

## Oscillatori sinusoidali con amplificatori operazionali

Un oscillatore sinusoidale è un circuito che genera onde sinusoidali di una data frequenza ed una data ampiezza.

Esso è costituito da due blocchi fondamentali:

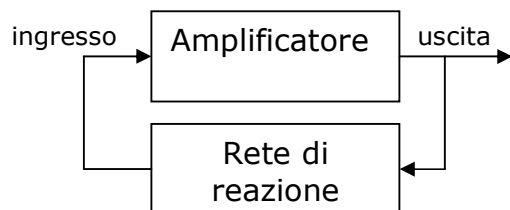
- a) un amplificatore di tensione
- b) una rete di reazione con elementi reattivi e dissipativi come condensatori e resistenze

La rete di reazione è collegata tra l'uscita e l'ingresso dell'amplificatore. Essa, quindi, riporta in ingresso parte del segnale di uscita. Ad una data frequenza, in particolare, attenua il segnale di uscita di tanto quanto l'amplificatore amplifica quello di ingresso. In tal caso le azioni dell'amplificatore e della rete di reazione si compensano ed in tal modo le onde generate spontaneamente persistono con la stessa ampiezza.

In altre parole, se l'amplificazione di tensione  $A_v = 3$ , l'attenuazione dovuta alla rete di reazione ad una data frequenza deve valere  $1/3$ .

Se all'ingresso dell'amplificatore, ad un dato istante, troviamo  $1V$ , l'uscita dell'amplificatore vale  $3V$  e quindi l'uscita della rete di reazione, dopo un ciclo completo vale  $3/3 = 1V$ , esattamente quanto il valore che lo ha prodotto. Le onde, quindi, si autosostengono.

L'energia elettrica associata è prelevata, come è noto, dalle tensioni di alimentazione  $V_{CC}$  e  $V_{EE}$ .



**Fig.1. – Schema di principio di un oscillatore sinusoidale.**

L'amplificatore può essere realizzato con transistor o con uno o più amplificatori operazionali.

Anche la rete di reazione può essere realizzata con differenti accorgimenti.

Nella seguente figura 2 si mostra lo schema elettrico dell'oscillatore sinusoidale detto "oscillatore in quadratura" costituito da due operazionali.

Sono utilizzabili ciascuna delle due uscite  $v_1$  e  $v_2$  sfasate tra loro di  $1/4$  di periodo.

Se le resistenze e le capacità dei condensatori sono uguali tra loro, la frequenza di oscillazione vale:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^4 \cdot 10^{-8}} = \frac{10000}{6,28} = 1590Hz$$

Per favorire l'innesco delle oscillazioni conviene ridurre l'effetto dell'attenuazione della rete di reazione in modo che prevalga l'amplificazione rispetto all'attenuazione, ovvero il prodotto tra l'amplificazione e l'attenuazione dovrà essere maggiore di 1. In tal caso l'ampiezza delle oscillazioni aumenterà fino a superare i limiti imposti dall'alimentazione con inevitabili distorsioni.

Per eliminare questo inconveniente si inseriscono elementi circuitali in grado di ridurre l'amplificazione all'aumentare dell'ampiezza del segnale in modo che il prodotto tra l'amplificazione e l'attenuazione della rete di reazione tenda a 1.

Nella figura 2 il potenziometro consente l'innesco delle oscillazioni iniziali ed i due diodi Zener montati in antiserie impediscono che la tensione di uscita superi l'ampiezza di  $4V$  circa.

