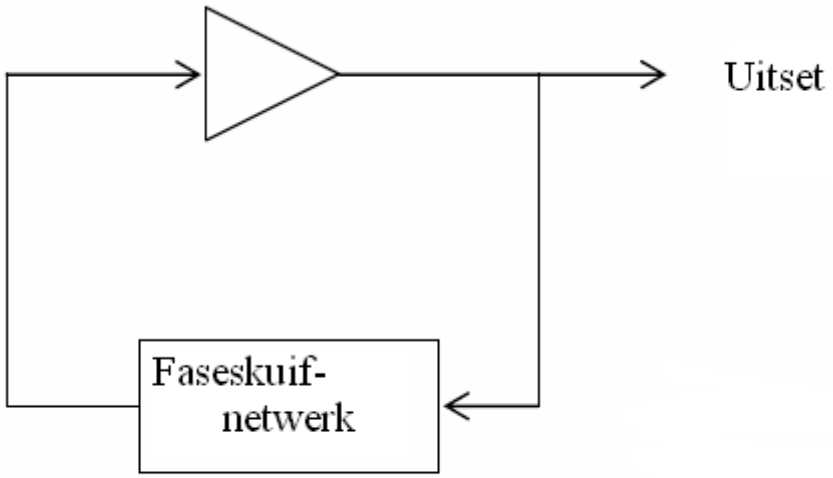
Hoofstuk 18 – Die Ossillator

Ossillators is kringe wat gebruik word om WS-seine op te wek. Hoewel meganiese metodes, soos alternators, gebruik kan word om lae frekwensie WS-seine soos die 50 Hz kragtoevoer op te wek, is elektroniese kringe die mees praktiese manier om seine teen radiofrekwensies op te wek.

Ossillators word oral gebruik in senders en ontvangers. In senders word hul gebruik om die seine op te wek wat uiteindelik d.m.v. die antenna, uitgesaai sal word. In ontvangers word ossillators ook gebruik, om tesame met mengers (‘n kring wat ons later sal bespreek), die frekwensie van die ontvangsein te verander.

Werksbeginsel

Die diagram hieronder is ‘n blokdiagram, wat 'n tipiese ossillator voorstel. Blokdiagramme verskil van kringdiagramme deurdat hulle nie elke individuele komponent in die kring voorstel nie. In plaas daarvan word volledige funksionele blokke – bv. versterkers en filters – in een simbool voorgestel. Hierdie simbole is nuttig omdat dit vir ons ‘n hoëvlak oorsig gee van die werking van ‘n kring sonder om elke individuele komponent te wys.



Blokdiagram van 'n Ossilator

Die driehoeksimbool hierbo stel ‘n versterker voor. Die inset van die versterker is die stompkant van die driehoek, links op hierdie diagram; Die uitset is die skerpkant van die driehoek. Omdat hierdie simbool altyd ‘n versterker aandui is dit nie nodig om dit ‘n naam te gee nie. Die uitset van die versterker is verbind aan die inset van die blok “Faseskuifnetwerk” en die uitset van die faseskuifnetwerk is terug verbind na die inset van die versterker. (Omdat die reghoekige blok geen aanduiding gee van inset of uitset nie, moet dit afgelei word van die pyle op die verbindingslyne.) Die uitset van die ossillator is geneem van ‘n punt in die kring – en in hierdie diagram het ek dit aangetoon vanaf die uitset van die versterker.

Die lyne wat die simbole verbind, stel die vloei van die seine van een funksionele blok na die ander voor. In hierdie tipe diagram stel ‘n lyn nie noodwendig ‘n enkele geleier, soos op ‘n kringdiagram, voor nie. ‘n Sein kan deur ‘n enkelgeleier vloei (met verwysing na aarde), of dit kan in twee geleiers vloei, met die stroom wat in teenoorgestelde rigtings in die geleiers vloei. In beide gevalle word seinvloei deur ‘n enkellyn in ‘n blokdiagram voorgestel.. Die

pyle aan die einde van die lyne stel die rigting van die vloei van die seine voor – in hierdie geval, van die uitset van die versterker na die inset van die faseskuifnetwerk, en dan weer van die uitset van die faseskuifnetwerk terug na die inset van die versterker. Die rigting van die vloei van die seine stem nie noodwendig ooreen met die vloei van die strome nie – na alles, die meeste seine waarmee ons werk is WS, dus die stroom vloei in beide rigtings.

