

Esperienza 3

Brugnara Fabio
Debiasi Maddalena
Musso Francesco
Gruppo A01

10 ottobre 2019

1 Follower

La prima parte dell'esperienza consiste nel costruire un follower utilizzando l'amplificatore operazionale uA741. La configurazione per questo circuito è la seguente:

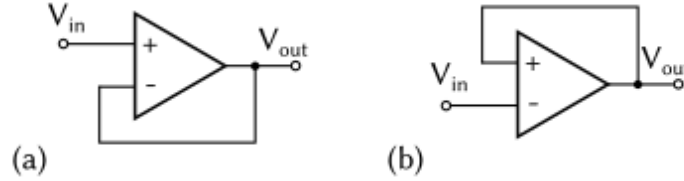


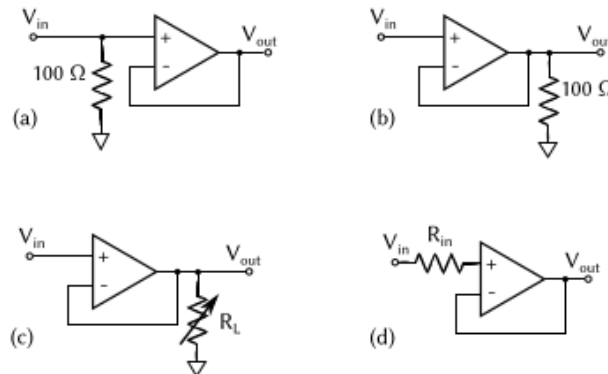
Figura 1: Schema circuitale del follower a feedback negativo(a) e feedback positivo(b)

Settiamo prima la configurazione (a) e ne verifichiamo il funzionamento come follower: V_{out} insegue effettivamente il segnale V_{in} , mantenendolo invariato per quanto riguarda la tensione. Prepariamo poi la configurazione (b) e misuriamo una tensione V_{out} in uscita costante intorno a 12V, mentre altri gruppi misurano invece l'opposto: -12V. Questo non è il comportamento di un follower e si può spiegare utilizzando l'equazione che regola l'amplificatore:

$$V_{out} = A(V_+ - V_-) \quad (1)$$

Capiamo come, mettendo in corto V_+ con V_{out} , l'amplificatore continui ad aumentare V_{out} essendo collegato all'ingresso non-invertente, fino a quando non si verifica la saturazione. Il segno che troviamo alla fine ($\pm 12V$) è dato semplicemente dalle condizioni iniziali.

Vogliamo ora studiare le caratteristiche del follower: le impedenze in ingresso e in uscita dell'operazionale. Per fare ciò utilizziamo le seguenti configurazioni circuitali:



Nel caso (a) aggiungiamo una resistenza di $100\ \Omega$ in parallelo con il generatore. In questa configurazione la resistenza fa da partitore con l'impedenza interna del generatore ($50\ \Omega$) causando una riduzione di un $1/3$ del segnale in ingresso all'amplificatore. L'amplificatore continua a inseguire bene il segnale che riceve in ingresso, che sarà dunque $2/3 V_{in}$. Nella configurazione (b) e (c) studiamo l'impedenza in uscita dell'amplificatore operazionale. Nel primo caso spostiamo la resistenza di prima in parallelo all'output. Il follower continua a inseguire alla perfezione il segnale in ingresso, che questa volta non subisce modificazioni. Da ciò possiamo concludere che l'impedenza in uscita dell'amplificatore è molto minore dei $100\ \Omega$ della resistenza:

$$1 \simeq \frac{100\ \Omega}{Z_{out} + 100\ \Omega} \implies Z_{out} \ll 100\ \Omega \quad (2)$$

Sostituiamo ora la resistenza con un trimmer per andare a misurare la resistenza di carico minima con cui il follower riesce a lavorare. Utilizzando resistenze piccole si verifica infatti il

fenomeno di clamping che taglia l'onda sui picchi. La resistenza massima alla quale è osservabile il clamping da noi misurata è $R_{Lmax} = (21.8 \pm 0.3) \Omega$. Non interpretiamo R_{Lmax} come l'impedenza in uscita dell'amplificatore, ma piuttosto come la resistenza minima con cui esso può lavorare, oltre la quale il generatore di corrente continua (± 12 V) non riesce più a fornire potenza sufficiente per mantenere la stessa tensione in ingresso anche ai capi del trimmer.

