

# Usi non lineari dell'OpAmp

Francesco Sacco, Lorenzo Cavioti

Novembre 2015

## 1 Amplificatore di carica

Per spiegare il circuito dell'amplificatore di carica è meglio analizzarlo con i suoi due sotto-circuiti separatamente, e poi vedere come si incastrano assieme.

### 1.1 Teoria Primo sotto-circuito

Il primo sottocircuito è quello che è collegato al voltaggio in ingresso  $V_S$ , esso si può vedere nella figura 1.1 , risolvere il circuito equivale a risolvere questo sistema di 3 equazioni

$$\begin{cases} V_S - V_- = \frac{Q_T}{C_T} \\ V_- - V_{sh} = I_1 R_1 \\ V_- - V_{sh} = \frac{Q_F}{C_F} \end{cases} \quad (1)$$

Derivando rispetto al tempo la prima e la terza equazione, supponendo che  $\frac{dV_s}{dt} = 0^1$ , e imponendo che  $V_{sh} = AV_-$  si ottiene

$$\begin{cases} \frac{dV_-}{dt} = -\frac{I_T}{C_T} \\ (1+A)V_- = I_1 R_1 \\ (1+A)\frac{dV_-}{dt} = \frac{I_F}{C_F} \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{dV_-}{dt} = -\frac{I_1+I_F}{C_T} \\ I_F = C_F(1+A)\frac{dV_-}{dt} \\ I_1 = \frac{1+A}{R_1}V_- \end{cases}$$

Passando dal primo sistema all'altro ho usato che  $I_T = I_1 + I_F$ , sostituendo  $I_1$  e  $I_F$  nella prima equazione si ottiene che

$$\begin{aligned} \frac{dV_-}{dt} &= \frac{1}{C_T} \left[ C_F(1+A)\frac{dV_-}{dt} + \frac{1+A}{R_1}V_- \right] \\ \frac{dV_-}{dt} \left[ \frac{C_T}{1+A} + C_F \right] &= -\frac{V_-}{R_1} \end{aligned}$$

---

<sup>1</sup>visto che è un'onda quadra possiamo supporre di interessarci al circuito nei punti in cui l'onda quadra è costante

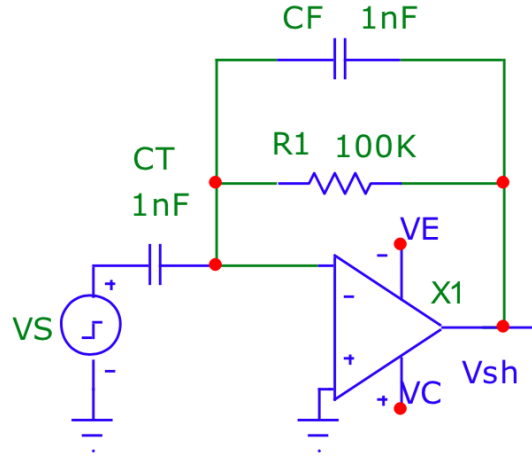


Figura 1: sotto-circuito 1

Nel limite in cui  $A$  è molto grande possiamo considerare  $\frac{C_T}{1+A} \approx 0$ , quindi l'equazione di prima diventa

$$\frac{dV_-}{dt} \approx -\frac{V_-}{C_F R_1} \quad A \frac{dV_-}{dt} \approx -A \frac{V_-}{C_F R_1} \quad \frac{dV_{sh}}{dt} \approx -\frac{V_{sh}}{C_F R_1}$$

Quindi si ottiene dal primo sottocircuito che

$$V_{sh} = \pm V_S e^{-t/C_F R_1} \quad (2)$$

CONTROLLA SE  $V_0$  E' UGUALE A  $V_S$ !!!

## 1.2 Teoria secondo sotto-circuito

Prima di spiegare direttamente il secondo sottocircuito è meglio dare un paio di informazioni parecchio approssimative sull'OpAmp.

