

REALIZZAZIONE DI UNA VERSIONE SEMPLIFICATA DI CATENA ELETTRONICA PER UN RIVELATORE DI RADIAZIONE

L'esercitazione, della durata di tre sessioni, consiste nell'esecuzione dei punti da 1 a 3. Il *logbook elettronico* (che include alcuni plot e foto come specificato sotto) va caricato sul logbook elettronico entro la sera del giorno successivo.

NOTA 1: visto che non tutti useranno Arduino, abbiamo indicato alcune operazioni **in rosso**, per chi acquisirà dati con Arduino, e altre **in violetto**, per chi userà solo l'oscilloscopio.

NOTA 2: i circuiti realizzati con componenti reali possono generare dei livelli di continua sotto i segnali che vogliamo analizzare. (1) usare sempre l'oscilloscopio in DC e i cursori per le misure; (2) considerare lo "zero" dei segnali come il livello di continua che si vede subito prima degli stessi (baseline). Es: un segnale che ha il max a 1.2V ma presenta una baseline di 0.2V avrà un'ampiezza effettiva di 1V.

Materiale e strumentazione disponibile

- due integrati TL082C contenenti in tutto 4 amplificatori operazionali
- resistenze e condensatori di varie taglie
- un alimentatore di tensione continua stabilizzato (2 uscite 0-20V + 1 uscita fissa 5V)
- un generatore di funzioni Tektronix AFG 1022 a 2 canali
- un oscilloscopio digitale Tektronix TBS 1102B
- due multimetri digitali
- una scheda Arduino Due con circuito di protezione sugli ingressi

Per le misure con l'oscilloscopio utilizzare le sonde!

1) Generatore dei segnali e preamplificatore di carica

1.1) Generatore di impulsi di corrente

- Utilizzeremo il generatore di funzioni per simulare i segnali del rivelatore, generando un impulso quadrato di tensione con in serie una resistenza adeguata (che equivale a un impulso di corrente con la resistenza in parallelo).
- Impostare sul CH1 del generatore la forma "PULSE". Frequenza 1 kHz, durata dell'impulso $T=5\text{ us}$, livello di tensione di riferimento (*low*) a 0 e ampiezza negativa (*high*) a -1V. Verificare con l'oscilloscopio che la forma dell'impulso sia corretta.
- Identificare la resistenza R_{in} assegnata (valore compreso tra 45k e 85k) e calcolare la quantità di carica prevista Q_{in} che arriva sul preamp in 5 us.

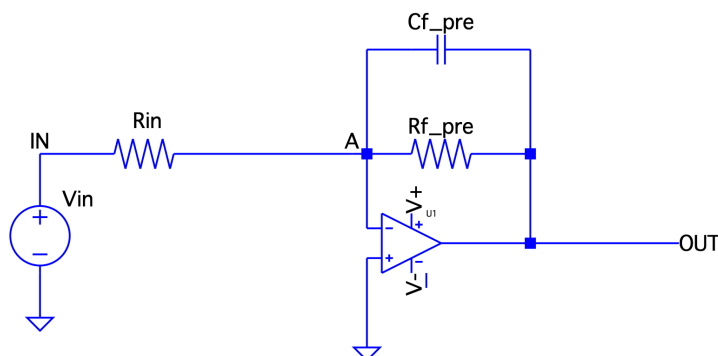


fig.1: schema generatore e preamplificatore

1.2) Preamplificatore di carica

- Identificare la capacità C_{f_pre} (valore compreso tra 160 pF e 350 pF) e la R_{f_pre} (valore tra 500k e 1000k) tra quelle in dotazione.
- Assemblare il circuito di figura 1 con il primo operazionale in dotazione, la capacità C_{f_pre} e la resistenza R_{f_pre} . Calcolare il tempo caratteristico τ_{pre} atteso e il valore atteso massimo V_{pre}^{MAX} di tensione in uscita dal preamp.
- Inserire il segnale del generatore (impulso quadrato) in IN e visualizzare sull'oscilloscopio il segnale di uscita OUT verificando l'effetto di integrazione della carica e il successivo smorzamento esponenziale.
- Confrontare il valore massimo atteso con quello misurato. Se si discosta oltre il 10% dalle attese consultare il docente.

