

ESERCIZIO SU OSCILLOSCOPI E T SALITA

x) Due studenti hanno il compito di stimare la risposta in frequenza di un circuito RC di tipo passa basso a singolo polo, con valori nominali dei componenti pari $R=1\text{k}\Omega$ e $C=15\text{nF}$, attraverso la risposta al gradino. Entrambi hanno a disposizione un generatore di funzioni (sinusoidi e onde quadre) da 1 Hz a 100 MHz; il primo ha un oscilloscopio analogico con 10 MHz di banda, mentre il secondo ne ha uno digitale con 500 MHz di banda analogica.

- xa) Descrivere brevemente le modalità di misura che i due studenti devono seguire, ponendo attenzione alle impostazioni di tutti i parametri di misura degli oscilloscopi e del generatore di funzione. Disegnare come appaiono gli schermi dei due oscilloscopi.
- xb) Ci sono dei vantaggi per la misura del secondo studente?
- xc) Che cosa cambia nella misura dei due studenti se si sostituisce a $C=15\text{nF}$ una capacità $C_2=15\text{pF}$?

SOLUZIONE

xa) La frequenza $f_0 = 1/(2\pi RC)$ del polo del circuito è legata al tempo di salita t_R dall'equazione $f_0 = 0,35/t_R$ per cui ci si aspetta un tempo di salita $t_R = 0,35 \cdot 2\pi RC = 0,35 \cdot 94,2 \mu\text{s} \cong 33 \mu\text{s}$.

Non ci sono problemi di limitazioni di banda né per il generatore di funzioni (se arriva a 100 MHz in onda quadra avrà tempi di salita inferiori al ns) né per i due oscilloscopi. Infatti per il primo oscilloscopio il tempo di salita è $t_{RI} = 0,35/10 \text{ MHz} \cong 35 \text{ ns} \ll t_R$ e per il secondo oscilloscopio è $t_{RI} = 0,35/500 \text{ MHz} \cong 0,7 \text{ ns} \ll t_R$.

MODALITÀ DI MISURA:

Entrambi gli studenti:

collegano l'uscita del generatore di funzioni al primo canale dell'oscilloscopio (CH1) e all'ingresso circuito da misurare; l'uscita del circuito va collegata invece al secondo canale dell'oscilloscopio (CH2).

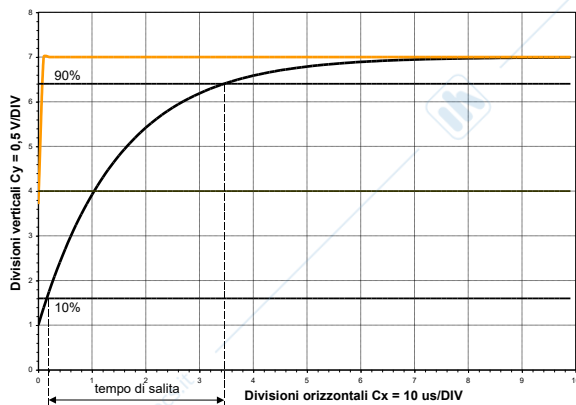
Si imposta l'ampiezza del generatore di funzioni (onda quadra) a un valore abbastanza grande da rendere trascurabili i rumori elettronici (ad esempio 1 V di picco), a valor medio nullo. La frequenza ha un limite inferiore (circa 20 Hz) per visualizzare stabilmente la traccia (per chi usa l'oscilloscopio analogico), ed un limite superiore (alcuni kHz) per effettuare correttamente la misura del tempo di salita: l'onda quadra deve rimanere sul valore "alto" per un tempo sufficiente a esaurire il transitorio di risposta al gradino. Possiamo scegliere come frequenza ad esempio 100 Hz.

Impostazioni oscilloscopio: connessione AC o DC (indifferente se l'onda quadra generata ha valor medio nullo e la sua frequenza è abbastanza alta). Scegliamo di connettere in DC per evitare problemi di tagli alle basse frequenze. Impostiamo il livello di zero a metà schermo (per comodità di visualizzazione). Trigger su CH1 con *slope* ad esempio positiva e livello 0 V (a metà fronte di salita del canale di riferimento): per il primo studente la salita di CH2 partirà a inizio schermo, mentre per il secondo a centro schermo (modificabile però col comando *delay*). Amplificazione orizzontale: sufficiente a vedere esaurito il transitorio e a stimare bene il tempo di salita (33 μs): ad esempio 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$. Amplificazione verticale: dipende dall'ampiezza impostata al generatore. Ad esempio con 1 V di picco selezionato al generatore, converrà impostare un coefficiente di deflessione verticale di 0,5 V/DIV (4 divisioni di ampiezza picco-picco).

