

## Generatore di onde quadre e triangolari con due operazionali

In figura si mostra un circuito in grado di generare onde triangolari sull'uscita di U3 ed onde quadre sull'uscita di U4.

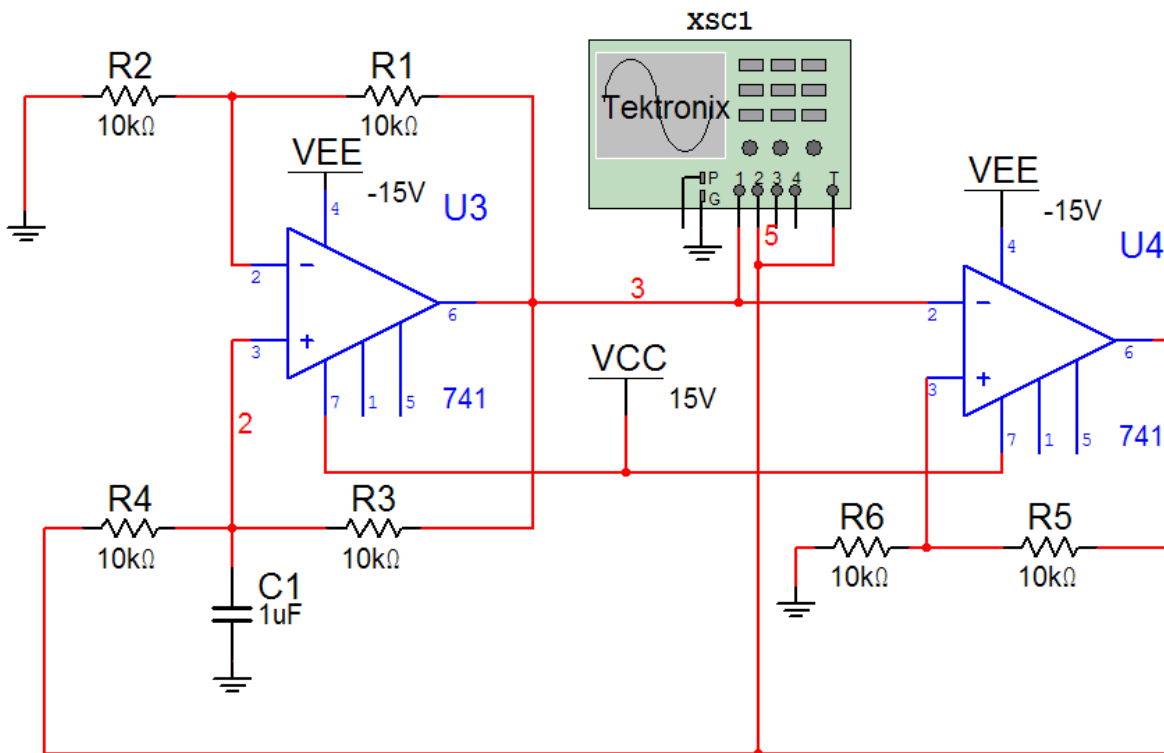
Il primo stadio è costituito da un integratore non invertente. Se l'ingresso di tale circuito è pilotato con una tensione costante positiva, la sua uscita genera una rampa in salita, cioè una tensione che aumenta proporzionalmente al passare del tempo.

Se, invece, l'ingresso di tale circuito è pilotato con una tensione costante negativa, la sua uscita genera una rampa in discesa, cioè una tensione che diminuisce proporzionalmente al passare del tempo.

Il circuito funziona correttamente se  $R1=R2$  e se  $R3=R4$ .

In particolare i quattro valori coincidono e valgono  $R=10k\Omega$ .

Il secondo stadio è un comparatore con isteresi a Trigger di Schmitt con tensione di riferimento applicata all'ingresso non invertente (pin 3 di U4) pari a  $VU4/2$  grazie alla presenza di un partitore di tensione costituito da due resistenze uguali  $R5$  e  $R6$ .



Supponiamo che  $VU4=V_{cc}=15V$  (in realtà sarà di poco superiore a 14V). Quando la tensione di U3, aumentando, supera  $VU4/2$ , cioè 7V circa, l'ingresso invertente predomina su quello non invertente per cui l'uscita  $VU4$  si porta a  $VEE=-15V$  (in realtà sarà di poco inferiore a -14V).

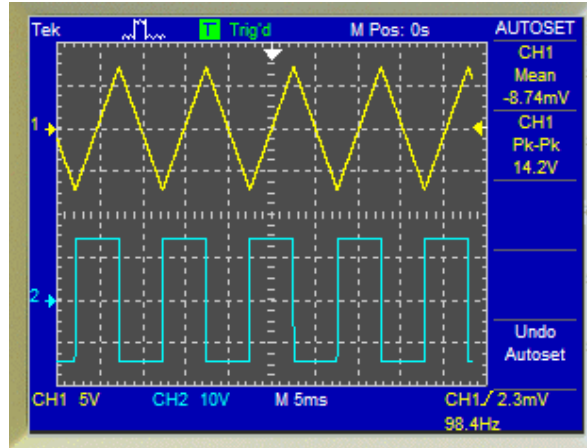
La commutazione di U4 dal valore positivo al valore negativo fa scaricare il condensatore e di conseguenza l'uscita  $VU3$  da essere una rampa in salita diventa una rampa in discesa ed il suo grafico temporale è quello di un triangolo isoscele ripetuto che oscilla superiormente ed inferiormente attorno allo zero.

Anche l'uscita  $VU4$  mostra la stessa periodicità ma è rappresentata da una alternanza di livelli di tensione alti (+14V) e bassi (-14V), cioè un'onda quadra.

Si dimostra che le due uscite hanno periodo  $T$  pari alla costante di tempo  $RC$ , cioè:

$$T = RC$$

In figura si mostrano le forme d'onda ricavate all'oscilloscopio.



In alto si mostra l'uscita triangolare dell'operazionale U3 applicata sul canale CH1 dell'oscilloscopio. La sensibilità verticale di tale canale è impostata a 5V/div.

Il valore picco-picco, come si evince dal suggerimento a destra degli oscillogrammi, vale 14,2V e quindi l'onda varia tra -7,1V e +7,1V.

La sensibilità dell'asse dei tempi è di 5ms/div. Il periodo dell'onda triangolare si valuta misurando l'intervallo di tempo tra due vertici consecutivi cioè due divisioni e quindi è di 10ms in accordo con la formula teorica:

$$T = R \cdot C = 10 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6} = 10 \cdot 10^{-3} = 10\text{ms}; \quad f = 1/T = 100\text{Hz}$$

L'onda quadra in basso è l'uscita dell'operazionale U4 applicata sul canale CH2 dell'oscilloscopio. La sensibilità verticale di tale canale è impostata a 10V/div. Il valore picco-picco è di 28,4V e quindi l'onda assume i due valori pari a -14,2V e +14,2V.

Per variare il periodo con continuità si può sostituire ad R6 la serie di una resistenza fissa da 1K $\Omega$  ed una resistenza variabile da 10K $\Omega$ . In tal caso, però, l'ampiezza dell'onda triangolare si riduce al diminuire della resistenza complessiva R6.

Per variare a scatti il periodo senza particolari problemi sull'ampiezza dell'onda triangolare è sufficiente disporre di più condensatori selezionabili con un commutatore a più vie: ad esempio 1 $\mu$ F, 10 $\mu$ F, 100 $\mu$ F.