L'OpAmp è un dispositivo a 5 terminali, per indicare il voltaggio in ciascun terminale useremo la convenzione dell'immagine 1.2

L'OpAmp è in grado di amplificare il segnale per bene solo se  $V_{S-} < A(V_+ - V_-) < V_{S+}$ , se per caso  $A(V_+ - V_-) > V_{S+}$ , l'amplificatore porta  $V_{out}$  al massimo voltaggio che può dare, cioè  $V_{S+}$ , e se  $A(V_+ - V_-) < V_{S-}$   $V_{out} = V_{S-}$ .

Essendo  $A$  molto grande basta una differenza di potenziale molto piccola ai capi dei terminali  $+$  e  $-$  per mandare l'OpAmp a  $V_{S+}$  e  $V_{S-}$ , quindi ciò viene usato per dire in modo binario se un voltaggio è maggiore di un'altro voltaggio, infatti se  $A|V_+ - V_-| \gg 1$  si ha che  $V_{out} = V_{S+}$  se  $V_+ > V_-$  e  $V_{out} = V_{S-}$  se  $V_+ < V_-$ .

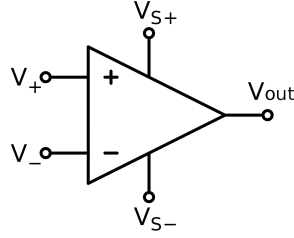


Figura 2: un OpAmp

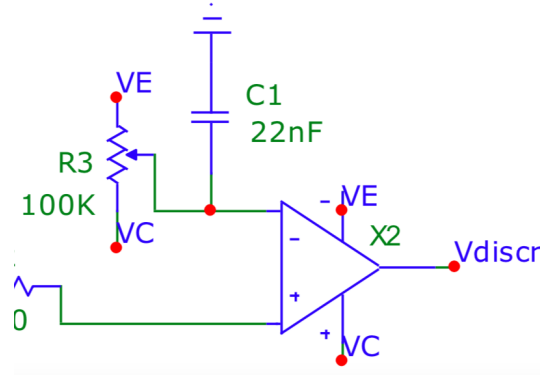


Figura 3: secondo sotto-circuito

Adesso che sappiamo ciò possiamo spiegare il secondo sottocircuito: Il secondo sotto circuito si può vedere nella figura 1.2, il terminale positivo è collegato a  $V_{sh}$  attraverso una resistenza di  $100\Omega$ , quindi visto che la corrente che passa per il terminale positivo è circa zero possiamo assumere che la differenza di potenziale ai capi sia trascurabile.

Chiamerò  $V_P^2$  il potenziale che va nel terminale negativo dell'OpAmp, esso è possibile regolarlo grazie all'ausilio del potenziometro che funge da partitore di tensione.

Essendo (quasi sempre)  $A|V_{sh} - V_P| \gg 1$  si ha che

$$\begin{cases} V_{discr} = V_C & \text{se } V_{sh} > V_P \\ V_{discr} = V_E & \text{se } V_{sh} < V_P \end{cases} \quad (3)$$

---

<sup>2</sup>P sta per potenziometro

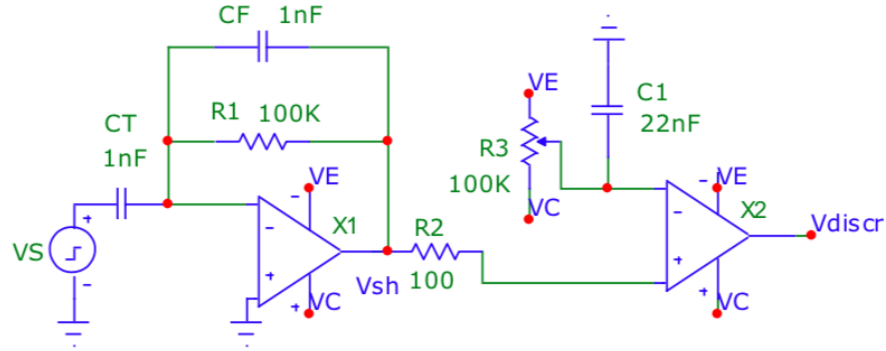


Figura 4: Circuito

### 1.3 Quello che resta della Teoria

Unendo i due sottocircuiti come in figura 1.3 si uniscono i risultati degli scorsi due paragrafi:

$$V_{sh} = \pm V_S e^{-t/C_F R_1} \quad \text{e} \quad \begin{cases} V_{discr} = V_C \text{ se } V_{sh} > V_P \\ V_{discr} = V_E \text{ se } V_{sh} < V_E \end{cases} \quad (4)$$