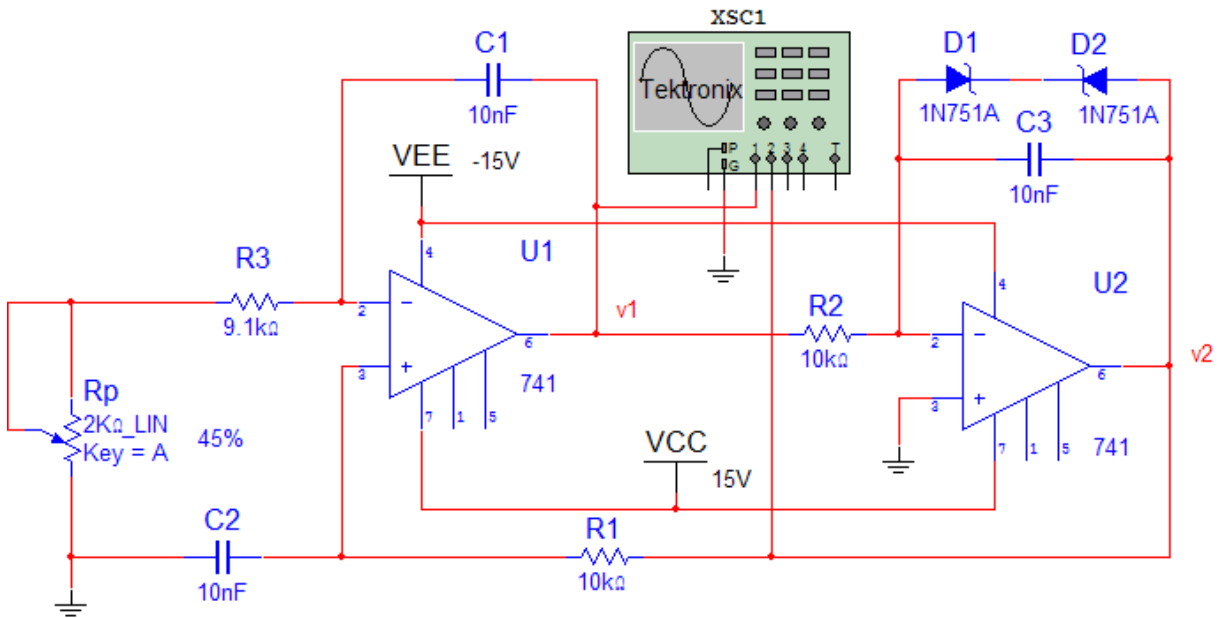


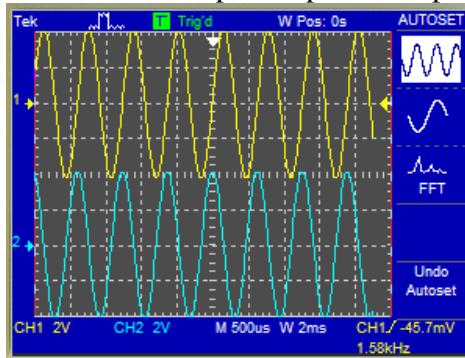
Fig.2. – Oscillatore sinusoidale in quadratura. Il potenziometro Rp consente l'innesco delle oscillazioni tenendo  $R_3 + R_p < 10K\Omega$ . I diodi Zener 1N751A in antiserie impediscono che  $v_2$  assumi valori maggiori della tensione di breakdown più la  $V_{AK}$  del diodo in conduzione.

In fig.3 si mostrano gli oscillogrammi ricavati sull'uscita di entrambi gli operazionali. Misurare il periodo T e verificare che la distanza temporale tra il picco di  $v_1$  e quello omologo di  $v_2$  è  $\frac{1}{4}$  di periodo, cioè:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1590} = 628\mu s$$

$$T / 4 = 157\mu s$$

Verificare, inoltre, che l'ampiezza delle onde supera di poco i 4V per entrambe le onde.



Transient Analysis

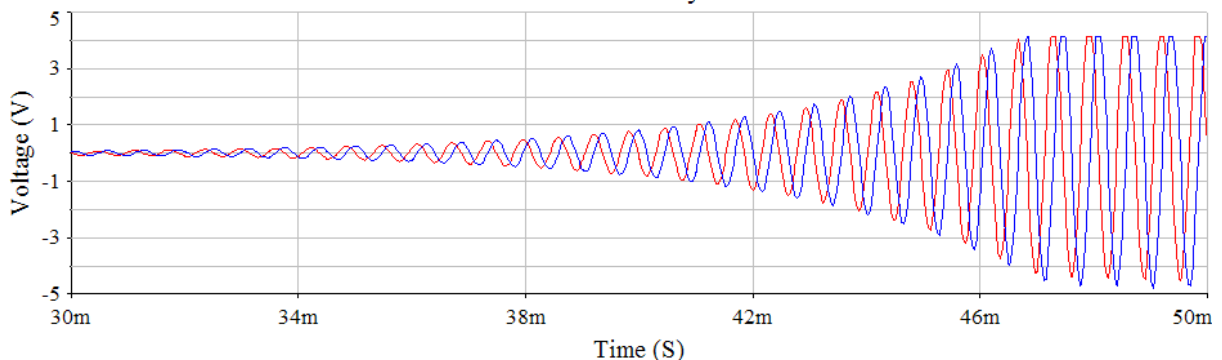


Fig.3. – Oscillogrammi di  $v_1$  e  $v_2$ . Dall'ultima immagine si evince l'innesco e il mantenimento dell'ampiezza a 4V.

