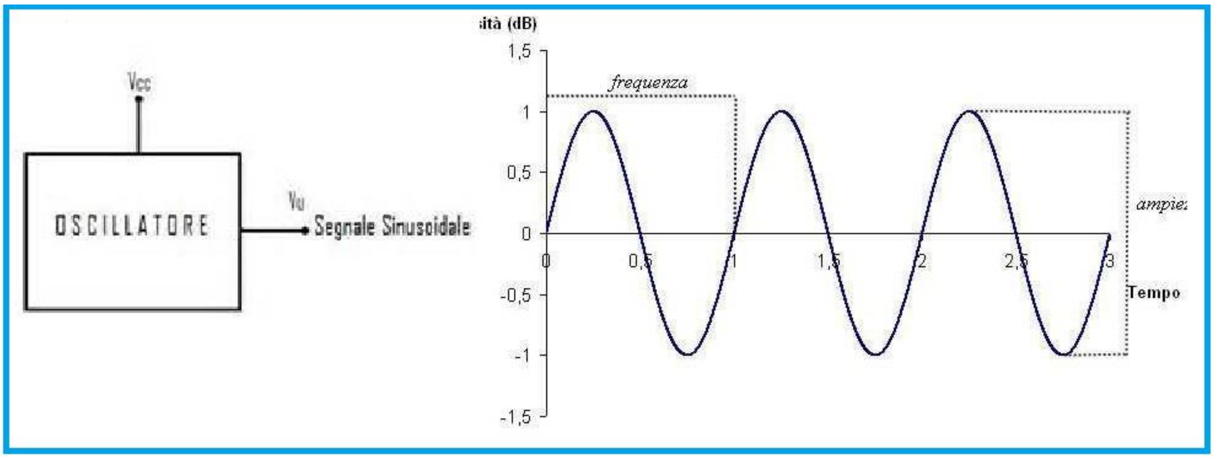
# Generatori di segnali sinusoidali

A cura di Alì Hajj



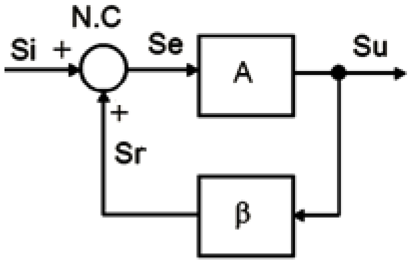

Indice dei contenuti

## INTRODUZIONE

Gli oscillatori sono amplificatori che generano, senza un segnale d'ingresso, tensioni sinusoidali e non. Essi convertono la corrente continua dell'alimentazione in corrente alternata in uscita.
Tutti gli oscillatori sono caratterizzati da una reazione positiva.

**Un sistema si dice "reazionato"** quando una frazione del segnale di uscita viene riportata all'ingresso mediante una "blocco di retroazione".
In tutte le applicazioni elettroniche viene usata la reazione negativa, ad eccezione dei comparatori e degli oscillatori che utilizzano la reazione positiva.

**Lo schema a blocchi della reazione positiva è:**




Legenda:

N.C. = Nodo di Confronto
Si = Segnale di ingresso
Sr = Segnale di reazione
Se = Segnale di errore
Su = Segnale di uscita
A = Amplificazione ad anello aperto (senza reazione)
Ar = Amplificazione ad anello chiuso (con reazione)
β = blocco di reazione

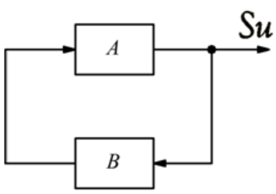
Nella reazione positiva, la f.d.t è espressa dalla relazione:

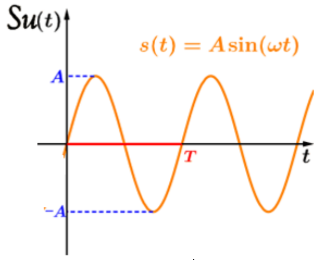
$$Ar = \frac{Su}{Si} \qquad \beta = \frac{Sr}{Su} \qquad Ar = \frac{A}{1-\beta A}$$

