

Nomi e Cognomi:

☐ MAR ☐ MER ☐ GIO

Data:

4

## Oscilloscopio, generatore di funzioni e misure rms

Questa esercitazione ha come finalità principali la pratica nell'uso dell'oscilloscopio e del generatore di funzioni (o di forme d'onda). Più che fare misure realmente significative dal punto di vista fisico, dovrete fare prove di tutti i generi, cercando di rendervi conto di cosa succede quando si cambiano i principali parametri di funzionamento degli strumenti e del perché e per come esistono determinate funzionalità. Coinvolgeteci il più possibile nelle vostre osservazioni e non esitate mai a chiedere chiarimenti!

Alcune note che vale la pena ricordare (per il generatore di funzioni):

- L'uscita del generatore è sempre riferita a massa o terra (boccola nera del connettore di uscita).
- Nell'impiego con l'oscilloscopio si consiglia di eseguire sempre, con un cavetto dedicato, il collegamento tra le masse degli strumenti, cioè, per oggi, tra la boccola nera dell'uscita del generatore e la boccola metallica connessa alla massa o terra dell'oscilloscopio. Non fidatevi troppo del collegamento che avviene tramite la linea di terra dell'impianto elettrico!
- I tasti con moltiplicatore stabiliscono la scala di frequenze, che possono essere regolate in modo continuo agendo sulla manopola FREQUENCY; verificate sperimentalmente quanto vale l'intervallo di variazione consentito dalla manopola.
- Il display con cifre verdi è quello di un frequenzimetro che fornisce una misura della frequenza di lavoro: state attenti alla scala di lettura (i prefissi “k” o “M” compaiono eventualmente in basso nel display e il punto decimale si sposta – trascurate le scritte sopra al display); la misura è affetta da incertezza che, di norma, vale quanto le cifre che “ballano” sul display, ovvero, se la lettura è stabile, la cifra meno significativa: si veda il manuale per ulteriori informazioni.
- Le manopole (in genere, tutte) possono essere estratte: in posizione estratta vengono attivate specifiche funzioni, come da indicazioni sul pannello.
- Si consiglia di non estrarre (non serve farlo) le manopole FREQUENCY, SWEEP/TIME, MOD/DEPTH, CMOS e si consiglia di non premere i tasti MOD EXT, MOD ON, GATE (alcuni modelli non hanno tutte queste manopole e tasti!).
- Per aggiustare l'ampiezza dell'onda prodotta si agisce sulla manopola AMPL: estraendola si inserisce un attenuatore da -20dB ( $\times 0.1$ ) nominali e un ulteriore attenuatore identico (“in cascata”) si attiva con il pulsante ATT -20dB di sopra.
- Per aggiungere un offset continuo si agisce sulla manopola OFFSET (da estrarre e regolare); la forma d'onda prodotta può apparire distorta se si chiede al generatore di produrre più di circa di 10 V (in valore assoluto): ciò non è interessante!
- Per modificare la simmetria dell'onda prodotta si agisce sulla manopola DUTY (da estrarre e regolare).
- A causa delle modalità di collegamento, non è molto sensato esplorare frequenze superiori a qualche centinaio di kHz.
- È disponibile un segnale di sincronismo in standard TTL sull'uscita TTL/CMOS OUTPUT (su alcuni modelli l'uscita è collocata sul retro dello strumento). A essa è collegato un cavo coassiale che termina con due banane (la nera è collegata alla massa o terra, la rossa è quella “importante”): questo segnale verrà impiegato nell'uso di Arduino, ma potete sicuramente osservarlo con l'oscilloscopio ed eventualmente usarlo come trigger sempre per l'oscilloscopio.
- Gli strumenti che contengono un circuito di clock, come il generatore di funzioni e l'oscilloscopio, non amano essere spenti e accesi frequentemente, ma anzi funzionano meglio quando sono correttamente termalizzati.

Qualche altra nota rilevante (per l'oscilloscopio):

