Perché non è più possibile misurare la frequenza?

Al termine, riportare il guadagno in posizione tale da visualizzare l'intero segnale, e la base tempi in posizione normale.

4 Scale e risoluzione

Quale è la risoluzione, in tempo e in ampiezza, dell'oscilloscopio regolato come al paragrafo *Traccia*?

Quali sono la sensibilità e la velocità di scansione massime e minime?

5 Duty cycle ◇

Utilizzare il segnale B4 del generatore di segnali (circuit stampato).

Misurare il duty cycle del segnale. Poiché si deve misurare un rapporto di tempi e non un tempo singolo, può essere conveniente scalibrare la base dei tempi in modo che il segnale occupi l'intera estensione orizzontale dello schermo.

Di quanti quadretti si sposta verticalmente la traccia, e in che direzione, passando dall'accoppiamento dc all'accoppiamento ac? Calcolare prima di verificare.

6 Trigger (1) ◇

Utilizzare il segnale A4 del generatore di segnali (circuit stampato), collegato al canale Y1 dell'oscilloscopio.

Verificare che la sorgente di trigger sia il canale Y1. Provare l'effetto dei comandi slope e level del trigger dell'oscilloscopio.

Predisporre ora la sorgente di trigger sul canale Y2. Perché non si riesce a tenere ferma la traccia agendo sul livello e sulla pendenza del trigger?

Provare la differenza di comportamento dell'oscilloscopio quando il trigger è in modo auto e norm usando come sorgente sia il canale Y1 sia Y2, e quando il livello trigger è regolato su soglie eccessivamente alte o basse rispetto al segnale. Giustificare il comportamento dell'oscilloscopio.

Su molti oscilloscopi ci sono i comandi hf-rej, lf-rej, tv-v, tv-h e fix. A cosa servono? Provarne l'effetto, anche in combinazione con la regolazione del livello di trigger.

7 Trigger (2)

Utilizzare il segnale B6 del generatore di segnali (circuito stampato), collegato al canale Y1 dell'oscilloscopio.

Per avere la massima pendenza del segnale è vantaggioso regolare il livello di trigger attorno a 0 V. Ciò pone dei problemi in quanto, anche se non evidente, c'è sempre del rumore sovrapposto al segnale. Come deve essere regolato l'oscilloscopio se si vuole ottenere un'immagine stabile?

8 Sonda ◇

Volete misurare l'uscita di un generatore ad onda quadra con frequenza variabile e con impedenza di uscita di 1 k Ω (sui banchi tale generatore non c'è; mettere un resistore esterno in serie al generatore di funzioni).

Provate a collegare tale generatore all'oscilloscopio prima con un semplice cavo coassiale, poi con una sonda compensata. Che tipo di effetto "malefico" ha il cavo coassiale e in quali condizioni si manifesta? Che vantaggio c'è ad usare la sonda compensata?

9 Doppia traccia ◇

Collegare l'uscita A del generatore di segnali (circuito stampato) al canale Y1 dell'oscilloscopio e l'uscita B al canale Y2. Predisporre il generatore per la forma d'onda 0.

Regolare l'oscilloscopio in modo da visualizzare entrambi i segnali sganciando la base dei tempi sullo zero crescente del segnale Y1.

Che differenza c'è tra il modo chop e il modo alt di visualizzare le due tracce? Quale dei due può essere "scomodo" con scansioni lente (es. 20 ms/div o più)?

Che cosa fa il comando vert (talvolta chiamato norm) della sorgente di trigger? Agisce allo stesso modo in chop e alternate?

10 Fase (1) ◇

Collegare l'uscita A del generatore di segnali (circuito stampato) al canale Y1 dell'oscilloscopio e l'uscita B al canale Y2. Predisporre il generatore per la forma d'onda 0.

Misurare lo sfasamento tra i segnali convertendo in gradi il ritardo tra le due tracce.

Anche qui la misura può essere più agevole se si sovraccaricano i canali di ingresso dell'oscilloscopio.

Ai fini della precisione, sarebbe vantaggioso fare l'operazione in due tempi, misurando periodo e ritardo con velocità di scansione diverse?

11 Fase (2) ◇

La misurazione dello sfasamento può essere più agevole se si scalibra la base dei tempi in modo da far occupare all'intero periodo del segnale esattamente 8 divisioni orizzontali dello schermo (ogni divisione rappresenta 45°); in alternativa, è possibile regolare la base tempi

in modo che il periodo occupi l'intero schermo, ottenendo una precisione un po' migliore, a discapito della comodità di lettura. Provare, con gli stessi segnali usati al punto precedente.

