

SAMPLE HOLD

MORTARO MATTEO

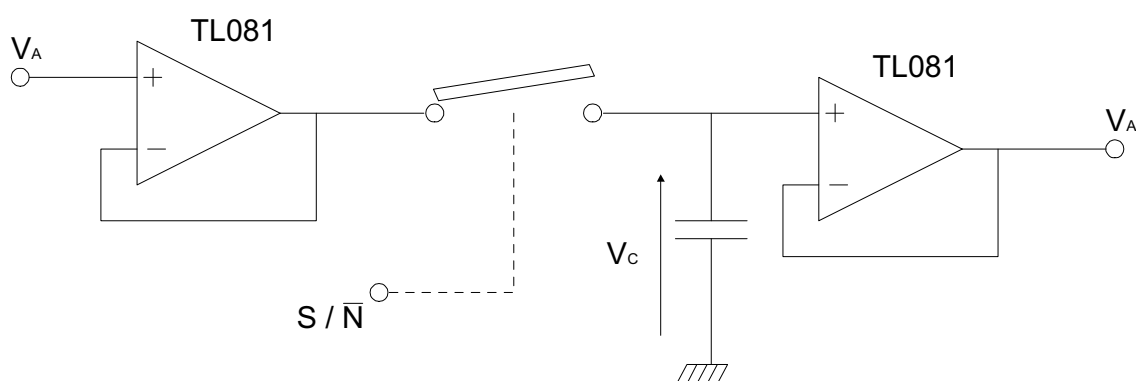
REL.16

24 MARZO 98

Scopo dell'esperienza

Lo scopo di questa esperienza è stato quello di realizzare e verificare il funzionamento di un dispositivo Sample and Hold. Successivamente abbiamo verificato il teorema di Shannon e analizzato il fenomeno dell'aliasing.

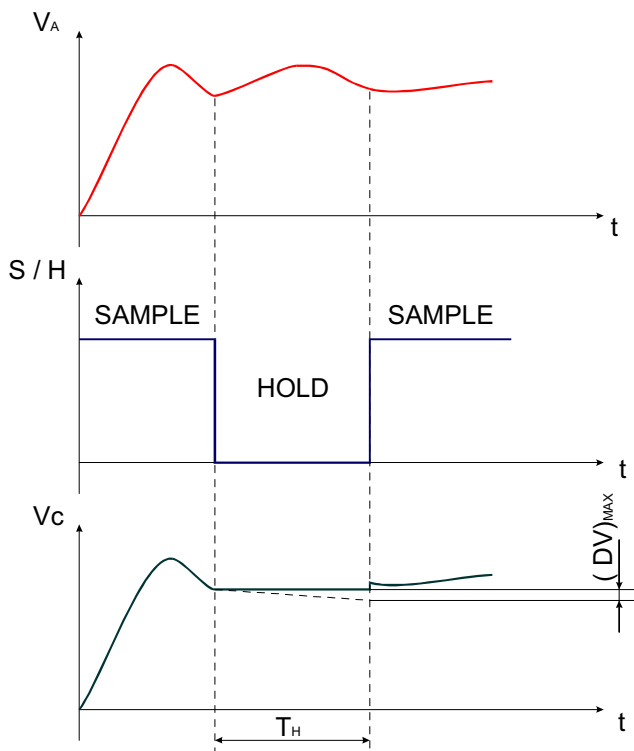
Schema elettrico



Nello schema elettrico del sample and hold l'interruttore analogico da noi usato è il 4016 CMOS. Il funzionamento è semplice:

- se $S/\bar{H} = 1$, interruttore chiuso, quindi $V_c = V_A$, siamo nella fase di campionamento
- se $S/\bar{H} = 0$, interruttore aperto, il condensatore tiene in memoria l'ultimo valore acquisito della tensione analogica di ingresso: il condensatore infatti non si può scaricare né a destra (ramo aperto), né a sinistra (l'operazionale presenta una impedenza in ingresso molto elevata).

Rappresentando l'andamento delle tensioni del circuito graficamente possiamo vedere quando segue:



V_c corrisponde alla tensione sul condensatore che è anche quella in uscita: a valle del condensatore è presente un inseguitore di tensione, cioè un dispositivo che presenta una resistenza elevata in ingresso e una resistenza bassa in uscita.