- In modalità Y-t, l'oscilloscopio visualizza d.d.p. variabili nel tempo. Notate che  $r_{\text{int,oscill}} = 1\text{Mohm}$ .
- L'attivazione dei canali CH1 ed eventualmente CH2, cioè la loro visualizzazione sullo schermo, è controllata da tasti sottostanti alle scritte CH1 e CH2 e segnalata da spie verdi corrispondenti. Non tenete attivi canali che non usate!
- Cominciate appena possibile a familiarizzare con il pannello frontale e con le (tante) indicazioni riportate sullo schermo.
- Il consiglio è di iniziare sempre con il trigger in modalità automatica (ATO). In queste condizioni dovrebbe comparire una traccia continua sullo schermo, altrimenti provate ad agire sulla manopola LEVEL del TRIGGER (dovrebbe accendersi, o lampeggiare, la spia verde con scritta TRG, che indica che il trigger è stato attivato).
- Se ancora non si vede nulla, la traccia potrebbe essere “fuori dallo schermo”. Le manopole POSITION (per CH1, CH2 e anche per HORIZONTAL) permettono di modificare l'offset nelle due direzioni. La manopola INTENS regola l'intensità della traccia: se l'intensità è bassa la traccia non si vede bene (o non si vede affatto).
- La scala verticale si aggiusta con VOLT/DIV del canale di interesse (il valore prescelto si legge sullo schermo in basso a sinistra): sceglierla in modo opportuno.
- Inizialmente può convenire accoppiare il canale “in continua” (controllate che l'indicazione “=” compaia sullo schermo accanto all'indicazione della scala, altrimenti agite sul tasto AC/DC del canale di interesse). Verificherete poi cosa succede se l'accoppiamento è AC invece di DC.
- Scegliete la “base dei tempi”, cioè la velocità della “spazzata” (o sweep), in modo opportuno per visualizzare il segnale di interesse: la regolazione si esegue agendo su TIME/DIV (il valore prescelto si legge sullo schermo in basso a destra).
- Per “sincronizzare” l'oscilloscopio con l'evento che state osservando agite sui comandi di trigger, passando dalla modalità automatica alla normale (spia verde NML accesa, la commutazione si fa con il tasto sottostante).
- Controllate che la “sorgente” del trigger sia quella che vi serve: si può modificare ciclicamente agendo sul tasto SOURCE (le scelte possibili sono CH1, CH2, VERT – da non usare oggi, LINE, cioè la frequenza di rete – da non usare, EXT – da non usare se non diversamente suggerito); l'indicazione corrispondente compare sullo schermo in basso a destra.

- k) La sincronizzazione del trigger si esegue agendo sul livello di soglia (manopola LEVEL): il trigger scatta e fa partire la sweep quando questo livello (definito sempre in modo approssimativo – vedete il manuale!) viene attraversato in salita o in discesa. Per selezionare salita o discesa, si agisce sul tasto SLOPE (un disegnetto mostra la slope selezionata, crescente o decrescente, in basso a destra sullo schermo).
- l) Potete esplorare varie tipologie di accoppiamento del trigger con la sorgente prescelta, che si selezionano ciclicamente con il tasto COUPLING (la consigliata in questo caso è AC, l'indicazione è sempre in basso a destra sullo schermo): nelle condizioni degli esperimenti di oggi, non dovrebbe cambiare granché.
- m) Per agevolare le “misure” (sulla scala orizzontale - tempi, e verticale - “ampiezze”, del segnale) sono disponibili dei cursori: provate a familiarizzare con il loro funzionamento, oppure usate le indicazioni della graticola (ogni divisione è divisa in 5 tacchettine). Notate che, se sono presenti le tracce dei due canali CH1 e CH2, la misura in ampiezza si riferisce sempre e solo a CH1 (dovete disattivarlo per usare i cursori con CH2).
- n) Ricordate che la luminosità della traccia e la sua messa a fuoco possono essere regolate agendo su manopole poste subito a destra dello schermo.
- o) Le manopole VOLT/DIV e TIME/DIV, se premete (anche inavvertitamente), fanno accendere delle spie rosse le quali segnalano che la scala (verticale o orizzontale) non è più calibrata: questa non è la condizione richiesta per le misure di oggi.
- p) Ci sono diversi tasti che attivano funzioni particolari (e generalmente indesiderate) se premuti per qualche secondo: evitate di premere quei tasti che non volete premere!
- q) BUON DIVERTIMENTO!!!
1. Regolate l'oscilloscopio in modalità Y-t (di default all'accensione). Usate inizialmente il trigger automatico (ATO), visualizzate un solo canale (per esempio CH1) e individuate il livello di zero (per farlo, premete il tasto GND e muovete l'offset verticale del canale fino a porre la traccia orizzontale su una linea orizzontale della graticola a vostra scelta).
  2. Scegliete una forma d'onda del generatore di funzioni (sinusoidale, triangolare, quadrata), rendetela nominalmente “simmetrica” (manopola DUTY non estratta) e scegliete una frequenza e un'ampiezza come vi pare. Passate al trigger normale (NML) e osservate cosa succede al ruotare della manopola LEVEL e agendo sul pulsante SLOPE. Riportate i commenti nel riquadro a pagina seguente (cercate di essere chiari, serve a voi!).
  3. Osservate la forma d'onda all'oscilloscopio, misuratene il periodo  $T$  e deducete la frequenza  $f$ . Per le misure potete servirvi dei cursori. Usate anche il frequenzimetro del generatore (display verde) e verificate la compatibilità tra le due misure di  $f$ ; si consiglia di trascurare, per ora, l'indicazione di frequenza riportata in basso nello schermo dell'oscilloscopio. Ricordate, in ogni caso, che le misure sulle forme d'onda visualizzate all'oscilloscopio, comprese quelle di intervalli temporali, sono affette da incertezza di lettura e di calibrazione (guardate il manuale o chiedete – l'errore di calibrazione vale normalmente almeno il 3% della lettura)! Per abbattere l'errore di lettura potete servirvi dell'ovvio metodo che consiste nel misurare un tot di periodi e poi agire di conseguenza. Potete ovviamente anche misurare l'ampiezza picco-picco (ma non serve riportarla in tabella) e ripetere le misure usando diverse forme d'onda.

