

Gli **oscillatori sinusoidali** sono circuiti che producono un segnale sinusoidale di ampiezza e frequenza desiderata, senza l'ausilio di alcun segnale di ingresso.

Essi sono costituiti da un amplificatore e da un filtro collegati tra loro in **“reazione positiva”**.

Il prodotto tra il guadagno (dell'amplificatore) e l'attenuazione (del filtro) prende il nome di **funzione di anello** (guadagno o amplificazione):

$$A_{loop} = A \times B$$

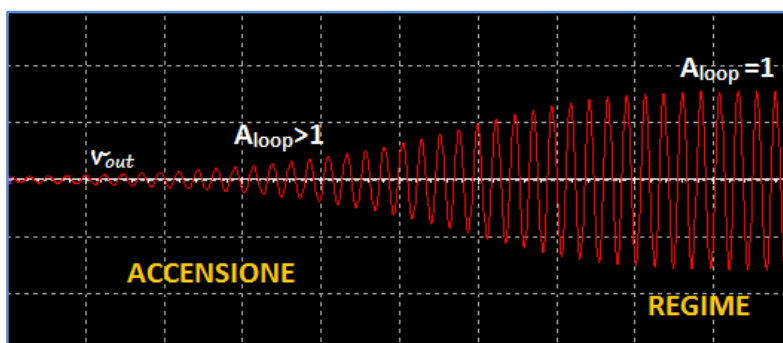
Per avere oscillazioni in modo autonomo, alla **frequenza di oscillazione (fo)** si deve verificare la **condizione di Barkhausen**:

$$\overline{A_{loop}} = 1$$

Ovvero, il segnale, percorrendo l'intero anello di reazione, non deve essere complessivamente né attenuato né amplificato.

Inoltre, lo sfasamento complessivo subito dal segnale lungo l'anello deve essere nullo o multiplo di 360°.

Un oscillatore può essere costituito da un **amplificatore non invertente** (il segnale in uscita ha la stessa fase del segnale in ingresso) ed in questo caso il filtro deve introdurre uno sfasamento nullo o multiplo di 360°, o da un **amplificatore invertente** (il segnale è sfasato di 180° rispetto a quello in ingresso) ed in questo caso il filtro deve introdurre uno sfasamento pari a 180°.



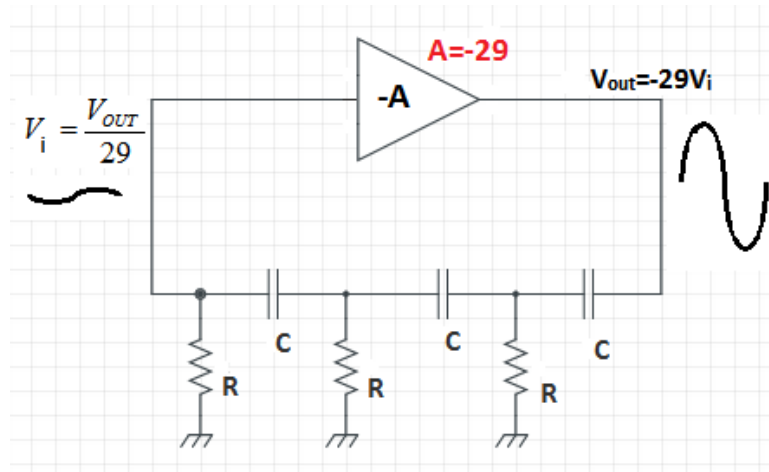
Per innescare le oscillazioni, inizialmente $|A_{loop}| > 1$ in modo tale che il segnale viene amplificato e

successivamente A_{loop} deve ridurre ottenendo la condizione di Barkhausen. Se $|A_{loop}| < 1$, il segnale ritorna all'ingresso attenuato e poiché questo si ripete ad ogni rotazione lungo l'anello il segnale finisce che si riduce fino ad annullarsi.

Vi sono diversi tipi di oscillatori:

- oscillatore a ponte di Wien;
- oscillatore a sfasamento;
- oscillatore a tre punti:
 - a. oscillatore Colpitts;
 - b. Oscillatore Hartley;
 - c. Oscillatore al quarzo;
- oscillatori digitali (NE55).

