GLI OSCILLATORI

Martire Settimio

V°B

1999/2000

Gli Oscillatori.

Seminario svolto nell'Anno Scolastico 1999/2000 per il corso di TDP (Tecnologie Disegno e Progettazione)

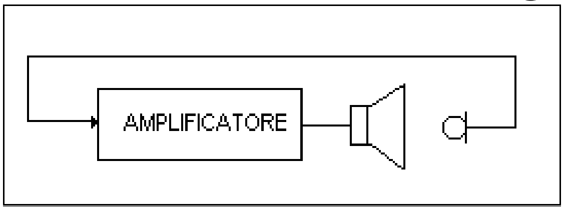
http://ssw.interfree.it
ssw@interfree.it

Versione 1.0

Il seguente documento potrebbe contenere errori.

Documento scritto con OpenOffice 1.1.3 (http://www.openoffice.org) su Mandrake Linux 10.1 (http://www.mandrakesoft.com)

E' noto che un amplificatore e in grado di produrre in uscita un segnale avente la stessa forma del segnale di ingresso ma di potenza maggiore. Ciò è ottenuto dalla conversione in alternata della potenza di alimentazione del sistema. E' quindi possibile prelevare parte della potenza di uscita e riportarla in entrata rendendo l'amplificatore nel complesso autoeccitato. Se in tali condizioni si produce in uscita un segnale sinusoidale persistente, il sistema è detto oscillatore sinusoidale. Un esempio intuitivo di nascita spontanea di oscillazioni si ha se si pone un microfono vicino ad un altoparlante, come mostrato in figura:



In tali Condizioni si può verificare l'innesco spontaneo di oscillazioni noto come effetto Larsen; un generico rumore presente all'interno dell'amplificatore è riportato in ingresso tramite il microfono e subisce un successivo processo di amplificazione. Il segnale di uscita tende quindi ad aumentare indefinitamente se 1'amplificazione complessiva e in grado di compensare le perdite. L'ampiezza del segnale in uscita e limitata, pero, dalle caratteristiche non lineari dell'amplificatore oltre che della tensione di alimentazione.

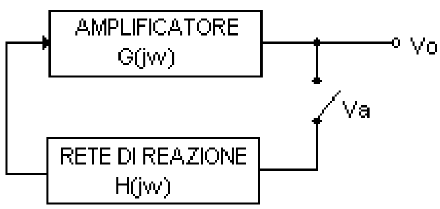
L'effetto Larsen si manifesta in un forte fischio emesso dall'altoparlante che può essere eliminato o modificando la posizione relativa del microfono rispetto all'altoparlante o diminuendo 1'amplificazione totale del sistema. Un oscillatore e in generale costituito da un amplificatore contenente elementi attivi quali BJT, FET, A.O. , e da una rete di reazione di tipo reattiva in grado di garantire complessivamente una reazione positiva necessaria all'autoeccitazione dell'amplificatore.

Nella figura sotto si mostra lo schema a blocchi di un oscillatore.

Lo studio matematico degli oscillatori parte dal criterio di Barkhausen derivato dal teorema della stabilita dei sistemi a reazione di Nyquist. Il criterio di Barkhausen stabilisce che un sistema del tipo di figura soprastante è in grado di generare e autosostenere oscillazioni sinusoidali se esiste almeno un segnale a frequenza fo, detta frequenza di oscillazione, tale che il guadagno d'anello:

$$G(jw)*H(jw)=1$$

Infatti, supponendo di aprire la maglia di reazione come in figura sottostante e di applicare un segnale Va, l'uscita Vo, vale:



$$Vo = G(jw)*H(jw)= Va$$

Se Vo = Va, per mantenere le stesse condizioni di funzionamento è sufficiente eliminare il generatore esterno Va e chiudere l'interruttore.

Il guadagno d'anello G(jw)*H(jw)è una espressione complessa per cui la condizione di Barkhausen impone che alla frequenza

$fo=wo/2\pi$ il modulo del guadagno d'anello sia unitario e lo sfasamento totale nullo:

$$|G(jw)*H(jw)|=1$$
$$\varphi=0$$

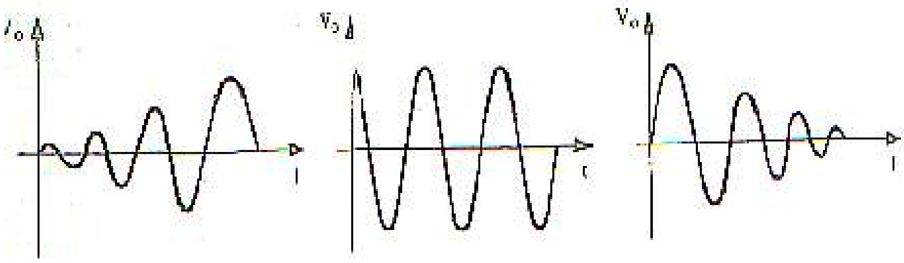
In realtà non occorre eccitare preliminarmente il sistema con un segnale esterno Va; infatti,1'autoeccitazione avviene spontaneamente sia per la inevitabile presenza di rumore nell'amplificatore, sia per il transitorio prodotto all'accensione; entrambi sono assimilabili ad un segnale ad ampio spettro che contiene sicuramente la componente a frequenza fo che soddisfa la $G(jw)*H(jw)=1$