1.3) Verifica della linearità del preamplificatore

- Modificare la durata dell'impulso di ingresso, in modo da variare la quantità di carica iniettata, e misurare l'altezza massima del segnale del preamplificatore. Eseguire alcune misure con $T \leq 10 \text{ us}$ e costruire il grafico V_{pre}^{MAX} vs. Q_{in} per verificare la linearità della risposta del circuito.

1.4) Tempo caratteristico

- Misurare il tempo caratteristico τ_{pre} analizzando la fase di scarica del segnale e confrontare il risultato con il valore atteso.
 - per chi non usa Arduino: prendere le misure necessarie alla misura in laboratorio utilizzando l'oscilloscopio
 - per chi usa Arduino: registrare un segnale di preamplificatore con $T=5 \text{ us}$ ed estrarre il tempo caratteristico dall'analisi del segnale campionato in fase di analisi dati. In lab stimare molto approssimativamente il valore per vedere che sia ragionevolmente in accordo con le aspettative.

1.5) Risposta in frequenza

- Misurare la risposta in frequenza del circuito per frequenze tra 10 Hz e 1 MHz. Costruire il grafico di Bode e verificare il tipico andamento da circuito integratore. Confrontare i risultati sperimentali con le previsioni.
- **da caricare su moodle:**
 - misure dei componenti
 - dati raccolti e valori calcolati (vedi format .txt su moodle)
 - foto oscilloscopio (incluso il numero identificativo dello strumento) con V_{IN} e V_{OUT_pre} del punto 1.2)
 - Plot V_{pre}^{MAX} vs. Q_{IN} con il fit (o sua foto) per il punto 1.3
 - Grafico di Bode della risposta in frequenza (o sua foto) per il punto 1.5

2) Circuito formatore

WARNING: non smontare l'integratore! costruire lo shaper in un'altra zona libera della basetta.

2.1) Shaper base CR-RC

- Assemblare il circuito formatore di base di figura 2 utilizzando le due capacità uguali in dotazione $C_{sh1/2}$ (valore compreso tra 90pF e 160p) e le due resistenze uguali $R_{sh1/2}$

(valore compreso tra 90k e 160k). Disaccoppiare i due stadi CR – RC utilizzando il secondo opamp dello stesso integrato TL082 come buffer. Calcolare il tempo caratteristico τ_{sh} .

- Inserire sull'ingresso B un'onda quadra di frequenza sufficientemente bassa (~ 100 Hz) di ampiezza $V_{pre_ideal} = +1V$ che simula il comportamento di un preamplificatore ideale che mantiene il segnale alto per un tempo indefinito.
- visualizzare sull'oscilloscopio il segnale di uscita OUT e misurare le grandezze caratteristiche: valore del massimo (V_{sh}^{MAX}) e tempo corrispondente (t_{sh}^{MAX}). Verificare anche che dopo $10\tau_{sh}$ il segnale sia tornato prossimo alla baseline.

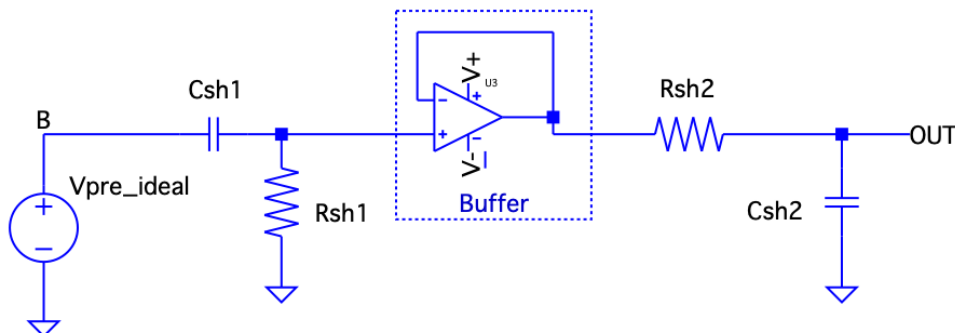


fig.2: schema shaper CR-RC

- Calcolare i valori attesi e confrontarli con i valori misurati. Se si discostano oltre il 10% dalle attese consultare il docente.
- Registrare infine la forma della curva, da confrontare poi in fase di analisi dati con la forma d'impulso prevista.
 - per chi non usa Arduino: prendere un sufficiente numero di misure in laboratorio utilizzando l'oscilloscopio
 - per chi usa Arduino: registrare una forma d'impulso da analizzare a casa.