Se si vuole ricavare per quanto tempo  $V_{discr} = V_C$  basta risolvere rispetto al tempo  $V_{sh} > V_P$ , quindi

$$V_S e^{-t/C_F R_1} > V_P \quad -\frac{t}{C_F R_1} > \ln\left(\frac{V_P}{V_S}\right) \quad t < C_F R_1 \ln\left(\frac{V_S}{V_P}\right) \quad (5)$$

### 1.4 Raccolta e analisi dati

dopo scrivi qualcosa!

## 2 Multivibratore astabile

### 2.1 Teoria trigger di Schmitt

Il trigger di Schmitt (immagine 2.1) è uno squadratore d'onda, che funziona nel seguente modo:

$$\begin{cases} V_{out} = V_{CE} \text{ se } V_- > \frac{V_{CC}}{1+R_1/R_2} \\ V_{out} = V_{CC} \text{ se } V_- < \frac{V_{CE}}{1+R_1/R_2} \\ \text{se } \frac{V_{CE}}{1+R_1/R_2} < V_- < \frac{V_{CC}}{1+R_1/R_2} \text{ allora } V_{out} \text{ assume l'ultimo valore assunto} \end{cases} \quad (6)$$

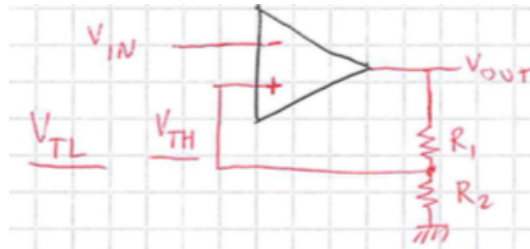


Figura 5: Trigger di Schmitt

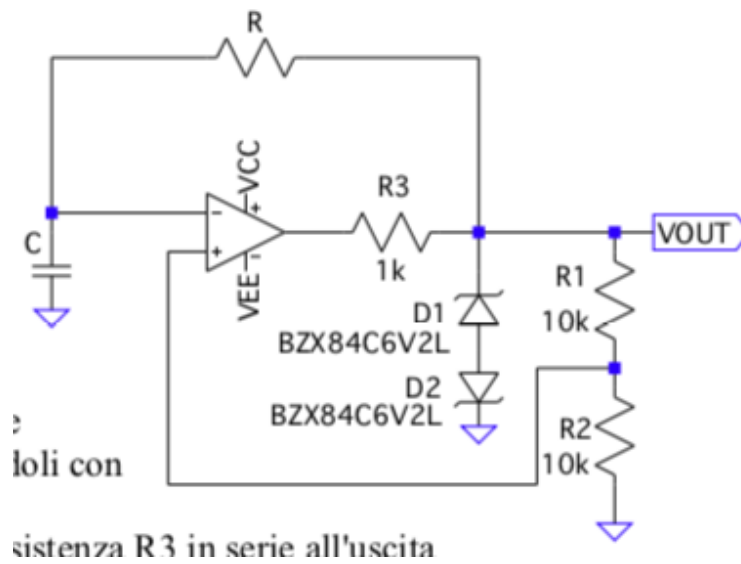


Figura 6: Multivibratore astabile

## 2.2 Teoria Multivibratore astabile

Il multivibratore astabile è quello in figura 2.2, esso è un trigger di Schmitt con due diodi zener che limitano  $-V_{br} < V_{out} < V_{br}$ , dove  $V_{br}$  è il voltaggio di breakdown dei zener. Inoltre  $V_{-}$ , grazie al condensatore si carica dello stesso segno di  $V_{out}$ , ciò crea un fenomeno oscillatorio. Per dimostrare quanto detto sopra, possiamo immaginare il circuito a regime

## 2.3 Raccolta e analisi dati

asd