È buona regola ricordarsi di rimettere la base dei tempi in posizione normale (calibrata) al termine delle operazioni. Ciò evita errori grossolani, dovuti a semplice disattenzione.

12 Fase (3) ♣

Se si disponesse di un oscilloscopio con un solo canale, per misurare lo sfasamento si dovrebbe ricorrere al trigger esterno.

Collegare il riferimento (uscita A del generatore) all'ingresso trigger esterno (su molti oscilloscopi è il canale Y3) e il segnale (uscita B del generatore) al canale Y1 dell'oscilloscopio, usando le forme d'onda 0. Regolare il trigger per slope + e level 0 V, e misurare lo sfasamento.

(Suggerimenti per regolare a 0 V la soglia di trigger: (i) mandare il riferimento a Y1, regolare la soglia, poi riportare il riferimento all'ingresso per trigger esterno; in alternativa, (ii) probabilmente c'è il comando fix.

13 Fase (4) ♣

L'equazione dell'ellisse, in forma parametrica, può essere scritta come

$$\begin{aligned}x(t) &= a \sin(\omega t) \\y(t) &= b \sin(\omega t + \varphi)\end{aligned}$$

Collegare l'uscita A del generatore all'asse x (solitamente canale Y1) e l'uscita B all'asse y (solitamente Y2); predisporre il generatore per la forma d'onda 0 e l'oscilloscopio in modo X-Y.

Misurare lo sfasamento φ .

Il modo più ovvio consiste nel leggere il valore di x quando $y = 0$, o viceversa secondo la convenienza. Si ricordi di leggere i segnali più ampi possibile sullo schermo, a vantaggio della precisione.

Se vi fosse una graduazione diagonale sullo schermo, ci sarebbe qualche vantaggio nel leggere la lunghezza dei due assi dell'ellisse?

14 Rapporto di frequenze 1:2 ◇

Collegare il canale Y1 dell'oscilloscopio all'uscita A del generatore di segnali e il canale Y2 all'uscita B, predisponendo il generatore per la coppia di forme d'onda 1.

Se il trigger è sul canale Y2, possono comparire ambiguità di sincronizzazione (più probabilmente se la doppia traccia è attivata in modo chop, piuttosto che alt). Perché? (Si provi anche il comando holdoff).

Osservare che l'unica soluzione sicura consiste nel sincronizzare la base tempi sul segnale a frequenza più lenta.

Cosa succede usando l'oscilloscopio in modo x-y e perché?

15 Rapporto di frequenze 2:3 ♣

Con la stessa configurazione del punto precedente, si passi alla coppia di forme d'onda 2. In questo caso può non essere sufficiente sincronizzare la base tempi sul segnale a frequenza più bassa (perché le due frequenze non sono una multipla intera dell'altra), però è utile. Per sincronizzare correttamente l'oscilloscopio si deve probabilmente ricorrere al comando holdoff.

Cosa succede usando l'oscilloscopio in modo X-Y e perché?

16 Disturbo ♣

Utilizzare il segnale A6 del generatore di segnali (circuito stampato), collegato al canale Y1 dell'oscilloscopio.

Il periodo del segnale è costituito da due impulsi rettangolari. Sull'impulso più ampio è presente un disturbo.

Regolare l'oscilloscopio in modo da far partire la traccia sul fronte di salita dell'impulso più ampio per visualizzare il disturbo.

Con l'obiettivo di espandere il disturbo sullo schermo in modo da poterlo osservare al meglio, vi può essere qualche vantaggio nello scegliere opportunamente l'accoppiamento ac o dc del canale di ingresso?

Misurare ampiezza, durata e posizione del disturbo senza ricorrere alla doppia base tempi. Valutare l'incertezza della misura della durata del disturbo.

17 Doppia base tempi ◇

Procedere come al punto precedente, ma usando la doppia base tempi per espandere quanto possibile il disturbo. Con le stesse ipotesi, valutare l'incertezza relativa della misura della durata del disturbo.

Si ricordi che la doppia base tempi può funzionare in modo *triggered* o *run after delay*. Quale è il modo migliore per questa misurazione?

18 Intervallo di tempo con doppia base tempi ♣

Collegare l'uscita A del generatore di segnali al canale Y1 dell'oscilloscopio e l'uscita B al canale Y2. Predisporre il generatore per la forma d'onda 6.

Sganciare la base dei tempi sul fronte di salita più ampio del segnale Y1 e misurare l'intervallo fra tale fronte e il primo zero decrescente del segnale Y2. Sovraccaricare l'asse Y2 e usare la doppia base tempi per espandere la zona di interesse del segnale. Il ritardo si ottiene come somma del ritardo letto sullo schermo e del ritardo della seconda base tempi rispetto alla prima ...

