

COGNOME (*stampatello*): _____ **Nome** (*stampatello*): _____**Laurea-anno:** INF-2° / FIS-2° / altro **Matr. e firma** _____**Punteggi:** pre-compito=8 Es.1=12 Es.2=7 Es.3=5 TOT=32

N.B. Occorre saper svolgere tutti gli esercizi per poter consegnare il compito (con un esercizio mancante o sostanzialmente non svolto non si deve consegnare). **I compiti consegnati e corretti che evidenzieranno un risultato gravemente insufficiente, o comunque gravi lacune nella preparazione, comporteranno il salto dell'appello successivo.** NON saranno corretti i compiti senza la scelta CI) oppure P) o senza il COGNOME.

SOLUZIONI

(25 min)**Esercizio 2***(svolgere su questo foglio e sul retro)*

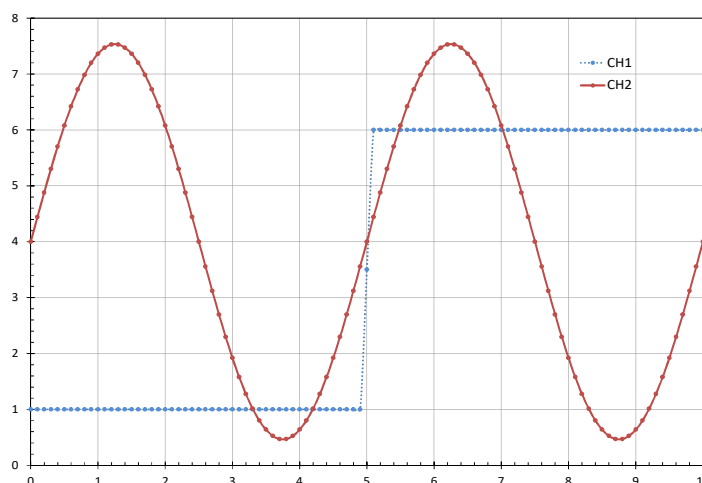
2) Con un oscilloscopio digitale (ADC a 8 bit e 1 GSa/s, 2 canali, e banda analogica 60 MHz) si vogliono misurare i seguenti due segnali:

- onda quadra con livelli TTL (0-5 V) e frequenza 10 kHz con tempi di salita e di discesa di 0.2 μ s;
- segnale sinusoidale al limite superiore della banda audio (20 Hz-20 kHz) con ampiezza efficace 50 mV e *offset* 20 mV.

2A) Si scelgano, in modo espressamente motivato, tutti i parametri dell'oscilloscopio digitale adatti per una corretta visualizzazione dei segnali (con amplificazioni a passi finiti: 1, 2, 5, 10).

2B) Si disegni la schermata oscillografica corrispondente alla misura, utilizzando il riquadro 10×8 riportato e indicando i diversi livelli o distanze di interesse per la misura.

2C) Si spieghi brevemente come è possibile effettuare la misura del tempo di salita, $T_{R,S}$, del segnale a onda quadra utilizzando manualmente tutti i *marker* dell'oscilloscopio. Si valuti il valore ottenibile per $T_{R,S}$ con questo oscilloscopio nelle condizioni di misura ottimali (di massima espansione della scala temporale). Quanto vale e da cosa dipende l'errore relativo di misura su $T_{R,S}$? Cosa occorrerebbe per fare la misura in modo corretto?



2A) L'onda **quadra** ha ampiezza picco-picco $\Delta V_{pp,1}=5\text{ V}$, variando tra **0 V e 5 V** con periodo $T_1=1/f_1=1/10\text{kHz}=100\text{ }\mu\text{s}$. L'onda **sinusoidale** ha un **offset** di **+20 mV** e una ampiezza picco-picco $\Delta V_{pp,2}=2\times(\sqrt{2}\cdot 50\text{ mV})\cong 142\text{ mV}$, dunque varia da circa **-51 mV** sino a circa **+91 mV** con periodo $T_2=1/f_2=1/20\text{kHz}=50\text{ }\mu\text{s}$, che è la metà del periodo dell'onda quadra.

Si può misurare l'onda **quadra** sul **CH1** e l'onda **sinusoidale** sul **CH2** (o anche il viceversa).

Accoppiamenti in DC per entrambi i segnali, così da non perdere l'informazione sugli *offset* o valori medi.

