

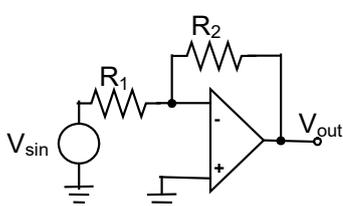


## Fondamenti di Elettronica – C. Guazzoni

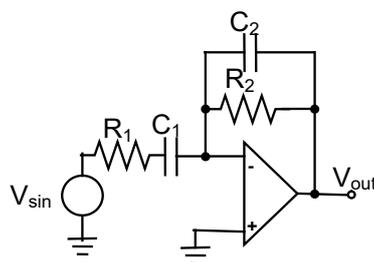
Laboratorio in presenza e “Tutorato Sperimentale” – Maggio 2024

**Oggetto: configurazioni circuitali basate su amplificatori operazionali (amplificatore invertente, filtro passa-banda, trigger di Schmitt, generatore di forme d'onda): analisi circuitali, simulazione pSpice e misure su prototipo.**

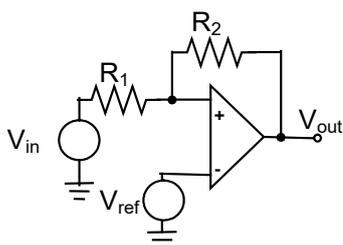
Si considerino le seguenti configurazioni circuitali basate su amplificatori operazionali tutte realizzate con l'amplificatore operazionale LM324 (si noti che l'integrato LM324 è un *QUAD Operational Amplifiers IC*, vedi *datasheet*) mostrate nella figura seguente:



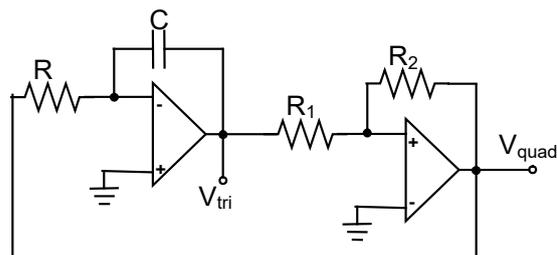
a) *amplificatore invertente*



b) *filtro passa-banda*



c) *trigger di Schmitt*



d) *generatore di forme d'onda*

Si lascia alla “liberta’ individuale” la possibilita’ di montare e studiare configurazioni circuitali diverse da quelle indicate o di impiegare l'uscita di uno stadio come ingresso per un altro.

Ci si propone di analizzare tali circuiti sia mediante analisi “carta e penna”, che con simulazioni pSpice (individualmente a casa e nel laboratorio *online* dedicato del 30 maggio 2024, di cui si allega la traccia) e con misure sperimentali su prototipo. Si lascia all'iniziativa personale di realizzare successivamente a casa le simulazioni pSpice delle misure eseguite e confrontare i risultati ottenuti. Il modello Spice dell'operazionale puo’ essere reperito all'indirizzo: <https://www.ti.com/lit/zip/sqilm038>

Si iniziera’ valutando alcune delle non-idealita’ in continua dell'amplificatore LM324, confrontandole con quanto riportato nel *datasheet* (<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm324a.pdf>). Si procedera’, quindi, all'analisi del trasferimento ingresso-uscita e si concludera’ l'analisi delle prestazioni del circuito studiando sperimentalmente la funzione di trasferimento dello stadio per gli stadi amplificatori.

### A. Non idealita’ in continua

Si realizzi un amplificatore invertente con uno degli operazionali presenti nel package dell'amplificatore operazionale LM324

	<b><u>SI FACCIA RIFERIMENTO AL DATASHEET PER LA CORRETTA PIEDINATURA DEL COMPONENTE, CHE SI DISTRUGGE SE COLLEGATO IN MANIERA ERRONEA</u></b>	
--	---	--

- a) Si misuri il valore della tensione di uscita in assenza di segnale in ingresso e ci si dia una giustificazione per tale valore.
- b) Si modifichi ora opportunamente il circuito in modo da effettuare la compensazione delle correnti di *bias* impiegando il potenziometro come resistenza di compensazione. Il nuovo valore di tensione di uscita ottenuto e’ compatibile con il valore della tensione di *offset* fornito dal *datasheet* dell'amplificatore operazionale?

## **B. Riposta ad una onda quadra dell'amplificatore invertente/non invertente**

Si realizzi il circuito di un amplificatore invertente e quello di un non invertente con i componenti a disposizione. Si scelga la ampiezza e la frequenza dell'onda quadra in ingresso per evitare distorsioni. Valutare il guadagno e la banda dell'operazionale e confrontarli con quanto atteso. Si varii, quindi, l'ampiezza del segnale applicato in ingresso per evidenziare le limitazioni da *Slew-Rate*. Tale valore e' compatibile con quanto riportato dal *datasheet*?

## **B. Funzione di trasferimento dell'amplificatore invertente e del filtro passa-banda**

Si realizzi il circuito di un amplificatore invertente e quello di un filtro passa banda con i componenti a disposizione. Si varii la frequenza del segnale applicato in ingresso per ricostruire per punti la funzione di trasferimento. Tracciare il diagramma di Bode del modulo e della fase. Si ponga particolare cura nell'individuare le singolarita' presenti nella funzione di trasferimento, dovute sia ai componenti esterni connessi che all'amplificatore operazionale.

Con riferimento all'amplificatore invertente, si esplori la combinazione di ampiezza della sinusoide in ingresso e della sua frequenza che causa una risposta limitata da *Slew-Rate*. Tale valore e' compatibile con quanto riportato dal *datasheet* e con quanto trovato al punto precedente?

## **C. Caratteristica di trasferimento del trigger di Schmitt**

Si realizzi il circuito di un trigger di Schmitt con i componenti a disposizione. Si ricostruisca per punti la caratteristica di trasferimento ingresso-uscita. Si ponga particolare cura nell'individuare le soglie di commutazione e si confrontino con quanto atteso "carta e penna".

## **D. Studio del funzionamento del generatore di forme d'onda**

Si realizzi il circuito relativo al generatore di onda quadra e triangolare con i componenti a disposizione.

- a) Visualizzare mediante l'oscilloscopio i diagrammi temporali relativi alle uscite dei due blocchi. Si valuti la frequenza del segnale all'uscita del trigger mediante misura diretta col frequenzimetro (verificando che coincida con quella dedotta all'oscilloscopio).
- b) Si varino i valori delle resistenze in gioco per variare la frequenza di oscillazione e si valuti se quanto misurato corrisponde a quanto atteso.

Buon lavoro e buon divertimento....