

Es06: Oscillatore a ponte di Wien

Gruppo 23M
Alessandro Costanzo Ciano

5 dicembre 2023

Scopo dell' esperienza

Realizzare e studiare un oscillatore sinusoidale a ponte di Wien con un operazionale TL081 alimentato a +5V e -5V.

1 Misura del loop-gain

Come prima cosa è stato montato il circuito in figura 1, misurando resistenze e capacità, che risultano:

$$R_1 = (9.93 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, R_2 = (9.89 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, R_3 = (9.98 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, R_4 = (9.91 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, C_1 = (10.0 \pm 0.4) \text{ nF}, C_2 = (10.3 \pm 0.4) \text{ nF}.$$

Per tutte queste l'errore è dato dalla somma in quadratura degli errori di scala e di conversione analogico-digitale.

La resistenza massima del trimmer risulta $R_T = (9.28 \pm 0.08)$ kOhm, mentre le due resistenze che lo compongono, misurate separatamente, risultano complementari ($R_{T1} = (5.53 \pm 0.05)$ kOhm e $R_{T2} = (3.7 \pm 0.03)$ kOhm)

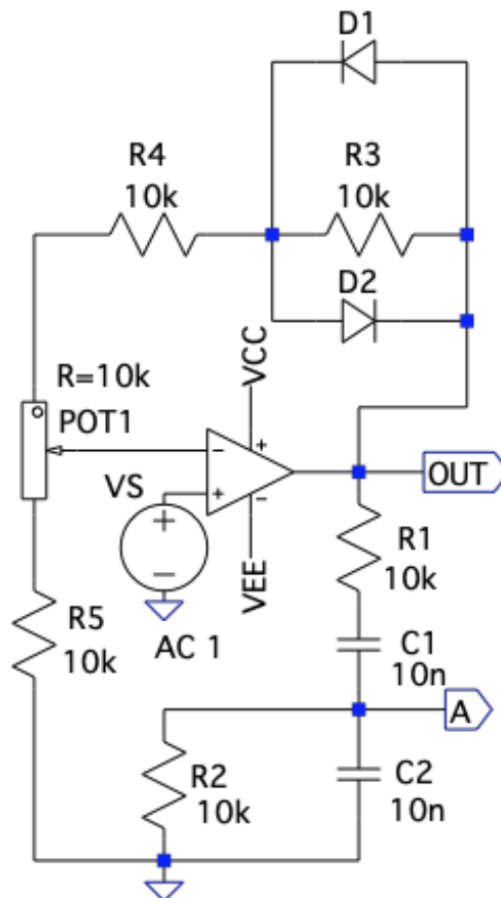


Figura 1: Circuito per la misura del loop-gain.

1.a Regolazione del guadagno dell'amplificatore e studio della dipendenza dalla frequenza del loop gain βA_V

Inviando in V_S un segnale sinusoidale di frequenza 1 kHz ed ampiezza 500 mV si osserva un'ampiezza di V_{OUT} dipendente dalla posizione del potenziometro. Il guadagno $A_V = V_{OUT}/V_S$ con il trimmer ad inizio e fine corsa risulta rispettivamente $A_1 = 3.758 + -0.023$ e $A_2 = 2.036 + -0.021$ in buon accordo con la previsione di

$$A_1 = 1 + \frac{R_4 + R_3 + R_T}{R_5} = 3.941 + -0.028$$

e di

$$A_2 = 1 + \frac{R_4 + R_3}{R_T + R_5} = 2.036 + -0.009$$

Si osserva che in particolare la leggera discrepanza di A_1 potrebbe essere dovuta al raggiungimento della conduzione dei diodi.

Regolata la posizione del trimmer fino ad osservare $A_V = 3$, utilizzando la funzione Network Analyzer di Waveforms è stata misurata la funzione di trasferimento, del loop-gain $\beta A_V = V_A/V_S$ tra 100Hz e 100kHz, avendo fissato l'ampiezza in ingresso a 500 mV (figura 2).