1. Oscillatore a sfasamento



Schema di un generico oscillatore a sfasamento

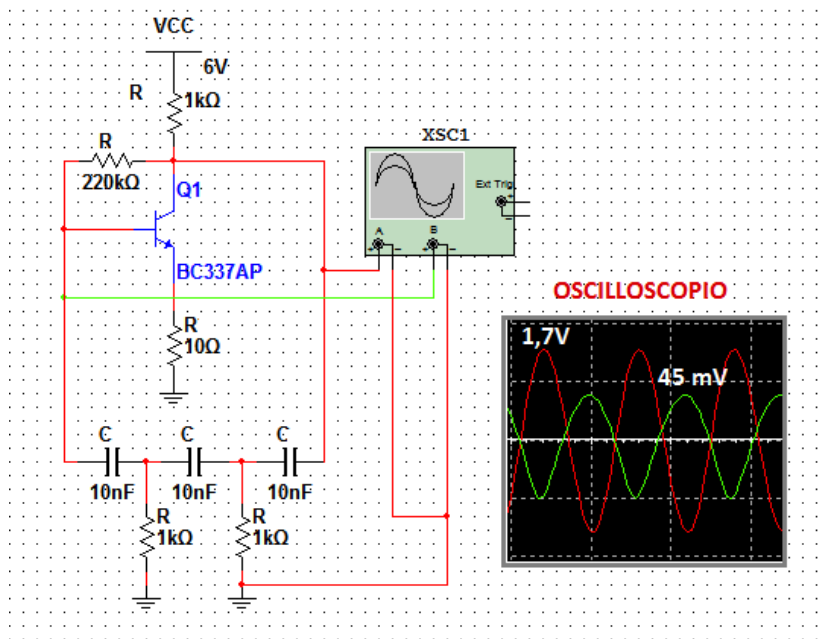
L'oscillatore a sfasamento è costituito da:

- un amplificatore invertente ($A = -29$). Nel nostro caso un circuito con il transistor (BC337);
- tre filtri "passa alto" ciascuno dei quali introduce uno sfasamento compreso tra 0° e 270° ed una attenuazione pari a 29 volte il segnale di ingresso. Alla frequenza di oscillazione, lo sfasamento introdotto è pari a 180° . Nel nostro circuito non vi è la R_1 in quanto è sostituita dalla resistenza di ingresso del transistor.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot \sqrt{6}} = 6497 \text{ Hz} = 6,5 \text{ KHz}$$

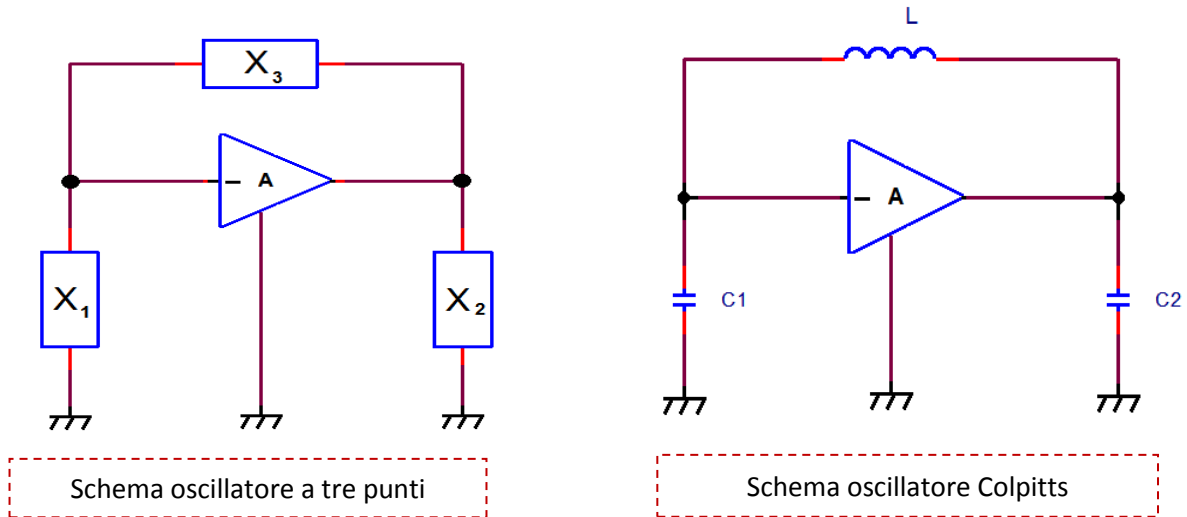
$$f_{0\text{reale}} = 5555 \text{ Hz} = 5,5 \text{ KHz}$$