con oscilloscopio		(dedotta da $T$ )	con frequenzimetro generatore		
$T$	[   ]	$f$	[   ]	$f$	[   ]

4. Aggiungete un offset alla forma d'onda estraendo e regolando la manopola OFFSET del generatore e osservate come si modifica la forma d'onda visualizzata dall'oscilloscopio quando l'ingresso del canale è accoppiato in DC o in AC (la distorsione del segnale quando si richiede una d.d.p. eccessiva per il generatore non è affatto interessante!). Riportate i commenti nel riquadro.
5. Osservate su CH2 il segnale TTL CMOS OUTPUT [vedi punto k) pagina precedente], verificate come è fatto rispetto al segnale in uscita dal generatore, visualizzato «in contemporanea» su CH1, e utilizzatelo come sorgente di trigger. Volendo e potendo (dipende dai connettori a disposizione), potete anche collegare direttamente il segnale TTL CMOS OUTPUT all'ingresso EXT dell'oscilloscopio, sempre allo scopo di usarlo come sorgente di trigger.
6. Con due canali visualizzati sullo schermo, potete anche provare a premere il pulsante ALT/CHOP, cercando di capire cosa succede (si capisce solo se si impiegano frequenze sufficientemente basse o alte).
7. Provate in ogni caso a visualizzare anche su un solo canale forme d'onda di frequenza bassa (diciamo decine di Hz, o inferiore), capendo perché la traccia risulta «instabile» a prescindere dalla regolazione del trigger.
8. Un'altra prova carina e fortemente raccomandata riguarda la visualizzazione di forme d'onda quadre sempre a frequenze basse (diciamo sotto i 100 Hz): potete verificare come l'accoppiamento in ingresso AC ne modifichi la forma. Magari, pensate a un possibile motivo per questo (il meccanismo fisico lo spiegheremo a breve!).

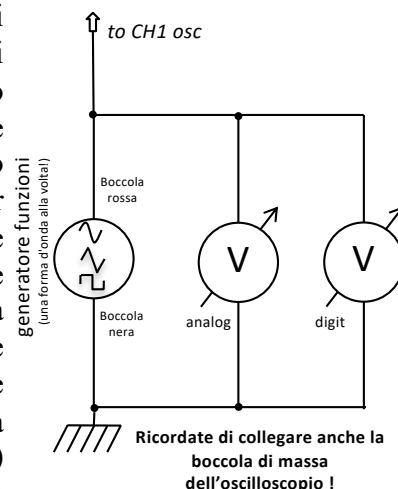
Nomi e Cognomi:

☐ MAR ☐ MER ☐ GIO

Data:

4'

9. Questo punto è il primo e unico a richiedere di fare delle vere e proprie misure, che, però, non è che siano così interessanti o cruciali, per cui galoppate!. Tornate allora a forme d'onda alternate (dovete ricordare cosa significa questo aggettivo) e confrontate la lettura dell'ampiezza all'oscilloscopio con quella fornita dai multimetri in modalità misura di tensione AC (simbolino ~), che secondo i manuali indica il valore rms (efficace). A questo scopo misurate l'ampiezza picco picco  $V_{pp}$  con l'oscilloscopio, deducete (o misurate direttamente) l'ampiezza  $V_0$  e determinate il corrispondente valore "atteso" rms,  $V_{rms,att}$ . Confrontate questo valore con la lettura  $V_{rms}$  dei multimetri (sia digitale che analogico) almeno per una scelta di frequenza (si consiglia qualche centinaio di Hz – potete controllare nel manuale i limiti di frequenza denunciati dal costruttore). Anche se tutto è molto ovvio, potrebbe farvi comodo osservare la figura a fianco che mostra schematicamente i collegamenti da fare: notate che è possibile mantenere collegati in parallelo sia l'oscilloscopio che entrambi i multimetri, dato che le resistenze di ingresso sufficientemente alte, così guadagnate tempo. Ripetete la misura per le tre forme d'onda disponibili (sinusoidale, quadra, triangolare) usando forme d'onda simmetriche e sempre alternate; volendo, potete anche usare diverse frequenze e ampiezze per le varie forme d'onda (al minimo basta comunque una misura per forma d'onda). State attenti a valutare coscientemente le incertezze di misura tenendo conto anche degli errori di calibrazione dichiarati dai costruttori!