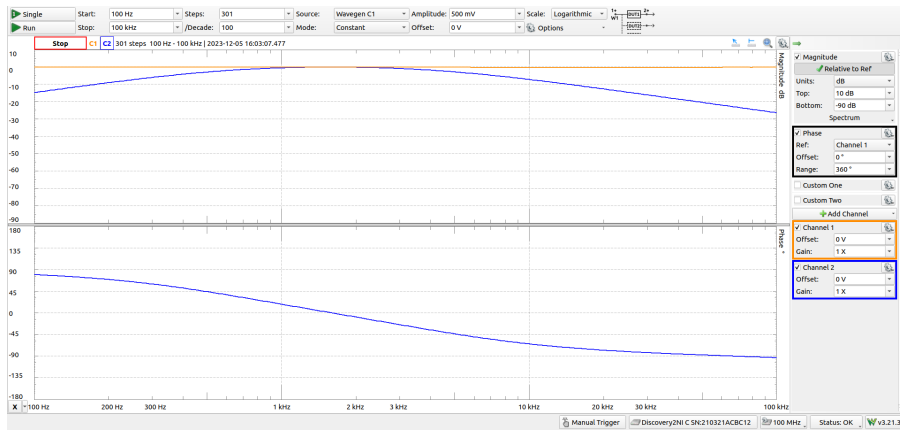


Figura 2: Plot di Bode.

La frequenza alla quale lo sfasamento si annulla risulta $f_0 = (1.6 + -1) \text{ kHz}$, con un errore stimato valutando la semiampiezza dell'intervallo intorno al valore misurato per cui non erano apprezzabili variazioni (considerando gli errori di natura diversa trascurabili rispetto a questo). Esso risulta in accordo con quello atteso $f_0 = 1/(2\pi R_1 C_1) = (1.61 + -0.07) \text{ kHz}$. Inviando un'onda V_S di 1.6 kHz è stato effettivamente ottenuto $\beta A = 0.986 + -0.020$, compatibile con 1. Dunque a tale frequenza è effettivamente soddisfatta la condizione di Barkhausen. Analizzando il plot di Nyquist (figura 3), è verificabile che il plot sia una circonferenza di centro $(1/2, 0)$ e raggio $1/2$.

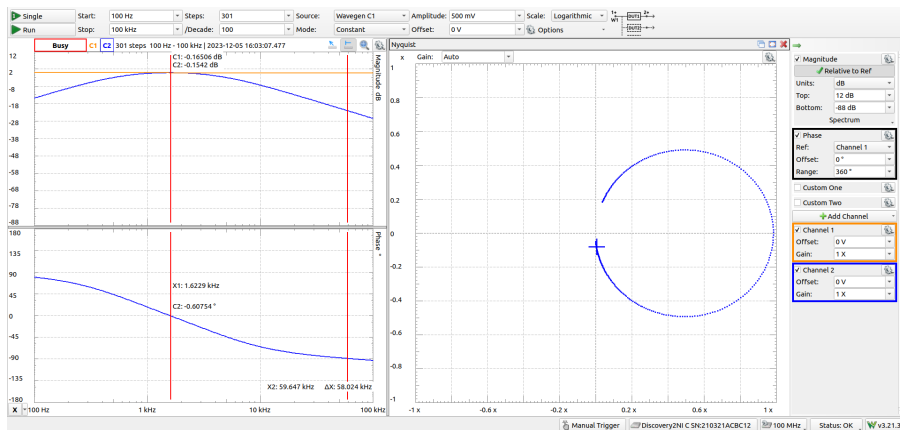


Figura 3: Plot di Nyquist.

2 Oscillatore sinusoidale a ponte di Wien

Scollegando il generatore e collegando il punto A all'ingresso non invertente dell'amplificatore (chiudendo il loop di feedback) è stato realizzato l'oscillatore a ponte di Wien riportato in figura 4

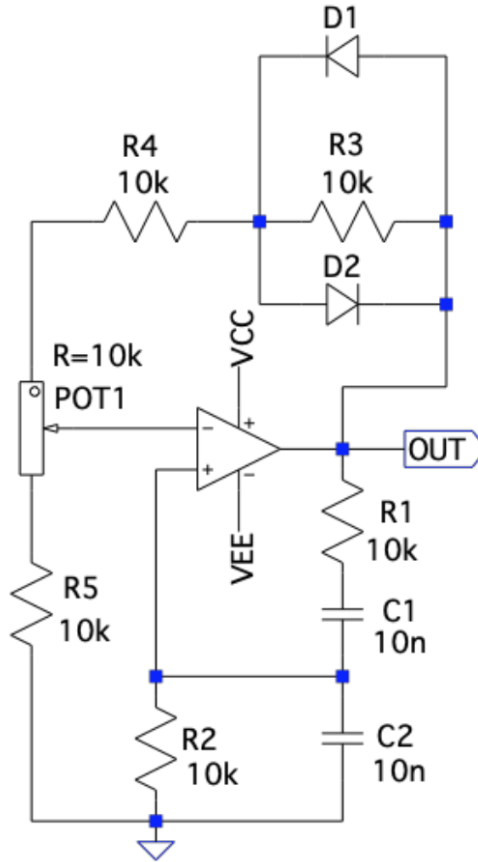


Figura 4: Circuito per la misura del loop-gain.