Si ha un aumento di amplificazione, poiché "A" viene diviso per un numero minore di 1.
Negli oscillatori non si ha il segnale d'ingresso ($S_i = 0$), questo determina che il guadagno $A_r$ è infinito. Però, per garantire che l'oscillatore generasse un segnale sinusoidale uniforme nel tempo, occorre, che sia **soddisfatta la condizione di Barkhausen:**

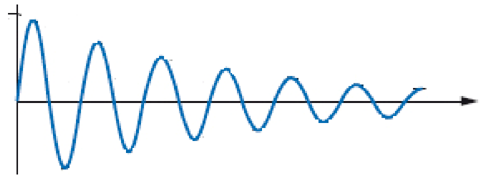
**a) il modulo di βA = 1**; **b) la fase di βA = 0.**

Alla frequenza per cui si verifica la condizione di Barkhausen (frequenza di oscillazione), l'amplificatore oscilla, cioè, genera un'uscita sinusoidale di ampiezza costante in assenza di segnale in ingresso.

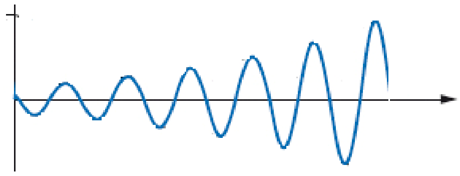


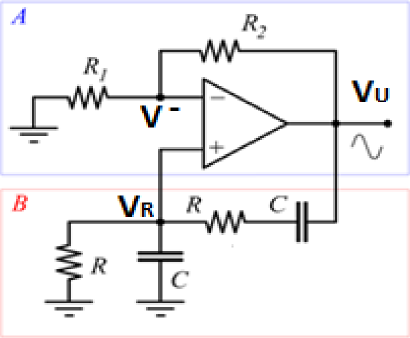

Se risulta **βA < 1** , si ha una reazione negativa e l'uscita assume la forma di una sinusoide con ampiezza decrescente. Perché il segnale di reazione, essendo $S_r$ molto piccolo di $S_e$, non riesce a sostenere l'ingresso.



Se risulta **βA > 1** , si ha una reazione positiva e l'uscita assume la forma di una sinusoide con ampiezza crescente. Perché $S_r > S_e$.



**OSCILLATORE A PONTE DI WIEN:** È un oscillatore ad audiofrequenza (o basse frequenze arrivano fino a circa 1 MHz), chiamato anche oscillatore a resistenza e capacità.
È l'oscillatore più utilizzato in questo campo per la buona stabilità della frequenza di oscillazione e per la semplicità circuitale.




In figura si distinguono i due blocchi operativi A e B.

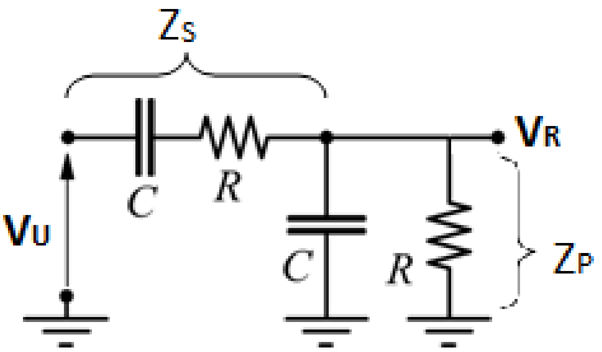
A: un amplificatore operazionale non invertente, con un guadagno:

$$G(j\omega) = \frac{V_U}{V_R} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