19 Tempo di salita (1) ◇

Collegare l'uscita trigger (talvolta chiamata sync) del generatore di funzioni (Wavetek, Global, o altro strumento disponibile) al canale Y1 dell'oscilloscopio, e predisporre il generatore per una frequenza di circa 100 kHz.

Misurare il tempo di salita del segnale. L'ampiezza della traccia può essere regolata in modo che coincida con i riferimenti 0% e 100%, presenti sullo schermo della maggior parte degli oscilloscopi.

20 Adattamento di impedenza ♣

Nella misura suggerita al punto precedente vi è disadattamento di impedenza tra il cavo coassiale e l'oscilloscopio. Infatti generatore e cavo hanno un'impedenza di 50 Ω, mentre l'oscilloscopio ha un'impedenza di ingresso di 1 MΩ. Il disadattamento di impedenza è causa riflessioni intervallate del doppio della lunghezza elettrica del cavo, corrispondenti al percorso di andata e ritorno. Queste ultime si manifestano come irregolarità del tratto orizzontale dell'onda quadra, subito dopo il fronte di salita, simili ad "overshoot".

Si vuole verificare se le irregolarità osservate sullo schermo sono da attribuirsi ad un overshoot del generatore, o se sono la "firma" del disadattamento di impedenza.

Si calcoli il ritardo della riflessione rispetto al fronte di salita, stimando la lunghezza del cavo e conoscendo il fattore di velocità (0.66 per il cavo RG-58), e lo si confronti con il valore rilevato sullo schermo. Si provi anche a cambiare la lunghezza del cavo coassiale. Si verifichi l'effetto di una terminazione resistiva da 50 Ω collegata in parallelo all'ingresso dell'oscilloscopio.

21 Tempo di salita (2) ◇

Sempre nelle stesse condizioni sperimentali, e con la terminazione resistiva collegata in parallelo all'ingresso dell'oscilloscopio, misurare il tempo di salita del segnale. Applicare la correzione basata sulla formula

$$t_v^2 = t_s^2 + t_o^2$$

dove t_v è il tempo di salita visualizzato, t_s è il tempo di salita del segnale, t_o il tempo di salita dell'oscilloscopio, ricavato con la consueta formula $BT \simeq 0.35$. Visti i risultati del calcolo, la correzione è necessaria?

22 Tempo di salita (3) ♣

Su molti oscilloscopi è possibile ridurre la banda passante, aumentando conseguentemente il tempo di salita. Solitamente il comando è etichettato BW e riduce la banda a 20 MHz.

Se il comando è disponibile, procedere come al punto precedente ma usando la banda passante ridotta. Confrontare l'entità della correzione con quella ottenuta con la banda passante massima.

23 Tempo di salita (4) ♣

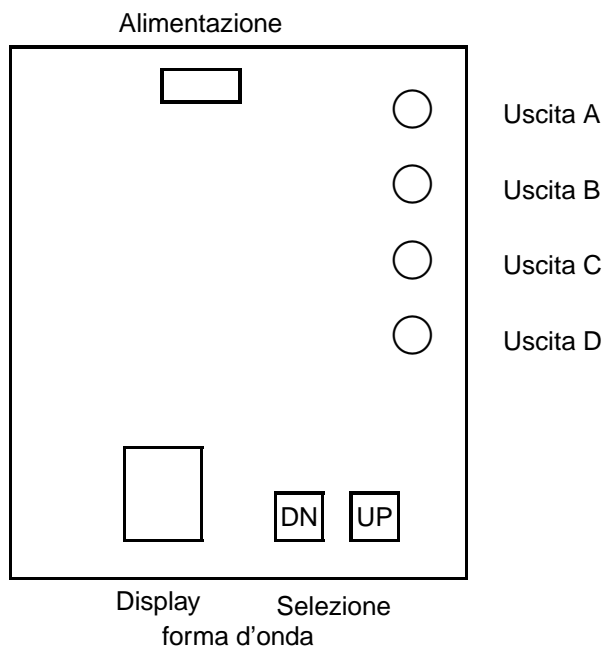
Un'incertezza sulla banda dell'oscilloscopio si riflette sulla correzione da applicare al tempo di salita visualizzato, e quindi sulla precisione della misura.

Calcolare le incertezze relative delle misure dei tempi di salita viste ai punti precedenti ammettendo che la banda dell'oscilloscopio sia nota con incertezza del 5%.

24 Banda passante ♣

Un amplificatore ha la banda passante piatta tra due frequenze di taglio, f_1 inferiore e f_2 superiore, dovute a poli semplici. Tale amplificatore ha una risposta all'onda quadra simile al segnale B7 del generatore (circuito stampato). Determinare le due frequenze di taglio.