$$A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{1,7V}{45mV} = -37,7 \text{ [segno negativo a causa del verso]}$$



Schema oscillatore a sfasamento realizzato con amplificatore BJT

2. Oscillatore Colpitts



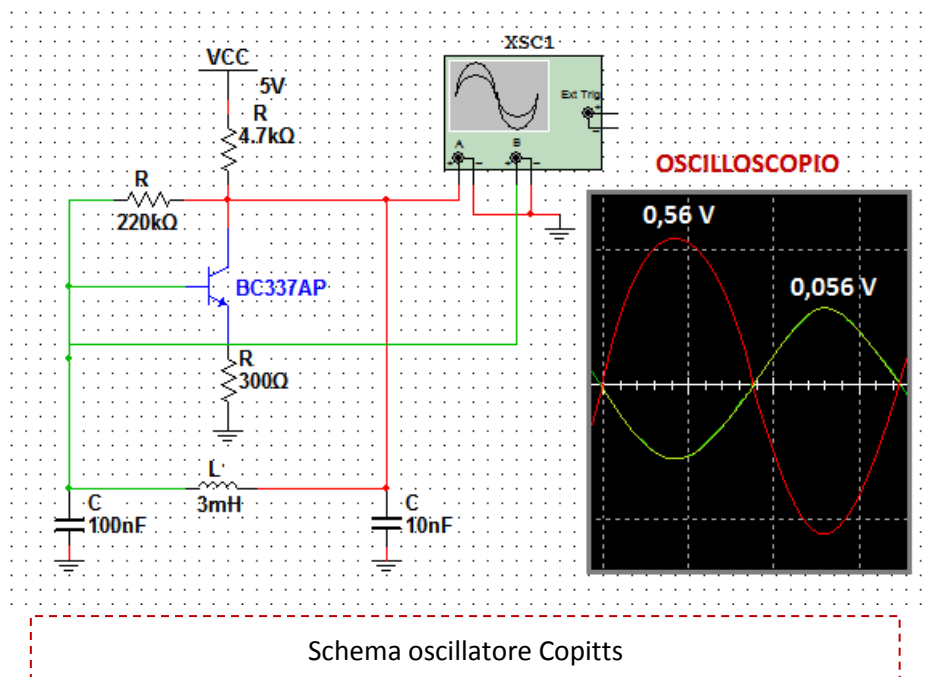
L'oscillatore Colpitts è un tipo di **oscillatore a tre punti**, ovvero costituito da tre reattanze che hanno tre punti in comuni; in particolare, esso è realizzato con due reattanze capacitive (-) ed una induttiva (+).
 Affinché l'oscillatore possa oscillare ($\overline{A_{loop}} = 1$), lo sfasamento complessivo lungo l'anello di reazione deve essere nullo:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \quad \text{nel caso dell'oscillatore Colpitts:} \quad -\frac{1}{\omega \cdot C_1} - \frac{1}{\omega \cdot C_2} + \omega L = 0$$

$$\text{da cui si ricava: } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_s \cdot L}} = 30460\text{Hz} = 30,5\text{KHz} \quad f_{0\text{reale}} = \frac{1}{6,6 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 30303\text{Hz} = 30\text{KHz}$$

Inoltre, deve essere verificata anche la condizione sul modulo ($|A_{loop}| = 1$):