2.2) Risposta in frequenza dello shaper base

- Misurare la risposta in frequenza del circuito per frequenze tra 10 Hz e 1 MHz. Costruire il grafico di Bode e verificare le regioni di frequenza in cui il circuito si comporta da integratore o da derivatore. Confrontare i risultati sperimentali con le previsioni.

2.3) Shaper CR-RC con compensazione Pole-Zero

- Inserire ora l'uscita del preamplificatore sull'ingresso B dello shaper. Ripristinare le condizioni del punto 1.2 e verificare che il segnale in uscita dal preamplificatore corrisponda a quello misurato in precedenza. Prendere nota della tensione massima raggiunta dal preamplificatore V_{pre}^{MAX} .
- Visualizzare il segnale di uscita dallo shaper, che dovrebbe ora presentare il tipico undershoot: rimisurare i valori del massimo V_{sh}^{MAX} , il tempo corrispondente e il valore massimo dell'undershoot.
- Calcolare il valore richiesto di R_{pz} per compensare l'effetto del Pole-Zero e inserire una resistenza di pari valore (eventualmente come serie di più resistenze) in parallelo a Csh1 (figura 3). Chiedere ai docenti per le resistenze.
- Tenendo sempre in ingresso il segnale del preamp, visualizzare il segnale di uscita per verificare l'effetto di compensazione.

- Verificare che la tensione dopo $10\tau_{sh}$ sia compatibile con lo zero. In caso contrario provare a modificare R_{pz} fino a quando il segnale si riporta correttamente a 0. Se il valore sperimentale differisce per oltre il 10% da quello atteso contattare il docente.

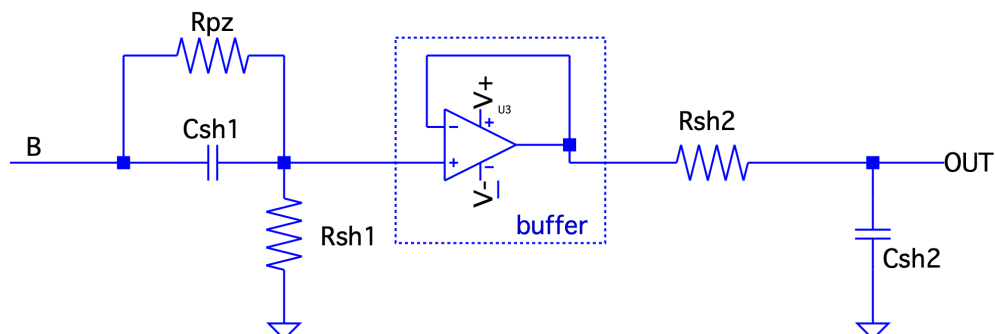


fig.3: schema shaper CR-RC con compensazione pole-zero

- per chi usa Arduino: registrare una forma d'impulso con e senza R_{pz} .
- da caricare su moodle:
 - o misure dei componenti
 - o dati raccolti e valori calcolati
 - o 3 foto oscilloscopio (incluso il numero identificativo dello strumento) con V_{IN} e $V_{OUT_{sh}}$ per (a) CR-RC base con ingresso a gradino; (b) CR-RC base con ingresso dal preamp; (c) CR-RC modificato con compensazione PZ e ingresso dal preamp
 - o Grafico di Bode della risposta in frequenza (o sua foto) per il punto 2.2

3) Circuito amplificatore non invertente e catena elettronica completa

Il segnale prodotto fin qui ha la forma corretta, ma l'ampiezza è piccola rispetto ai tipici range di input delle DAQ. La scheda di acquisizione Arduino Due riceve sull'input analogico segnali positivi su un range di circa 3V, che vengono convertiti su 12 bit (4096 valori).

Il segnale proveniente dalla shaper è già positivo e basterà quindi un'amplificazione lineare per adattarlo al range della DAQ e utilizzare al meglio la conversione AD. Useremo quindi un semplice circuito amplificatore non invertente.