B: un filtro passa-banda di Wien con un guadagno :

$$\beta = \frac{V^-}{V_u}$$

**Calcolo della funzione di trasferimento del blocco *B*:**




Con la legge del partitore di tensione, risulta:

$$V_R(j\omega) = \frac{Z_P}{(Z_S + Z_P)} V_U(j\omega)$$

$$Z_S = R + j X_C = R - j\frac{1}{\omega C}$$

$$Z_P = R // j X_C = R//(-j\frac{1}{\omega C})$$

ponendo s=jω.

$$\beta = \frac{1}{3 + sCR + \frac{1}{sCR}} = \frac{1}{3 + j\omega CR - j\frac{1}{\omega CR}}$$

Dicevamo che il prodotto G·β deve essere 1, quindi un numero reale;

- G è reale;
- è necessario che anche β sia reale, privo, cioè, di parte immaginaria. Perché questo sia vero deve essere :

$$j\omega RC - j\frac{1}{\omega CR} = 0 \rightarrow \omega^2 = \frac{1}{(RC)^2}$$

Quindi

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

in questo caso risulta essere

$$\beta = \frac{1}{3}$$

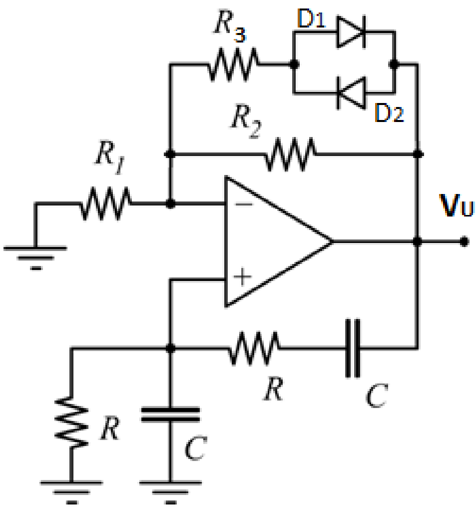
perché G·β =1 deve essere G=3 quindi ponendo $R_2=2R_1$ si ha

$$G = \left(1 + \frac{2R_1}{R_1}\right) = 3$$

Per l'innesco delle oscillazioni è necessario che il guadagno ad anello aperto sia inizialmente G·β>1, G>3 ($R_2>2R_1$ ), per poi assestarsi a G·β =1 ed A=3 ($R_2=2R_1$). **Generalmente, $R_2$ viene sostituita da un circuito di controllo del guadagno (C. A. G.)**

**La tecnica più semplice consiste nel disporre due diodi in antiparallelo lungo l'anello di reazione dell'A.O.**

## A.G.C.: controllo automatico di guadagno con diodi

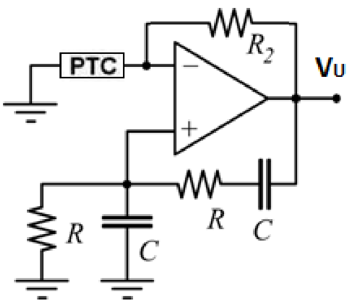


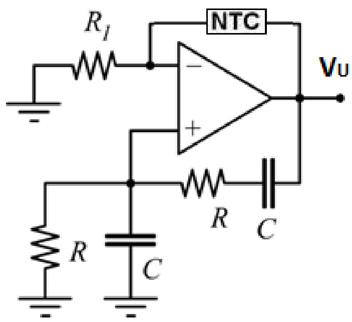

All'accensione il segnale di uscita è praticamente nullo e di conseguenza i due diodi risultano interdetti; essendo la resistenza R3 disinserita, il guadagno dell'amplificatore è regolato dalla R2, dimensionata in modo che il guadagno di anello sia maggiore di 3 .

Al crescere dell'ampiezza dell'uscita i diodi vanno alternativamente in conduzione, D1 dalle semionde positive di $V_U$ e D2 da quelle negative, risultando dei cortocircuiti. In tal caso il guadagno dell'amplificatore è regolato dal parallelo R2//R3 , dimensionato in modo che R2//R3=2R1, che permette il mantenimento dell'oscillazione.