Vogliamo ora stimare l'impedenza in ingresso dell'amplificatore operazionale. Montiamo il circuito (d), aggiungendo una resistenza da $10 \text{ M}\Omega$ in serie all'input rimuovendo il trimmer. Notiamo la presenza di uno strano offset tra ingresso e uscita, misurato di 360 mV . Non conoscendo nel dettaglio il comportamento dell'amplificatore non riusciamo a comprendere la natura di questo offset, probabilmente causato da correnti di bias. Possiamo però misurare l'impedenza in ingresso dell'amplificatore: trascuriamo la differenza di fase tra V_{in} e V_{out} essendo molto piccola (minore di 5 gradi), quindi considerando Z_{in} reale cioè solo di tipo resistivo. Per calcolare Z_{in} abbiamo bisogno della tensione V_{in} (1 V) e del valore di tensione in ingresso all'amplificatore, cioè dopo la resistenza da $1 \text{ M}\Omega$. La misura diretta di questa tensione ci sarebbe impossibile dato che, collegando l'oscilloscopio avente un'impedenza confrontabile con la resistenza, perturberebbe il circuito. Utilizziamo allora la configurazione di follower misurando V_{out} senza così modificare il circuito: $V_{out} \simeq 0.95 \text{ V}$. Queste grandezze sono legate dalla relazione:

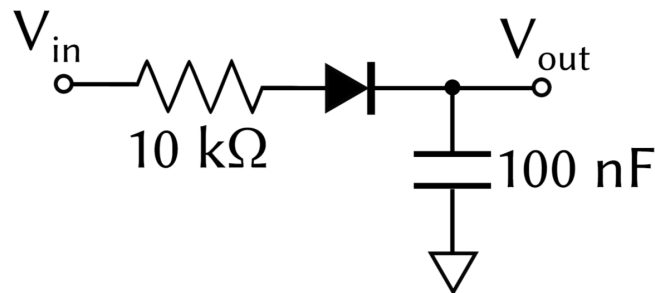
$$V_{out} = \frac{Z_{in}}{Z_{in} + 10 \text{ M}\Omega} V_{in} \quad (3)$$

Risolvendo per Z_{in} otteniamo $Z_{in} \simeq 190 \text{ M}\Omega$, quindi un'impedenza in ingresso molto elevata rispetto ai circuiti che abbiamo visto fin'ora.

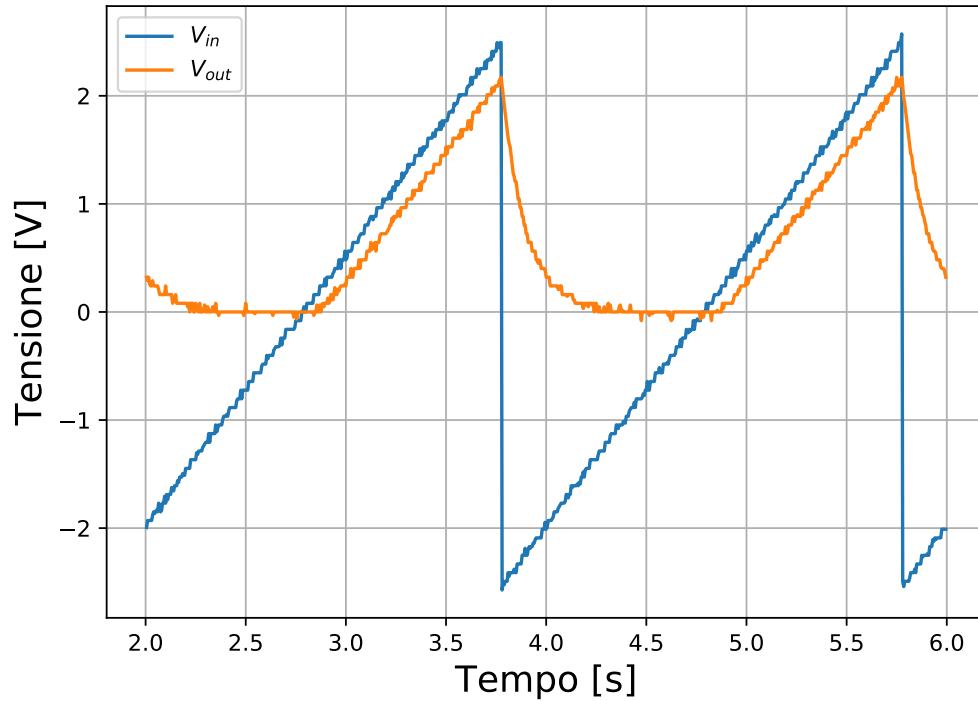
Sostituiamo ora l'operazionale uA741 con l'operazionale OP07 ed effettuiamo la stessa misura per calcolare Z_{in} : la riduzione in ampiezza è la stessa, $V_{out} \simeq 0.95 \text{ V}$ e dunque risulta uguale anche l'impedenza in ingresso. Una differenza importante è invece che questa volta V_{out} non presenta un offset rispetto a V_{in} .

2 Peak detector

Costruiamo il seguente circuito, rilevatore di picco, utile a "memorizzare" la massima tensione picco picco del segnale in ingresso.