2.a Analisi dinamica del circuito: Trimmer, Osservazioni e Regolazioni

Il segnale in uscita (senza aver variato la posizione del trimmer rispetto al punto precedente) risulta un segnale di terra costante (a meno di rumore). Muovendo il trimmer, aumentando la parte di resistenza relativa al feedback, è stato possibile innescare l'oscillazione di figura 5. Procedendo nello stesso verso con il trimmer si è invece raggiunta la saturazione dell'operazionale (figura 6).

Regolata la posizione del trimmer fino ad osservare l'innescio dell'oscillazione (ma non in saturazione), si ha un'ampiezza di $V_{out} = (1.380 + -0.005)$ V e un periodo di $T = (627 + -3)$ us (figura 7), il cui errore è stato determinato considerando una distribuzione uniforme, dividendo la grandezza di una singola tacca nel display di misura per $\sqrt{12}$. Da quest'ultimo si ricava una frequenza $f = (1.595 + -0.007)$ kHz, compatibile con f_0 .

La forma d'onda di V_{OUT} dall'innescio dell'oscillazione risulta quella di figura 8

Infine, rimuovendo i diodi dal circuito si osserva per V_{out} il comportamento di figura 9. I diodi avevano il ruolo di confinare l'oscillazione in una regione di stabilità, rimuovendoli invece V_{out} raggiunge un'ampiezza elevata di 4 V, sufficiente a toccare i limiti di saturazione, come è evidente dalla figura per le tensioni inferiori.

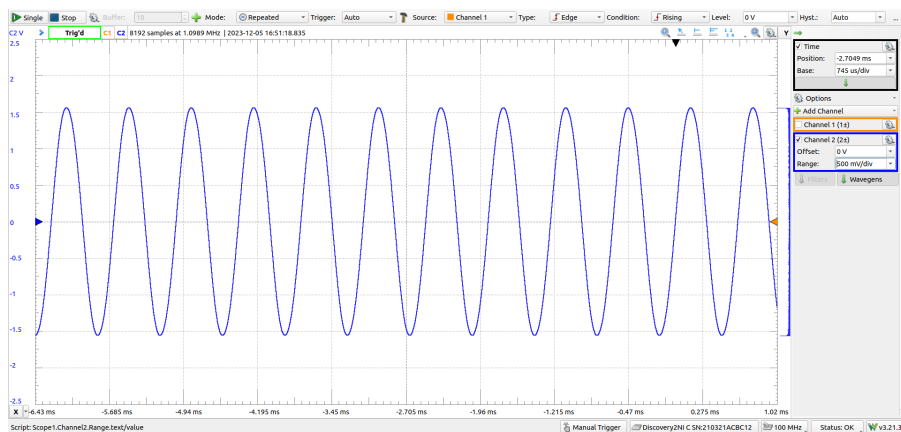


Figura 5: Oscillazione del circuito oscillatore a ponte di Wien.

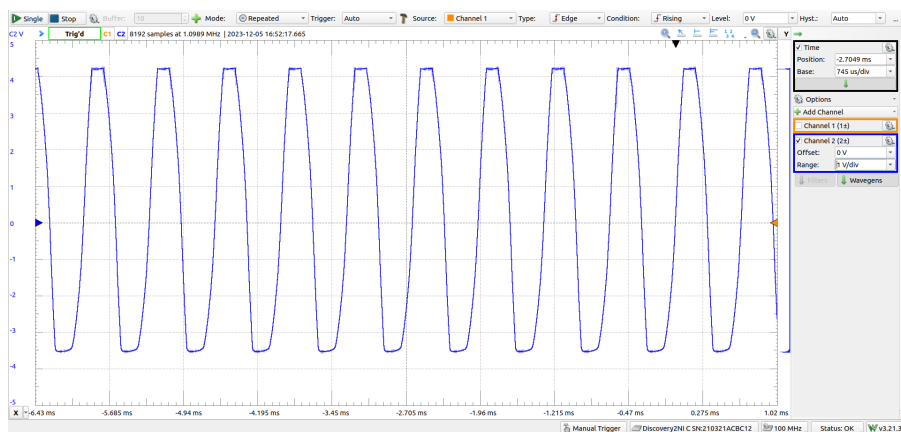


Figura 6: Oscillazione con saturazione del circuito oscillatore a ponte di Wien.