## A.G.C.: controllo automatico di guadagno con termistori

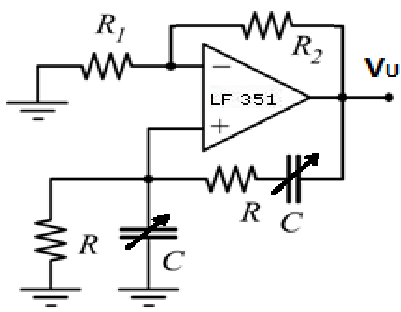
Il controllo automatico di guadagno( A.G.C.) e rendere stabile la frequenza di oscillazione si può effettuare utilizzando elementi non lineari ( per es. Termistori), i quali variano la loro resistenza con la temperatura: si può utilizzare un PTC al posto di $R_1$ o un NTC al posto di $R_F$.



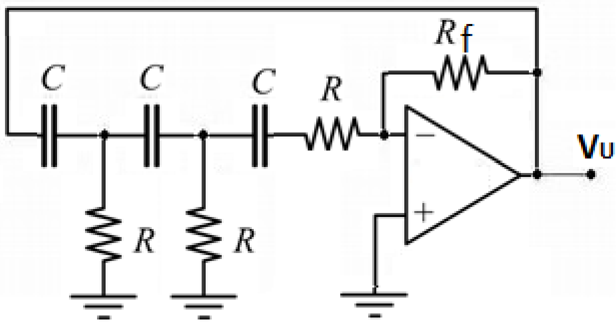

## Regolazione della frequenza di oscillazione $f_o$

La regolazione della frequenza $f_o$ si ottiene variando contemporaneamente il valore di ciascuna delle due capacità mediante condensatori coassiali. Talvolta la regolazione si ottiene modificando il valore delle due resistenze R mediante potenziometri o trimmer coassiali, affidando il cambio di portata alla eguale variazione della capacità C .




**OSCILLATORE A SFASAMENTO**

Un oscillatore a sfasamento è costituito da un amplificatore invertente *reazionato* mediante una rete costituita da 3 celle RC identiche come indicato in figura.



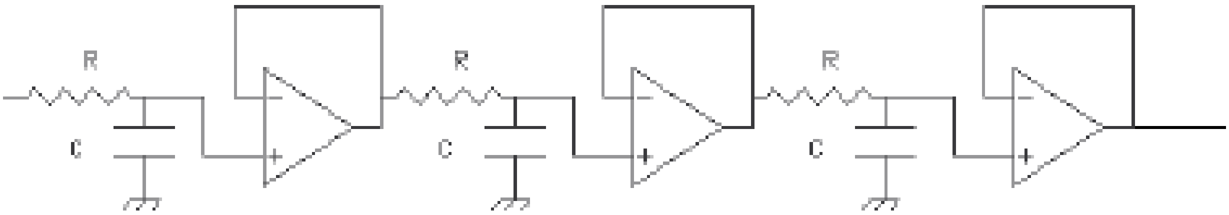

Il segnale all'uscita dell'operazionale ha una fase di 180°, quindi il compito delle tre celle è di produrre l'ulteriore sfasamento di 180°, necessario per avere uno sfasamento complessivo d'anello di 360° (= 0°).
Ogni celle CR deve produrre uno sfasamento di 60°. Esiste una sola frequenza ($f_0$) in corrispondenza della quale l'angolo è di 60°: è proprio questa la frequenza alla quale oscilla il circuito.