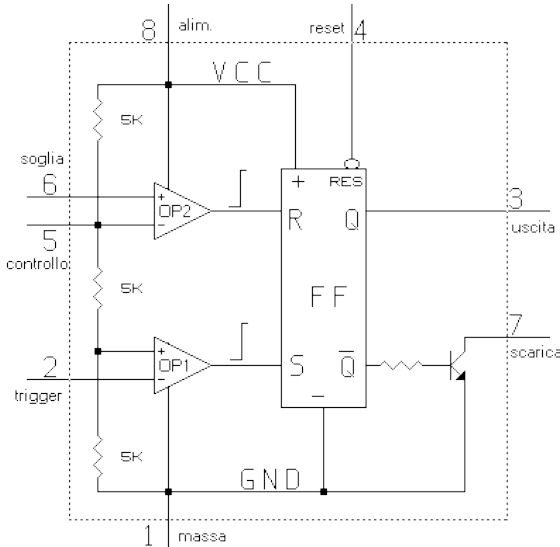
$$A_v = -\frac{X_2}{X_1} = -\frac{\frac{1}{\omega_0 \cdot C_2}}{\frac{1}{\omega_0 \cdot C_1}} = -\frac{C_1}{C_2} = -10 \quad A_{v\text{reale}} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{0,56\text{V}}{0,056\text{V}} = -10 \quad [\text{segno negativo a causa del verso}]$$



Schema oscillatore Copitts

3. Oscillatore digitale con integrato NE555

L'NE555 è un circuito integrato (**oscillatore digitale**) che produce un segnale digitale, quindi un **onda quadra** di ampiezza e frequenza desiderata, senza l'ausilio di alcun segnale di ingresso. Al suo interno è



costituito da:

- tre resistenze da 5kΩ che suddividono V_{CC} in tre parti uguali (partitore);
- un FLIP-FLOP SR: elemento di memoria;
- due amplificatori operazionali.

Quest'ultimi sono componenti elettronici analogici che vengono utilizzati per fare **operazioni algebriche** o per **amplificare in tensione**; possiedono due ingressi V^+ (**ingresso non invertente**) e V^- (**ingresso invertente**) ed un'unica uscita. Se all'ingresso non invertente viene applicata una tensione superiore a quella applicata all'ingresso invertente il segnale in uscita è positivo. Al contrario, se all'ingresso non invertente viene applicata una tensione inferiore a quella applicata all'ingresso invertente il segnale in uscita è negativo o nullo a seconda delle tensioni in ingresso.

All'ingresso non invertente (+) dell'amplificatore C_1 c'è un terzo di V_{CC} e sull'ingresso invertente (-) dell'amplificatore C_2 si ha $2/3$ di V_{CC} .

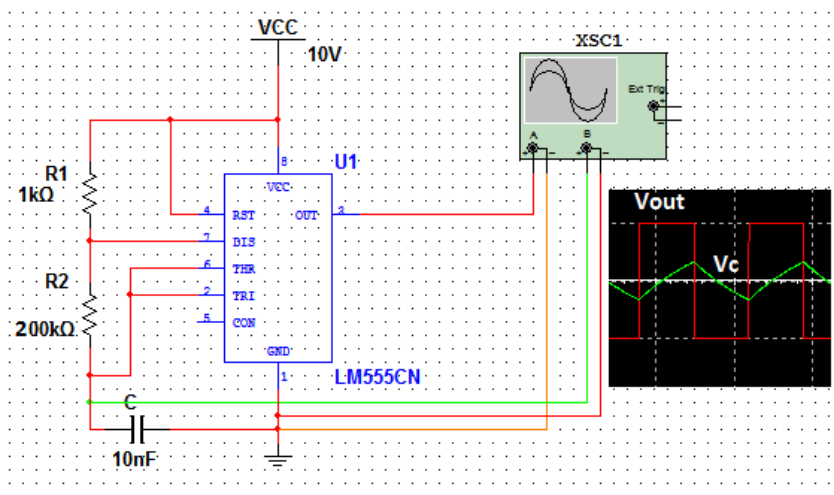
Il pin 5 (controllo) permette di modificare tali tensioni di riferimento ma nell'esempio mostrato successivamente non viene utilizzato.

Il pin 4 è un comando di reset: se non usato va posto a livello alto (V_{CC}).