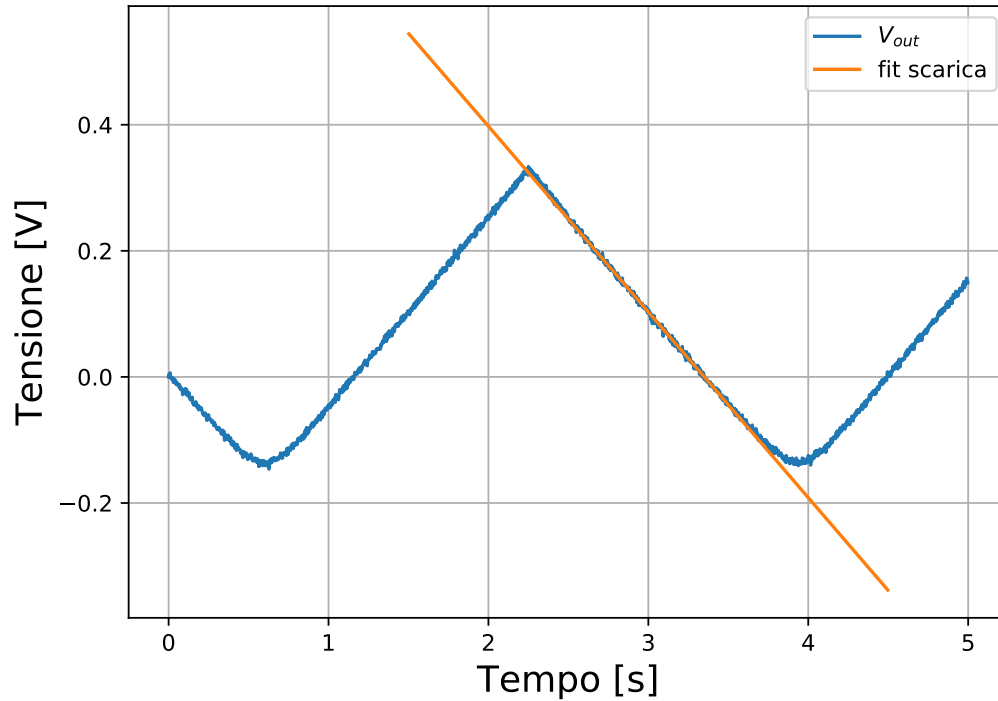


Osserviamo il segnale in uscita confrontandolo con quello in ingresso:



Durante la salita osserviamo come il condensatore si carichi linearmente, con V_{out} che "insegue" V_{in} a meno di un' offset, causato dalla resistenza da $10\text{ k}\Omega$. La carica è lineare dato che non avviene bruscamente ma su una scala di tempi molti maggiori di $\tau = RC$. La scarica invece ha un'andamento esponenziale decrescente: durante la scarica il diodo isola il condensatore, il quale si scarica sull'oscilloscopio formando con esso un semplice circuito RC. Senza bisogno di effettuare fit notiamo come il tempo caratteristico di scarica $\tau = CR_{osc} \simeq 0.1\text{ s}$ sia compatibile con quanto osservato in figura.

Collegiamo ora all'uscita del peak-detector l'amplificatore utilizzato in precedenza nella configurazione follower. Il risultato è il seguente:



La fase di carica non cambia, qui l'amplificatore non avrebbe motivo di non comportarsi da follower. La scarica, invece, non risulta più esponenziale, come in un circuito RC, registriamo invece una scarica lineare, osservando come l'amplificatore si comporti come un generatore di corrente costante. Mediante fit siamo interessati a misurare il valore di questa corrente, verificando inoltre se questa scarica sia veramente lineare.

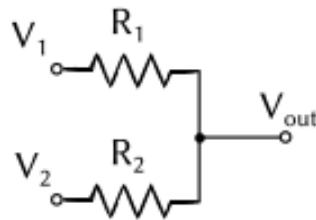
Sapendo dalla definizione di capacità del condensatore che $Q = CV$, derivando otteniamo che $I = C\dot{V}$. Ovviamente se V risulta lineare nel tempo, \dot{V} è il coefficiente della retta che ne descrive l'andamento nel tempo e la corrente I fornita dall'amplificatore è costante.

Effettuiamo il fit lineare ottenendo $\dot{V} = -0.295 \pm 0.001$, da cui ricaviamo la corrente costante con cui si scarica il condensatore: $I = C|\dot{V}| = (29.46 \pm 0.06) \text{ nA}$.

Eseguito lo stesso procedimento con l'amplificatore OP07 otteniamo una corrente di $I = (3.93 \pm 0.06) \text{ nA}$

3 Circuito di media pesata con 2 segnali

Utilizzando il circuito media pesata sotto riportato vogliamo realizzare un'onda triangolare sommando i primi 2 termini dell'espansione di Fourier.



Il primo termine è $\sin(\omega t)$ mentre il secondo $-1/9 \sin(3\omega t)$. Per realizzare queste due onde abbiamo bisogno che una sia di ampiezza $1/9$ dell'altra, che siano sfasate di 180 gradi e che la seconda abbia una frequenza tre volte la prima. Le ultime 2 condizioni le settiamo con il generatore d'onda mentre per l'ampiezza utilizziamo il circuito di media pesata scegliendo $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 9 \text{ k}\Omega$. Il risultato è il seguente.