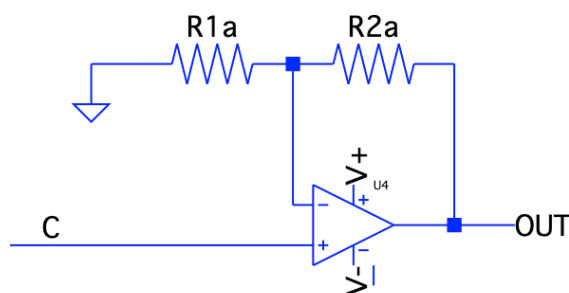


fig.4: schema amplificatore non invertente semplice

- Impostare la durata più lunga per il segnale sul generatore (Q_{IN} più alto) pari a 10 us e misurare l'ampiezza del segnale di uscita dallo shaper V_{sh}^{MAX} . Calcolare quindi l'amplificazione necessaria affinché questo segnale raggiunga l'altezza di 2 V.
- Utilizzando il secondo integrato TL082, costruire il circuito di figura 4 con opportune resistenze (>5k) tali da ottenere l'amplificazione desiderata. Chiedere ai docenti per le resistenze.

- Inserire il segnale dello shaper in C e verificare di aver ottenuto l'output previsto. Se l'ampiezza dell'output si discosta oltre il 10% dal valore previsto avvisare il docente.

3.1) Linearità della catena elettronica

- Modificare la durata dell'impulso di ingresso in modo da variare la quantità di carica iniettata e misurare l'altezza massima del segnale in uscita dall'amplificatore. Eseguire alcune misure con $T \leq 10 \text{ us}$ e costruire il grafico $V_{\text{out}}^{\text{MAX}}$ vs. Q_{IN} per verificare la linearità della risposta del circuito
 - per chi non fa Arduino: eseguire le misure sull'oscilloscopio
 - per chi usa Arduino: registrare le forme d'impulso, visualizzarle sul pc e costruire il grafico per il logbook con il $V_{\text{out}}^{\text{MAX}}$ non calibrato in adc_counts (possibilmente in laboratorio in modo da verificare il corretto funzionamento della DAQ)

3.2) Risposta in frequenza della catena elettronica

- Misurare la risposta in frequenza del circuito per frequenze tra 10 Hz e 1 MHz. Costruire il grafico di Bode e verificare le regioni di frequenza in cui il circuito si comporta da integratore o da derivatore. Confrontare i risultati sperimentali con le previsioni.

3.3) Effetto dello shaping-time

- Verificare l'effetto di integrazione-derivazione al variare dello shaping time: sostituire alle resistenze $R_{\text{sh}1/2}$ una coppia di resistenze di valore ridotto ($R_{\text{sh}}' \ll R_{\text{sh}}$), in modo da modificare il τ_{sh} senza alterare la compensazione del PZ. Chiedere ai docenti per le nuove resistenze.
- Visualizzare il segnale di uscita. Cosa è successo?
- Fotografare il segnale, da confrontare poi in fase di analisi dati con quelli prodotti dalla simulazione.
 - per chi usa Arduino: registrare la forma d'impulso con lo shaping time ridotto
 - per chi non usa Arduino: utilizzare la foto dell'oscilloscopio per estrarre a casa le informazioni utili in fase di analisi dati

3.4) Altre misure con la catena elettronica finale (facoltativo)

- Provare a variare il segnale di ingresso (es. un impulso triangolare che sale in 500ns e torna a zero in 5 us, e/o un'altra forma a vostra scelta) e misurare il segnale in uscita al preamplificatore e sull'uscita finale. Misurare i valori significativi (**oscilloscopio** o **arduino**) e confrontarli con le previsioni/simulazioni.
- Provare a modificare qualche componente del circuito (non a caso, ma prevedendo prima cosa dovrebbe succedere) e vedere se il circuito risponde come previsto.
- **da caricare su moodle:**
 - misure dei componenti
 - dati raccolti e calcoli richiesti
 - foto oscilloscopio (incluso il numero identificativo dello strumento) con V_{IN} e V_{OUT} del segnale più alto
 - Plot $V_{\text{sh}}^{\text{MAX}}$ vs. Q_{IN} con il fit (o sua foto) per il punto 3.1
 - Grafico di Bode della risposta in frequenza (o sua foto) per il punto 3.2
 - foto oscilloscopio con V_{IN} e V_{OUT} col τ_{sh} modificato (3.3)