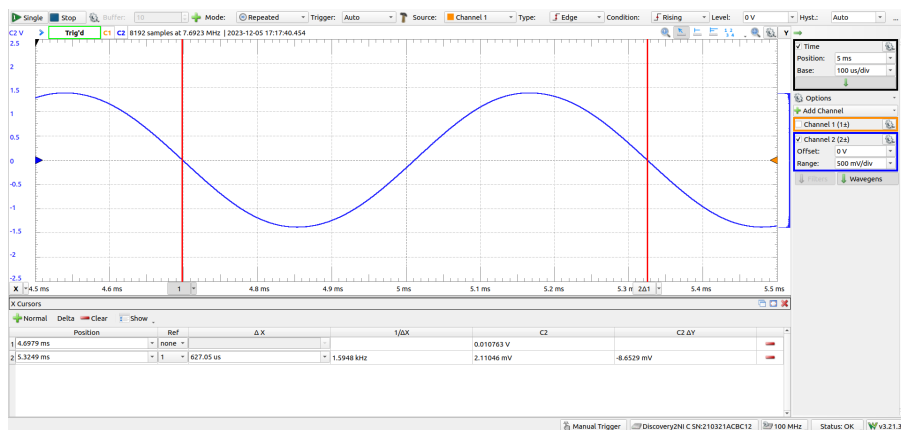


Figura 7: Misura del periodo dell'oscillazione.

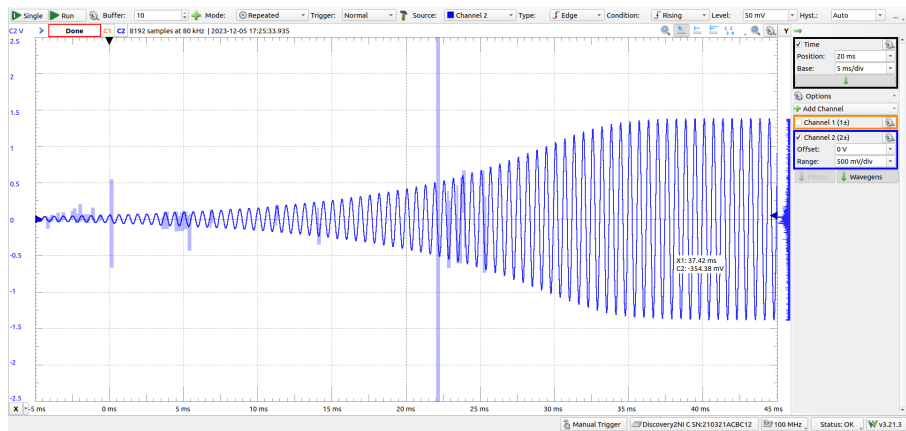


Figura 8: Innesco dell'oscillazione.

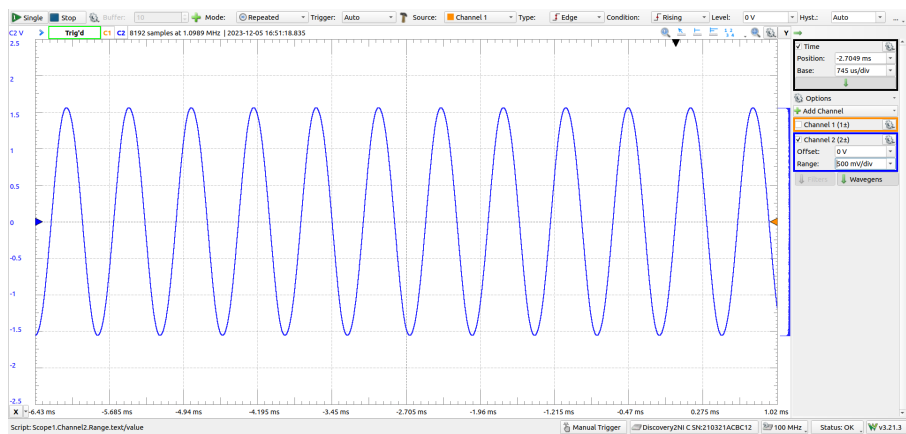


Figura 9: Oscillazione con saturazione inferiore in assenza di diodi.