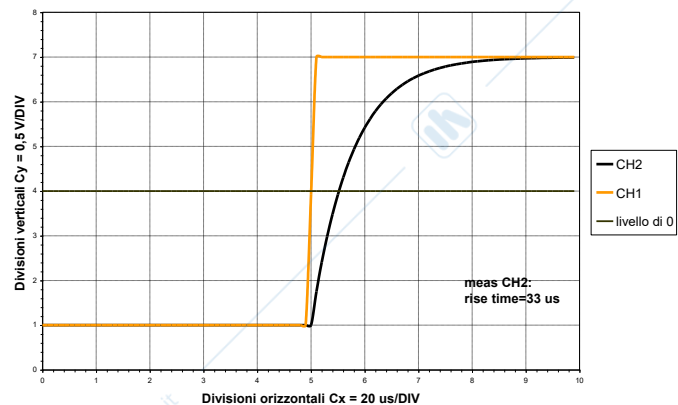
Primo studente: scalibra l'amplificazione verticale (oppure cambia l'ampiezza del generatore) in modo da portare i due livelli dell'onda quadra esattamente sulle due righe di misura dello schermo, a cui

corrispondono le linee tratteggiate del 10 % e del 90 % (si veda la figura). Conta le divisioni orizzontali tra l'attraversamento di 10 % e di 90 % (circa 3,3), moltiplica quindi per 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$ e ottiene la misura.

Secondo studente: utilizza la misura automatica di tempo di salita sul canale 2 e legge il risultato di 33 μs . Se non utilizza la funzione *delay*, spostando a sinistra sullo schermo il punto di *trigger*, conviene che imposti un coefficiente di deflessione orizzontale di 20 $\mu\text{s}/\text{DIV}$, altrimenti rischia di non veder esaurito il transitorio.



ANALOGICO



DIGITALE

Segnale impostato con ampiezza $V_p=1,5\text{ V}$ (così centra le linee di misura dell'analogico)

ALCUNE ALTERNATIVE POSSIBILI:

Analogico 2: collego solo il segnale di uscita del circuito all'oscilloscopio. Imposto il *trigger* su di lui, però con *slope* negativa, il coefficiente di deflessione orizzontale a 100 $\mu\text{s}/\text{DIV}$ e la frequenza del generatore a 1 kHz. In questo modo il fronte di salita avviene esattamente a metà schermo (5 divisioni). Utilizzo la modalità *zoom* (e.g. x10) ed effettuo la misura come descritto precedentemente (adesso vedo a centro schermo il fronte di salita con 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$).

Analogico 3: collego solo il segnale di uscita del circuito all'oscilloscopio. Imposto il *trigger* su di lui, *slope* positiva. Visualizzo qualche periodo e porto l'ampiezza del segnale sulle due linee di misura (come descritto in precedenza). Imposto il livello di *trigger* al 10 % esatto del segnale ed espando la scala dei tempi a 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$. Ora il 10 % è a inizio schermo, mi basta contare le divisioni orizzontali fino al 90 % e poi moltiplicare per 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$.

Digitale 2: collego solo il segnale di uscita del circuito all'oscilloscopio. Imposto il *trigger* su di lui, *slope* positiva. Espando fino a 10 $\mu\text{s}/\text{DIV}$ ed effettuo la misura automatica. (comunque il *trigger* è a centro schermo, quindi non perdo il primo pezzo della salita)

xb) Il secondo studente ha a disposizione la misura automatica del tempo di salita, inoltre il *trigger* è a centro schermo, quindi ha la possibilità di osservare l'intero fronte di salita, senza dover ricorrere ad un altro canale di *trigger*. In questo caso la banda è sufficiente per entrambi.

xc) Ora il tempo di salita $t_R=0,35 \cdot 2\pi RC_2 = 0,35 \cdot 94,2\text{ ns} \cong 33\text{ ns}$.

Il generatore di funzioni presenta ancora un fronte di salita abbastanza rapido per la misura (abbiamo detto nel punto a) che è inferiore al ns).

A prima vista, per il secondo studente cambia solo il valore dell'amplificazione orizzontale (dovrà portarsi a 10 ns/DIV), perché il suo oscilloscopio ha una banda sufficiente.

Il primo studente dovrà invece rendersi conto che la sua misura è falsata dal taglio in banda dell'oscilloscopio analogico. Infatti vedrà già su CH1 un tempo di salita $t_{R-osc}=0,35/B_{OSC} = 35$ ns dovuto al solo taglio in frequenza dell'oscilloscopio.

Ciononostante può effettuare una misura (più imprecisa comunque), sapendo che i tempi di salita si compongono quadraticamente: $t_R = \sqrt{t_{R-meas}^2 - t_{R-osc}^2}$. Misurerà quindi $t_{R-meas} \cong 48$ ns, da cui ricava $t_R \cong 33$ ns

Ora non può più impostare il *trigger* su CH1 come descritto precedentemente, perché perderebbe una frazione significativa del tempo di salita, dovrà utilizzare uno dei due metodi alternativi descritti. Ovviamente le impostazioni delle deflessioni orizzontali saranno da portare a 10 ns/DIV.

ATTENZIONE: in realtà la misura sarebbe falsata per entrambi gli studenti, perché con 15 pF non è più trascurabile la capacità dell'oscilloscopio (circa 20 pF). Anche con una sonda 10x il problema non sarebbe trascurabile (tipiche capacità con sonda sono dell'ordine di 5-6 pF).