Amplificazioni verticali: per il CH1 $A_{V1}=(5\text{ V})/(8\text{ DIV})=0.625\text{ V/DIV}\rightarrow 1\text{ V/DIV}$ e conviene scegliere un *vertical position* $GND_1=-3\text{ DIV}$ dal centro schermo di modo da staccare il livello di 0 V dell'onda quadra dal fondo schermo; per il CH2: $A_{V2}=(142\text{ mV})/(8\text{ DIV})=17.75\text{ mV/DIV}\rightarrow 20\text{ mV/DIV}$ e conviene scegliere un *vertical position* $GND_2=-1\text{ DIV}$ dal centro schermo (dunque da -60 mV a +100 μV a pieno schermo).

Trigger: conviene prelevare il segnale di *trigger* dall'**onda quadra**, dunque **TR su CH1**, che evidenzia fronti di transizione molto più ripidi della massima pendenza della sinusoide. Conviene scegliere **TRLEVEL=2.5 V** con accoppiamento DC, **TRCOUPL=DC**, e ad esempio **TRSLOPE+** e una posizione **TRPOS=0 DIV** dal centro schermo orizzontale (utile anche in seguito per evidenziare il tempo di salita). In alternativa, ma con identico risultato, si può accoppiare il segnale di *trigger* in AC: **TRCOUPL=AC**, **TRLEVEL=0 V** e sempre **TRSLOPE+** con **TRPOS=0 DIV** dal centro schermo orizzontale. Va bene una modalità di trigger di tipo **TRIGNORMAL o anche TRIGAUTO**.

Amplificazione orizzontale (base dei tempi): si può visualizzare un periodo dell'onda quadra scegliendo $A_x=T_1/10\text{DIV}=10\text{ }\mu\text{s/DIV}$ e conseguentemente osservare 2 periodi dell'onda sinusoidale. **Il fronte di salita dell'onda quadra, rappresentato a centro schermo, su questa scala temporale risulta molto ripido** ($T_{R,S1}=0.2\text{ }\mu\text{s}=(1/50)\text{DIV}\ll 1\text{DIV}=10\text{ }\mu\text{s}$).

2B) Vedi **disegno** mostrato nel riquadro 10×8. Attenzione ai **fronti ripidi dell'onda quadra**.

2C) Vedi Teoria per l'uso dei *marker* per una misura di tempo di salita. In sintesi, utilizzando i **marker verticali si possono individuare i due tempi corrispondenti ai due livelli al 90 % e al 10 %** dell'escursione tra valore basso e valore alto dell'onda quadra (casomai utilizzando anche i *marker* orizzontali per visualizzare/leggere i livelli di tensione): la distanza Δ tra i due *marker* orizzontali corrisponderà al tempo di salita del segnale. I livelli dei diversi *marker*, vengono mostrati sullo schermo come linee verticali o orizzontali, e le loro distanze (ΔT e ΔV , rispettivamente) vengono misurate automaticamente dallo strumento e visualizzate alfa-numericamente sullo schermo. Ci interessa conoscere il valore dell'intervallo di tempo tra i due *marker* verticali (misurato con precisione da un contatore elettronico interno allo strumento). Il tempo di salita misurato è **$T_{R,MIS}=t_{90\%}-t_{10\%}$** .

Indicando con $T_{R,S}$ ($=0.2\text{ }\mu\text{s}$) il tempo di salita del segnale e con $T_{R,OSC}$ ($=0.35/B_{OSC}\cong 5.8\text{ ns}\sim 6\text{ ns}$) il tempo di salita dell'oscilloscopio, il tempo di salita misurato è la composizione quadratica dei due:

$$T_{R,MIS}=\sqrt{T_{R,S}^2+T_{R,OSC}^2}=\sqrt{0.2^2+0.6^2}\text{ }\mu\text{s}=200.085\text{ ns}\cong 200.1\text{ ns}\cong T_{R,S}$$

In questo caso **$T_{R,MIS}$ è limitato dal tempo di salita in modo del tutto trascurabile** (=c'è ben più che sufficiente banda passante) e l'errore relativo di questa misura è **$err=T_{R,MIS}/T_{R,S}=200.085/200=+0.04\%$** , del tutto trascurabile. Quando l'errore fosse invece significativo, per eseguire correttamente la misura occorrerebbe utilizzare un oscilloscopio con maggiore banda passante oppure, conoscendo bene il valore della banda B e ritenendo valida l'approssimazione a singolo polo dominante, **si può "correggere" il valore misurato** così da ottenere $*T_{R,MIS,CORR}=\sqrt{T_{R,MIS}^2-T_{R,OSC}^2}$ che può essere una buona stima del valore di $T_{R,S}$. Altre cause di errore sono legate alla accuratezza con cui si riesce a misurare $t_{90\%}-t_{10\%}$, che tipicamente dipende dalla scala temporale utilizzata (la più espansa è meglio) e in ultima analisi dalla **risoluzione e accuratezza della base dei tempi**.