È importante notare che il condensatore si carica con un tempo infinitesimo perché, quando l'interruttore è ON, il condensatore vede una resistenza in uscita dal primo operazionale nulla.

Verifica teorema di Shannon

Per verificare la validità del teorema di Shannon campioniamo a frequenze molto diverse per analizzare i due casi possibili:

1. $f_c < 2 f_i$: gli spettri sono sovrapposti e non è possibile in alcun modo riavere il segnale originario
2. $f_c > 2 f_i$: si può, con l'utilizzo di un filtro, riavere il segnale originario.

Applicando in ingresso un segnale a frequenza $f = 5 \text{ KHz}$ nel primo caso camperemo con $f < 10 \text{ KHz}$; nel secondo con $f > 10 \text{ KHz}$.

Progetto

La fase di progetto ha riguardato due aspetti:

- a) Progetto del condensatore C
- b) Progetto del filtro del secondo ordine

Progetto del condensatore

Teoricamente la fase di carica del condensatore durante il campionamento ha costante di tempo nulla. In realtà questo non succede, per due motivi:

1. La resistenza di ingresso dell'operazionale non è infinita;
2. Lo switch OFF non rappresenta un ramo aperto ma ammette una certa corrente, il cui valore massimo è: $I_{OFF} = 50 \text{ nA}$ (per il 4016).

Dei due fattori il primo è trascurabile; il secondo causa una rampa in discesa del segnale Vc durante la fase di sample (tratteggiata nel grafico).

Per progettare C è perciò necessario prendere in considerazione $e (T_H)_{MAX}$:

$$(T_H)_{MAX} = \frac{1}{2f} = \frac{1}{10 \cdot 10^3} = 0,1 \text{ ms}$$

dove f è 5 KHz , cioè la frequenza del segnale di ingresso.

$$(\Delta V)_{MAX} = 10 \text{ mV}$$

(valore fissato arbitrariamente)

Dalla relazione:

$$(\Delta V)_{MAX} = \frac{1}{C} \cdot \int I_{OFF} dt$$

ricaviamo C (approssimando al valore commerciale maggiore)

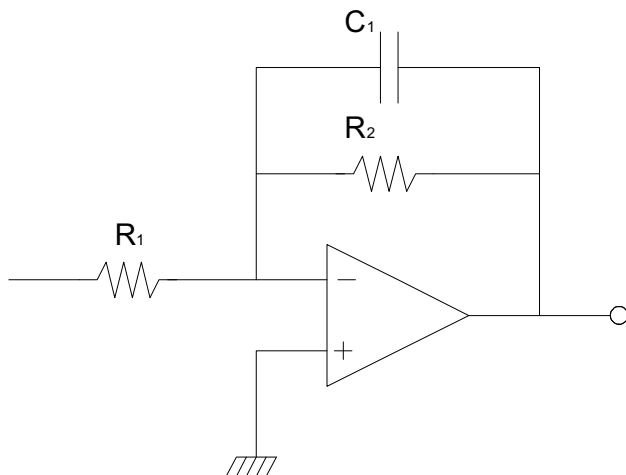
$$C = 1 \text{ nF}$$

NB. È bene aumentare C, ma non esagerare perché in fase di SAMPLE C si carica tramite la R_{OUT} del primo operazionale che di qualche decina di ohm.

Progetto del filtro

Per avere un campionamento corretto è necessario, all'uscita del sample hold, un filtro passa basso in grado di eliminare le armoniche indesiderate.

La prima idea è quella di utilizzare un integratore ad operazionale:

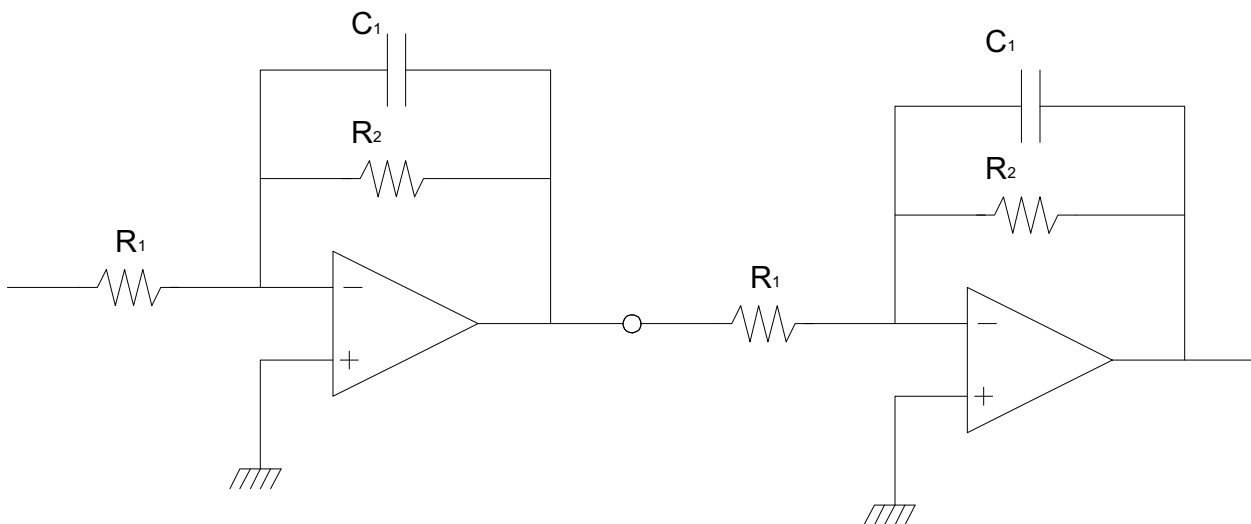


Ricordo che:

$$A_v = - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{1 + j\omega C_1 R_2}$$

$$f_H = \frac{1}{2\pi C_1 R_2}$$

Questo filtro ha una pendenza di 20 dB / decade. Per avere 40 dB / decade mettiamo due filtri in cascata, ma bisogna stare attenti al fatto che abbiamo una nuova frequenza di taglio, minore della precedente.



Il modulo della nuova amplificazione è:

$$|A_{v_{TOT}}| = |Av|^2 = \frac{\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2}{\sqrt{1 + (\omega C_1 R_2)^2} \cdot \sqrt{1 + (\omega C_1 R_2)^2}}$$

Ponendo il denominatore uguale a $\sqrt{2}$ troviamo la frequenza di taglio.
Dopo una serie di passaggi:

$$f_H = \frac{\sqrt{\sqrt{2}-1}}{2\pi C_1 R_2} \cong 0,64 \cdot \frac{1}{2\pi C_1 R_2}$$

Nel nostro caso abbiamo in ingresso un segnale a frequenza $f = 5 \text{ KHz}$, perciò imponiamo:

$$f_H = 6 \text{ KHz}$$

Ricaviamo i valori di $R_1 R_2 C_1$:

$$R_2 = 1,5 \text{ K}\Omega$$

$$C_1 = 10 \text{ nF}$$

$$R_1 = R_2 = 1,5 \text{ K}\Omega$$

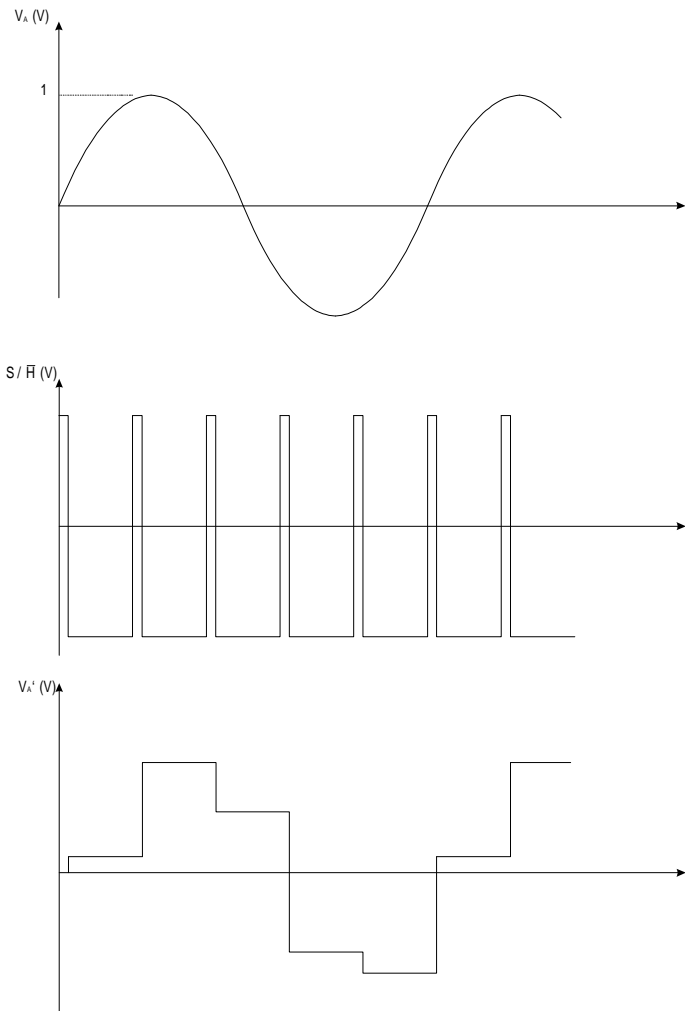
Descrizione

Le misure da noi effettuate sono state le seguenti:

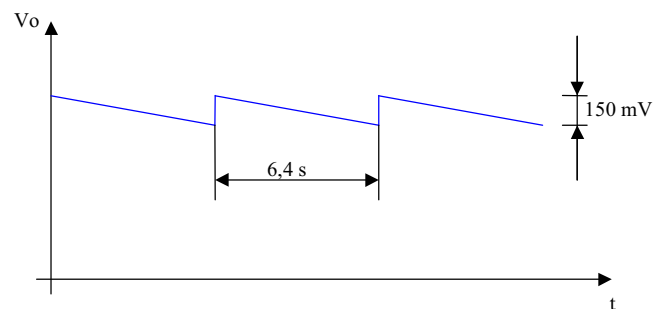
- 1.) Abbiamo verificato il funzionamento del circuito, mettendo in ingresso un segnale sinusoidale di ampiezza 1 V e frequenza di 5 KHz; frequenza di pilotaggio del Sample Hold 50 KHz.
Ricordo che le tensioni di alimentazione per l'operazionale sono $\pm 12 \text{ V}$, mentre per il 4016 sono $\pm 5 \text{ V}$ (serve duale per poter campionare anche i segnali negativi che, con un'alimentazione singola, sarebbero persi).
Il duty cycle del segnale di pilotaggio deve essere il minore possibile (10%), per fare in modo che il segnale di ingresso possa essere ritenuto costante durante il campionamento.
- 2.) Abbiamo misurato la pendenza della rampa in uscita dovuta al fatto che, in fase di hold, il condensatore si scarica a causa dell'interruttore elettronico. Per eseguire questa misura è necessario mettere in ingresso un segnale continuo ed usare un segnale di pilotaggio con frequenza molto bassa (20 Hz)
- 3.) Ancora senza il filtro in uscita, diminuiamo la frequenza di campionamento da 50 KHz a 8 KHz, in modo tale da verificare la validità del teorema del campionamento.
- 4.) Inserendo il filtro in uscita abbiamo verificato che l'uscita, in condizioni di corretto campionamento, risulta uguale all'ingresso.

Risultati ottenuti

1.) Riporto gli andamenti temporali dei segnali:



2.) Applicando un segnale a $f = 20 \text{ Hz}$ non siamo riusciti a misurare la pendenza della rampa in uscita, dovuta al condensatore. Abbiamo perciò utilizzato un plotter, ricavando il seguente grafico:



dal quale si ricava una pendenza di:

$$\frac{150mV}{6,4s} = 23,4 \frac{mV}{s}$$

Possiamo notare che dopo un tempo $(T_H)_{MAX} = 0,1ms$ abbiamo :

$$(\Delta V)_{MAX} = 2,3\mu V$$

valore molto minore di $10 mV$ imposto da progetto.

3. 4.) Abbiamo verificato la validità del teorema del campionamento. Inserendo il filtro in uscita abbiamo verificato che l'uscita, in condizioni di corretto campionamento, risulta uguale all'ingresso.

Commento

In questa esperienza è stata particolarmente difficilmente difficile la visualizzazione dei segnali sull'oscilloscopio, poiché abbiamo due generatori di funzioni. Per ridurre l'effetto di questo problema abbiamo dovuto fare in modo che le frequenze dei due segnali fossero multiple fra loro, agendo sulla manopola frequency offset, così da permettere all'oscilloscopio il corretto sincronismo dei segnali.