Dalla condizione di Barkhausen si può ricavare che il guadagno dell'amplificatore è G = -29 ( β = - 1/29 ) e che l'espressione della $f_0$ è:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{6}RC}$$

**UNA SOLUZIONE PIÙ SEMPLICE PER I CALCOLI**

Didatticamente può esser utile considerare la seguente soluzione alternativa per la rete di sfasamento a 180°



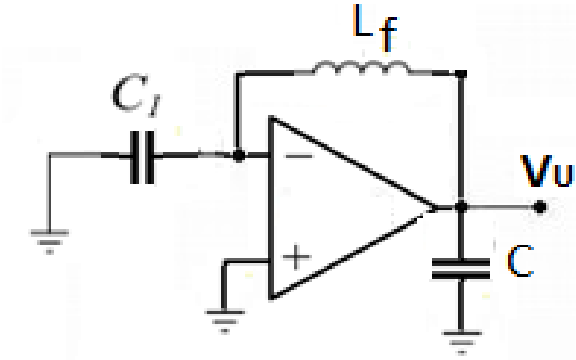

Questa soluzione fa uso di tre operazionali in configurazionein configurazione buffer per separare le impedenze delle tre celle RC (l'operazionale in configurazione buffer presenta guadagno unitario, altissima impedenza di ingresso e bassissima impedenza in uscita).
In questo modo lo sfasamento di 180° si ottiene semplicemente facendo in modo che ciascuna cella sfasi di-60° = -π/3 rad, ovvero

$$\angle\frac{1}{1+j\omega RC} = -\arctan\left(\frac{\omega}{RC}\right) = -\frac{\pi}{3}$$

da cui infine

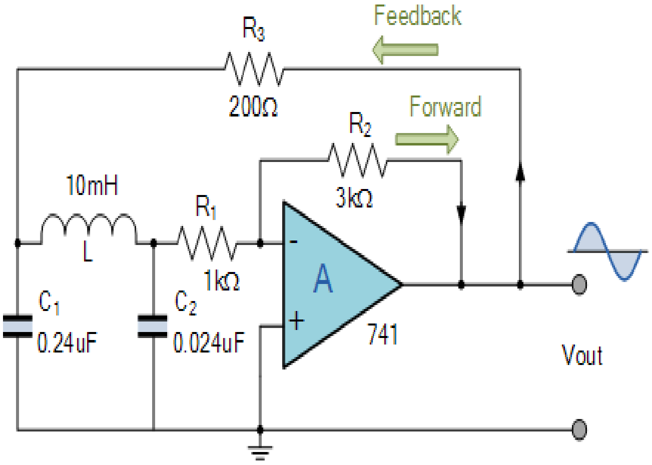
$$\omega = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{3}\right)}{RC}$$

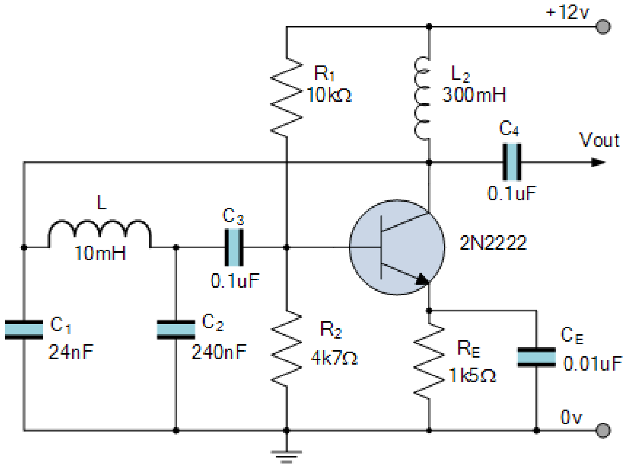
**OSCILLATORE COLPITTS** Oscillatore in alta frequenza.




Per il calcolo della frequenza di oscillazione o di risonanza ($\omega_0$), l'impedenza totale deve essere uguale a zero.
$X_{C1} + X_{Lf} + X_C = 0$
$X_{Lf} = \omega_0 L_f$ $X_{C1} = -1/(\omega_0 C_1)$ $X_C = -1/(\omega_0 C)$

$$C_T = \frac{C_1 \times C}{C_1 + C} \qquad f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$




http://www.edutecnica.it/elettronica/oscillatori/oscillatori.htm