con frequenzimetro del generatore funzioni					
$f =$ [   ]					
onda	$V_{pp}$ oscilosc. [   ]	$V_0$ [   ]	$V_{rms,att}$ [   ]	$V_{rms}$ digitale [   ]	$V_{rms}$ analog. [   ]
~					
⌌					
^v					

Commenti su tutto quello che avete fatto (usate anche altri fogli se necessario – il tutto serve a voi!)

Segue commenti (usate anche altri fogli se necessario – il tutto serve a voi!):

4'

10. Poiché il generatore di funzioni è, sostanzialmente un generatore reale di d.d.p. (variabile periodicamente nel tempo), esso è caratterizzato da una resistenza interna, o di Thévenin,  $r_G$ ; secondo manuale è  $r_G = 50$  ohm, con tolleranza  $\pm 10\%$ . Applicate l'approccio di Thévenin, che è impossibile che non ricordiate, per dare una misura di  $r_G$ . Descrivete qui sotto come avete fatto la misura e il suo risultato.

Commenti sulla misura di  $r_G$

$r_G =$  [ohm]

11. Questo punto è da intendersi come facoltativo, ovvero se non lo fate oggi lo farete alla prossima esercitazione. Purtroppo esso richiede un minimo di skills, soprattutto in termini di attenzione, che non è detto abbiate già. In ogni caso, si tratta di impiegare Arduino per acquisire delle forme d'onda periodiche, che continuerete anche a visualizzare simultaneamente con l'oscilloscopio. Le skills stanno nel fatto che, per come è costruito Arduino (Due), prima di collegarlo dovete assicurarvi che la d.d.p. in ingresso, quella prodotta dal generatore di funzioni, sia compresa tra 0 e 3.2 V: questa misura significa che il minimo del segnale deve essere pari (meglio, leggermente superiore) rispetto alla linea di zero e il massimo inferiore (anche di poco) a 3.2 V rispetto alla linea di zero. Per ottenere queste condizioni occorre ovviamente agire sulle manopole AMPL e OFFSET (quest'ultima da estrarre) del generatore di funzioni, come dovrete aver capito. Il problema è piuttosto se siete in grado di fare la misura richiesta, ovviamente usando l'oscilloscopio, con la sufficiente attenzione: dovete scegliere in modo opportuno l'accoppiamento di ingresso dell'oscilloscopio e aver regolato in modo altrettanto opportuno il livello di zero, tutte cose che dovrete saper fare.
12. Supposto che ne siate in grado, solo dopo esservi accertati ancora e con tanta attenzione che la d.d.p. prodotta dal generatore di funzioni sia compresa tra 0 e 3.2 V potete collegare Arduino: ovviamente è sufficiente usare le sole boccole blue e nera, la prima da collegare al segnale e la seconda alla linea di massa, o terra, in comune fra generatore e oscilloscopio. Poi, usando lo stesso software della scorsa esercitazione, potete fare acquisizioni, giocando con frequenza e intervallo temporale di campionamento per capire come si fa a campionare per bene (e anche per male, provate a scegliere volontariamente intervalli di campionamento non adeguati, sia troppo alti che troppi bassi rispetto al periodo del segnale). L'obiettivo finale è quello di acquisire dei record lunghi, per esempio di 4096 o 8192 punti, che contengono una ventina di periodi: se riuscite a farlo, usando tutte e tre le forme d'onda (e volendo anche per forme d'onda asimmetriche!), potete mettervi da parte i files, che vi serviranno per un futuro assegnamento obbligatorio.
13. Come ultimo bonus, che viene proposto in maniera necessariamente facoltativa in onore del Prof. D'Elia, potete chiederci di realizzare un setup che consente di osservare all'oscilloscopio le cosiddette figure di Lissajous (qualche figura, non le infinite possibili!). Per farlo è necessario usare l'oscilloscopio in modalità X-Y e usare due generatori di forme d'onda: vedremo come potremo arrangiarci per farlo, se lo desiderate!