Generatore di forme d'onda



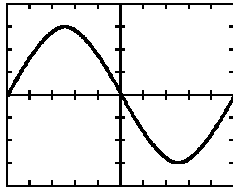
Uso

Il display indica il numero corrispondente alla forma d'onda, rappresentato con una singola cifra esadecimale (da 0 a F). Il numero, e quindi la forma d'onda, può essere cambiato agendo sui pulsanti UP (incrementa) e DN (decrementa); l'azione dei pulsanti è ciclica, a modulo 16.

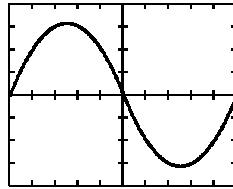
Alimentazione: simmetrica $\pm 12..15$ V (rosso +12, nero -12, verde massa).

Attenzione: regolare l'alimentatore *prima* di collegare il generatore di segnali. Poi assicurarsi che l'alimentatore sia *spento* mentre si collegano i cavi. Le sezioni dell'alimentatore sono completamente indipendenti, e vanno collegate tra loro per formare la *massa* dell'alimentazione simmetrica. Il morsetto di *terra* dell'alimentatore è collegato alla terra dell'impianto elettrico, e *non* è collegato a massa.

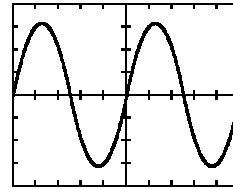
Forme d'onda



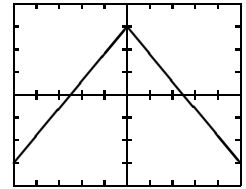
A 0



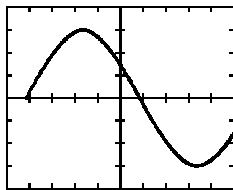
A 1



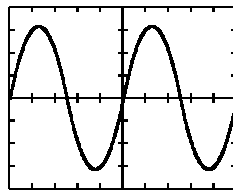
A 2



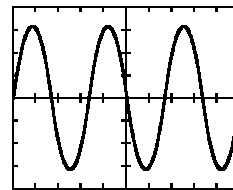
A 3



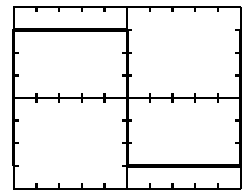
B 0



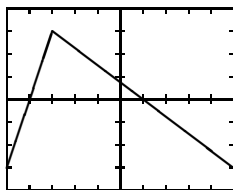
B 1



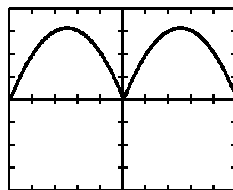
B 2



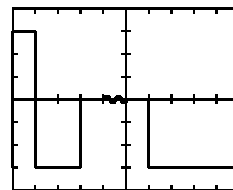
B 3



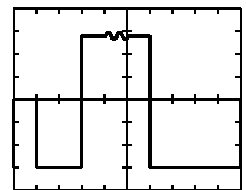
A 4



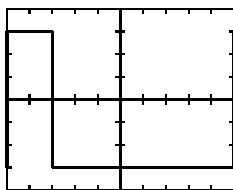
A 5



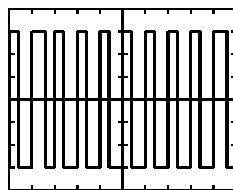
A 6



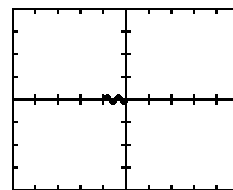
A 7



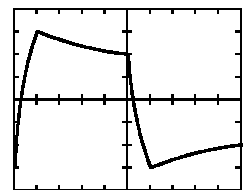
B 4



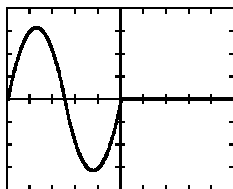
B 5



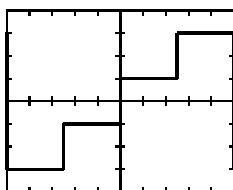
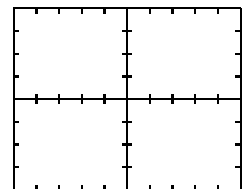
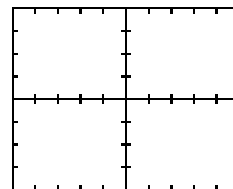
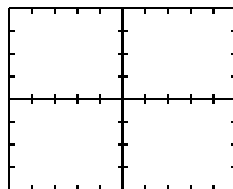
B 6



B 7



A 8



B 8