In figura 4 si mostrano lo schema elettrico e le forme d'onda di un oscillatore sinusoidale a "ponte di Wien" ove  $R_2 = R_3 = R = 1\text{K}\Omega$  e  $C_2 = C_1 = C = 1\mu\text{F}$ .  
 La rete di reazione è di tipo RC-CR e presenta un'attenuazione 1/3 alla frequenza:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{6,28 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = \frac{1000}{6,28} = 159\text{Hz}$$

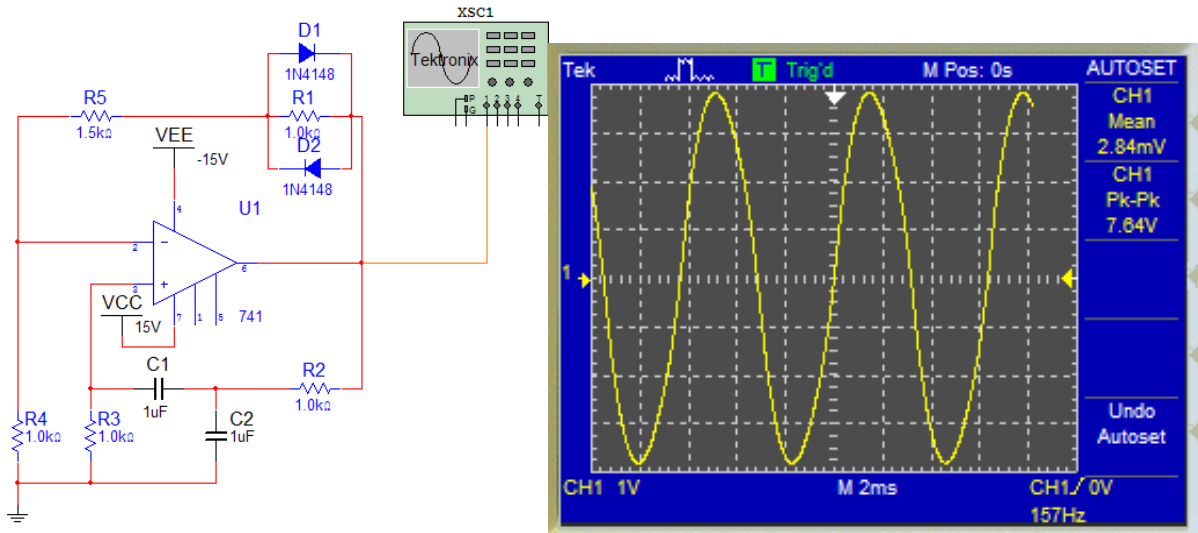


Fig.4. – Schema e forme d'onda per l'oscillatore a ponte di Wien.

Dalle forme d'onda si evince che l'ampiezza è poco meno di 4V e il periodo è poco più di 6ms corrispondente a  $f = 1/T = 1/6 = 160\text{Hz}$ .

La condizione di innesco per tale circuito è:  $R_5 + R_{1\text{tot}} > 2R_4$ .

Per stabilizzare l'ampiezza delle onde si utilizza in questo caso la resistenza  $R_1$  con due diodi al silicio in antiparallelo. Normalmente i due diodi, sottoposti alla tensione di pochi decimi di volt, non sono in conduzione per cui la condizione di innesco è soddisfatta e quindi l'ampiezza della tensione di uscita aumenta.

Quando i diodi entrano in conduzione la  $R_{1\text{tot}}$  diventa inferiore a  $1\text{K}\Omega$  fino a portarsi a  $500\Omega$ , condizione che determina  $R_5 + R_{1\text{tot}} = 2R_4$ , cioè il mantenimento dell'ampiezza a valore costante.

In fig.5 si mostrano le forme d'onda con ampiezza via via crescente fino a stabilizzarsi al valore prossimo a 4V.

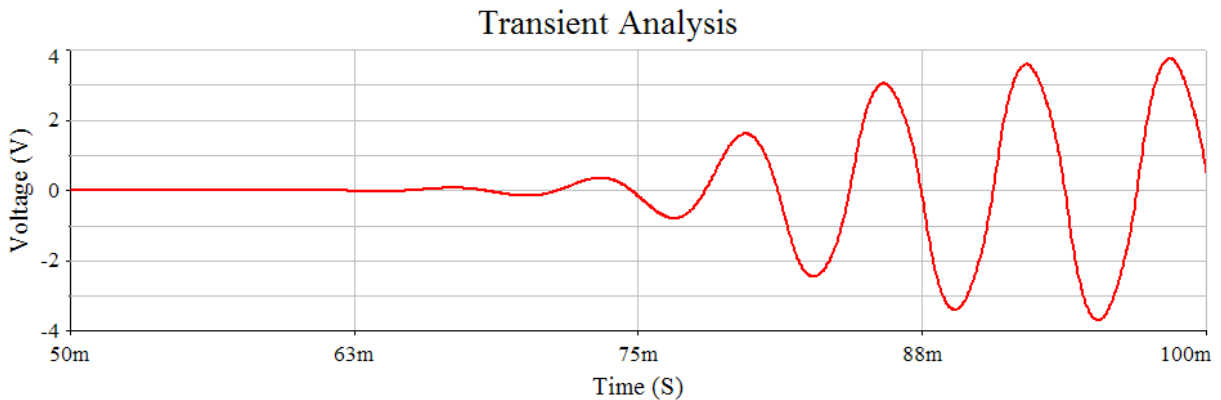


Fig.4. – Oscillogrammi generati dall'oscillatore nell'intervallo di tempo 50ms-100ms.