Si possono distinguere tre casi:

a) $|G(jw)*H(jw)|> 1$. L'ampiezza del segnale di uscita aumenta ma comunque non potrà superare i limiti di alimentazione.

b) $|G(jw)*H(jw)|=1$. L'ampiezza delle oscillazioni del segnale d'uscita rimane costante.

c) $|G(jw)*H(jw)|< 1$. L'ampiezza delle oscillazioni del segnale d'uscita tende a diminuire ad ogni oscillazione (sistema stabile) per cui, dopo un tempo transitorio, 1'uscita si annulla.



Nella progettazione di un oscillatore e opportuno, quindi fare in modo che il modulo del guadagno d'anello sia inizialmente maggiore di 1 e successivamente si porti a l tramite opportuni sistemi di controllo automatico del guadagno.

Normalmente, come si vedrà in seguito , dalla condizione φ=0 di sfasamento nullo si determina la frequenza di lavoro dell'oscillatore, mentre dalla |G(jw)*H(jw)|=1 si ricava la condizione necessaria (condizione d'innesco) a cui devono soddisfare i parametri dell'amplificatore e della rete di reazione per garantire la nascita e la persistenza delle oscillazioni sinusoidali.

Gli oscillatori sinusoidali si dividono in oscillatori in bassa frequenza, che operano da pochi Hz a diverse centinaia di KHz, e quelli in alta frequenza che lavorano a frequenze superiori.

I primi sono costituiti, generalmente, da amplificatori a reazione positiva di tipo R-C e in essi la frequenza di oscillazione è inversamente proporzionale alla costante di tempo RC. La costante di tempo non può essere molto piccola poiché C è limitata dal valore delle capacità parassite ed R è imposta dal valore massimo delle correnti di lavoro dell'amplificatore.

Gli oscillatori in alta frequenza contengono una rete selettiva costituita, normalmente, da circuiti risonanti L-C e la pulsazione di oscillazione dipende da quella di risonanza di tali circuiti:

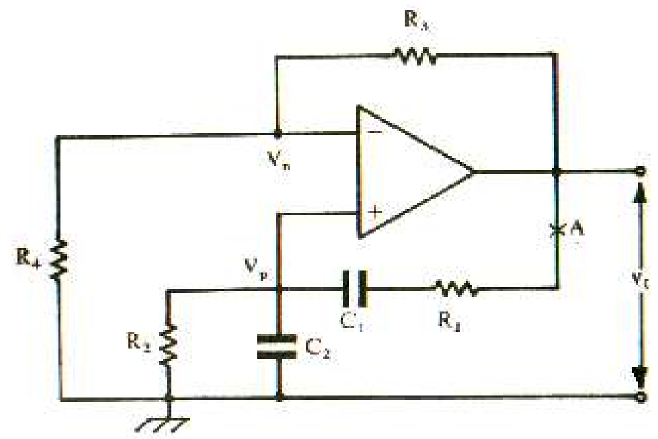
$$Wo=1/\sqrt{LC}$$

In tal modo è possibile, usando capacità maggiori di quelle parassite, ottenere frequenze di lavoro elevate.

Oscillatore a ponte di Wien con A.O.

E uno tra i più semplici oscillatori a reazione positiva di tipo R-C, il cui schema e mostrato in figura sotto.
In esso e presente sia la reazione positiva che negativa.
Supponendo 1'A.O. ideale si può determinare il guadagno d'anello e imporre successivamente la condizione di Barkhausen. Interrompendo 1'anello di reazione positiva nel punto A si determina:

$$H(jw)=Vp/Va= Z2/Z1+Z2$$



Dove:

$$Z2=R2//1/jwC2=R2/1+jwR2C2$$

$$Z1=R1+1/jwC1$$

L'amplificatore base è realizzato con un operazionale in configurazione non invertente avente guadagno:

$$G(jw)=Vo/Vp=1+R3/R4$$

Ponendo R1=R2=R e C1=C2=C, l'oscillatore a ponte di Wien è detto "a componenti uguali" e la condizione di Barkausen è:

$$G(jw)*H(jw)=(1+R3/R4)*\ R/1+jwRC/R+1/jwC+R/1+jwRC=1$$

Moltiplicando il numeratore e il denominatore per jwC*(1+jwRC) si ottiene:

$$(1+R3/R4)*jwRC/1-w^2R^2C^2+3jwRC=1$$

Poiché il secondo membro è un numero reale (vale 1) anche il primo membro deve essere un numero reale . Il numeratore è un immaginario puro, cioè deve avere parte reale uguale a 0:

$$1-w^2R^2C^2=0$$

risolvendola precedente si ottiene la pulsazione di oscillazione w_0:

$$w_0=1/RC$$

sostituendo si ricava la condizione di innesco:

$$(1+R3/R4)*jwRC/3jwRC=1$$

$$1+R3/R4=3$$

da cui:

$$R3=2R4$$

Se l'oscillatore non è a componenti uguali , procedendo analogamente si ricava:

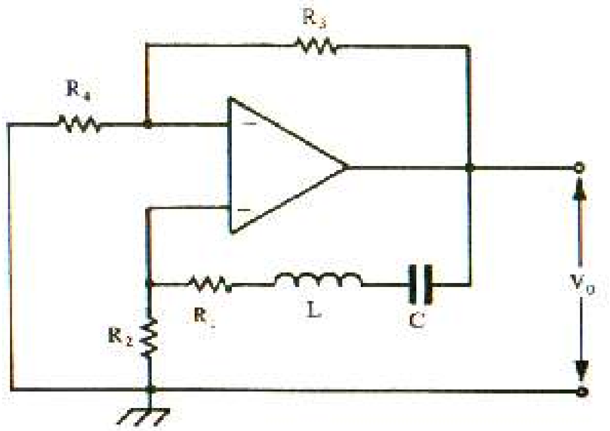
$$R3/R4=R1/R2+C2/C1$$

Condizione di innesco

$$w_0= 1/\sqrt{R1R2C1C2}$$

Pulsazione di lavoro

Nella figura sottostante si mostra lo schema di un oscillatore a ponte di Wien con rete di reazione positiva di tipo L-C.



Procedendo come per l'altro circuito si può dimostrare che:

$$w_0=1/\sqrt{LC}$$

pulsazione di lavoro

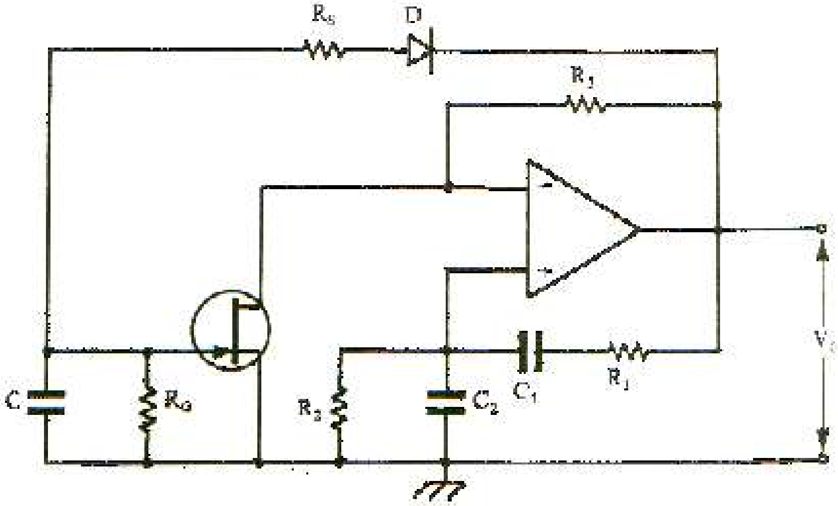
R3/R4=R1/R2

Condizione d'innesco

A causa delle tolleranze sui valori nominali dei componenti dell'oscillatore, la condizione d'innesco potrebbe non essere verificata, il guadagno d'anello potrebbe essere minore dell'unità con conseguente smorzamento delle oscillazioni di uscita.

E quindi opportuno che all'accensione la reazione positiva predomini su quella negativa (modulo del guadagno di anello maggiore di 1); ciò si realizza imponendo R3>2R4. In tal caso, pero, l'ampiezza del segnale d'uscita aumenta sempre più, tendendo alla tensione di alimentazione.

Per evitare le conseguenti distorsioni nel segnale d'uscita, si introduce il controllo automatico del guadagno, in grado di stabilizzare l'ampiezza. Tale controllo deve diminuire (aumentare) la reazione negativa se l'ampiezza del segnale d'uscita diminuisce (aumenta) in modo da mantenere |G(jw)H(jw)| costantemente uguale all'unità.
Le soluzioni normalmente adottate, si basano sull'impiego di termistori PTC (positive temperature coefficient) al posto di R4 o NTC (negative temperature coefficient) al posto di R3; Ad esempio se R4 è un PTC all'aumentare dell'ampiezza delle oscillazioni d'uscita aumenta la corrente in R4 con conseguente aumento di temperatura e quindi di resistenza che produce una diminuzione del guadagno A =1+R3/R4, viceversa nel caso di una diminuzione del segnale d'uscita. In definitiva si ottiene un'azione stabilizzante dell'ampiezza
L'inconveniente dei sistemi di controlli a termistori e 1'inerzia termica che rende lenta 1'azione regolatrice. Una soluzione alternativa consiste nell'usare la resistenza di canale di un JFET al posto di R4, secondo lo schema di figura sottostante.



Le curve caratteristiche di uscita di un JFET evidenziano che per valori di Vds il JFET si comporta come resistenza variabile.

In figura sottostante si riportano, le curve caratteristiche del JFET a canale N BF245A. Si può dimostrare che la esistenza di canale Rds vale:

$$Rds=Rdso/1-Vgs/Vp$$

Dove Vp è la tensione di pinch-off e Rdso la resistenza di canale per Vgs=0.
Se Vgs varia tra 0 e Vp la resistenza di canale Rds varia tra Rdso e infinito.