Il flip-flop viene comandato tramite gli ingressi di SET e di RESET. Quando la tensione sul pin 6 supera i $2/3$ di V_{CC} (sul pin 5) l'uscita dell'amplificatore C_2 va a "1" e si ha un comando di SET; quando invece la tensione sul pin 2 è inferiore ad $1/3$ di V_{CC} , l'uscita dell'amplificatore C_1 va a "1" e si ha un comando di RESET.

Quando il flip-flop è SETTATO ($Q=1$) l'uscita (pin 3) avrà valore "1" ed il transistor di "scarica" (connesso a $\bar{Q}=0$) si comporta come un interruttore aperto (pin 7); viceversa se il flip-flop è RESETTATO

($Q=0$ e quindi $\bar{Q}=1$), il transistor si comporta come un interruttore chiuso (verso massa) e può essere usato per effettuare ad esempio la scarica di un condensatore (pin 7).



NE555 come oscillatore

All'accensione del circuito i pin 6 e 2 sono a livello basso perché il condensatore C è scarico (cioè

inizialmente $V_c=0$), pertanto il pin 2 (ingresso invertente di C_1) è a livello inferiore del corrispondente ingresso non invertente di C_1 che si trova a $1/3$ di V_{cc} e di conseguenza, l'uscita del C_1 è uguale ingresso S del FF (il quale è uguale ad "1") pertanto l'uscita Q sarà "1" (SET) e $\overline{Q} = 1$; in queste condizioni, il transistor è OFF ($\overline{Q} = 0$) e quindi il pin 7 è un circuito aperto; il pin 6 (ingresso non invertente di C_2) essendo pure a massa si trova a livello inferiore dell'ingresso non invertente che si trova a $2/3$ di V_{cc} , quindi, l'uscita C_2 è a "0" ed è uguale all'ingresso R del FF che non modifica la situazione di SET del FF.

Il condensatore può quindi iniziare a caricarsi verso V_{cc} tramite la serie di R_1 e R_2 ; quando la tensione sul condensatore C supererà $1/3$ di V_{cc} C_1 porterà a "0" la sua uscita (cioè il comando S del FF) ma questo non avrà nessun effetto sul FF pertanto Q continuerà ad essere ad "1", uguale a V_{cc} e Q si manterrà a 0V, corrispondente al livello di massa.

Continuando la carica però ad un certo punto la tensione sulla C raggiungerà e supererà quella fissata sul pin 5 di $2/3V_{cc}$ e quindi l'ingresso non invertente si troverà ad una tensione maggiore dell'invertente; sull'uscita di C_2 si avrà "1", quindi un comando di RESET che porterà a 0V l'uscita (pin 3) del 555 e Q andrà a "1" uguale a V_{cc} . In queste condizioni il transistor NPN riceve il comando sulla base e si comporterà come un interruttore chiuso ma, poiché il pin 7 è collegato a R_2 , è come se si collegasse R_2 a massa e quindi il condensatore C non proseguirà la carica ma inizierà a scaricarsi attraverso R_2 .

Quando la tensione sul condensatore scendendo verso massa va al di sotto di $2/3$ di V_{cc} l'uscita del C_2 torna bassa sul comando R del FF ma ciò non muta la situazione e Q rimane a 0V; continuando la scarica però ad un certo punto la tensione del C scenderà sotto $1/3$ di V_{cc} e avremo un nuovo comando di SET sul FF cioè Q uguale ad "1" ($=V_{cc}$). Si è quindi ritornati alla condizione precedente ed il ciclo può riprendere ripetendosi poi all'infinito.

Esempi pratici:

- con R_2 pari 200 K Ω si ottiene un duty cycle pari al 50%

$$T = 3ms \quad f_0 = \frac{1}{3 \cdot 10^{-3}} = 333,3Hz \quad D = 50\%$$

- con R_2 pari a 1K Ω si ottiene un duty cycle pari al 33%

$$T = 22\mu s \quad f_0 = \frac{1}{22\mu s} = 45454Hz = 45KHz \quad D = \frac{T_{ALTO}}{T} = \frac{16\mu s}{24\mu s} = \frac{1}{3} = 33\%$$

- durante la prova abbiamo sostituito R_2 con un potenziometro da 100K Ω ed abbiamo dimostrato che ruotando il potenziometro cambia il duty cycle.