So, hoe ossilleer hierdie kring? Wanneer dit die eerste keer aangeskakel word sal daar (baie klein) termiese ruis in die kring wees. Hierdie termiese ruis word veroorsaak deur die willekeurige bewegings van elektrone a.g.v. hitte, en dit bestaan ook in alle geleiers. Termiese ruis het ‘n baie breë bandwydte, bedoelende dat dit alle moontlike frekwensies insluit. (Wanneer jy die volume van ‘n hoëtroustel opdraai hoor jy ‘n suisgeluid en dié is die oudio-komponent van die termiese ruis. As jy ‘n bromgeluid hoor is dit a.g.v. die kragstelsel, nie termiese geruis nie.)

Termiese ruis by die inset van die versterker sal versterk word, dus is daar ‘n groter ruissein by die uitset van die versterker waarvan ‘n gedeelte afgebloei sal word en waarvan ‘n gedeelte aangestuur sal word na die faseskuifnetwerk. Die faseskuifnetwerk doen presies wat die naam sê – dit verander die fase van die sein, dus die uitset van die netwerk se fase sal óf die fase van die insetsein lei, óf agter wees. Die faseverwantskap tussen die inset en die uitset hang van die presiese frekwensie van die insetsein af.

By die meeste frekwensies sal die uitset van die faseskuifnetwerk, wat terug gevoer is na die inset van die versterker, nie presies in fase wees met die ruiskomponent wat die sein oorspronklik veroorsaak het nie. In die geval sal die “teruggevoerde” sein die sein wat dit veroorsaak het gedeeltelik kanselleer, en so sal dié ruiskomponente van die frekwensies uitsterf. Daar is egter een frekwensie waar die uitset van die faseskuifnetwerk presies in fase sal wees met die ruiskomponent wat dit veroorsaak het en sal dus daardie spesifieke frekwensiekomponent van die ruis versterk by die inset van die versterker. Hierdie versterkte sein sal dus weer deur die versterker versterk word, die fase sal weer deur die faseskuif-netwerk geskuif word om weer presies in fase met die sein van die “vorige” rondte te wees en so sal die sein homself versterk en aanhou groei.

Natuurlik kan die sein nie vir altyd net aanhou groei nie. Soos die sein sterker word sal dit ‘n punt bereik waar die versterking van die versterker sal verminder (bv. Dit mag beperk word deur die kragbron se spanning wat aan die versterker voorsien word) tot ons ‘n punt bereik waar die versterkte sein wat van die faseskuifnetwerk ontvang is, net sterk genoeg sal wees om dieselfde sein weer te genereer. By hierdie punt groei die seinsterkte nie meer nie, maar bly konstant en het ons ‘n stabiele ossillasiepunt bereik. As die ossillator korrek ontwerp is sal ‘n konstante amplitude sein teen die verlangde frekwensie gelewer word.

Deur die uitset van ‘n versterker terug te voer na die inset daarvan sodat dit die oorspronklike sein versterk, word genoem *positiewe terugvoer*. Dit is dieselfde effek wat ‘n mens kry as die uitset van ‘n publieke oudiostelsel terug gevoer word na die mikrofoon met ‘n gepaardgaande “kringfluit” of “terugvoer”.

Die Barkhausenkriteria vir ossillasie

Die *lusversterking* van ‘n ossillator is die totale wins wat ‘n sein ervaar, beginnende by enige punt in die kring en om die lus te beweeg tot by die beginpunt. Byvoorbeeld, veronderstel ‘n versterker het ‘n wins van 10 dB, dat die helfte van die sein “afgebloei” word na die uitset (met gevolglik ‘n 3dB verlies), en dat die faseskuifnetwerk ook ‘n verlies van 3 dB het. Deur die verliese te stel as negatiewe wins kry ons die volgende getalle:

Versterker	10 dB
Verlies by uitsetsein:	-3dB
Faseskuifnetwerk:	-3 dB

Totale luswins 4dB

Op dieselfde manier kan die totale faseskuif rondom ‘n lus bepaal word. Die versterker sal tot die faseskuif bydra en die faseskuifnetwerk sal nog meer bydra. Selfs die verbindingsgeleiers mag veral by hoë frekwensies tot die faseskuif bydra – bv. die golflengte van ‘n 100 MHz sein is 3 m, en so sal elke sentimeter van die geleiers ‘n faseskuif van 1,2° veroorsaak!

Wanneer ‘n ossillator stabiel ossilleer – dit is met ‘n konstante amplitude en – frekwensie, sal die volgende kriteria vervul word:

- Die *luswins* sal presies 1 wees. Sou die wins meer as 1 wees sal die uitset styg. Sou die wins minder as 1 wees sal die uitset verminder.

- Die *totale faseskuif* rondom die lus sal presies 0° of ‘n heelgetal veelvoud van 360° wees. Dit is nodig sodat die sein homself kan versterk soos dit om die lus beweeg., of anders sal dit homself uitkanselleer.

Hierdie vereistes staan bekend as die *Barkhausenkriteria* vir ossillasie.

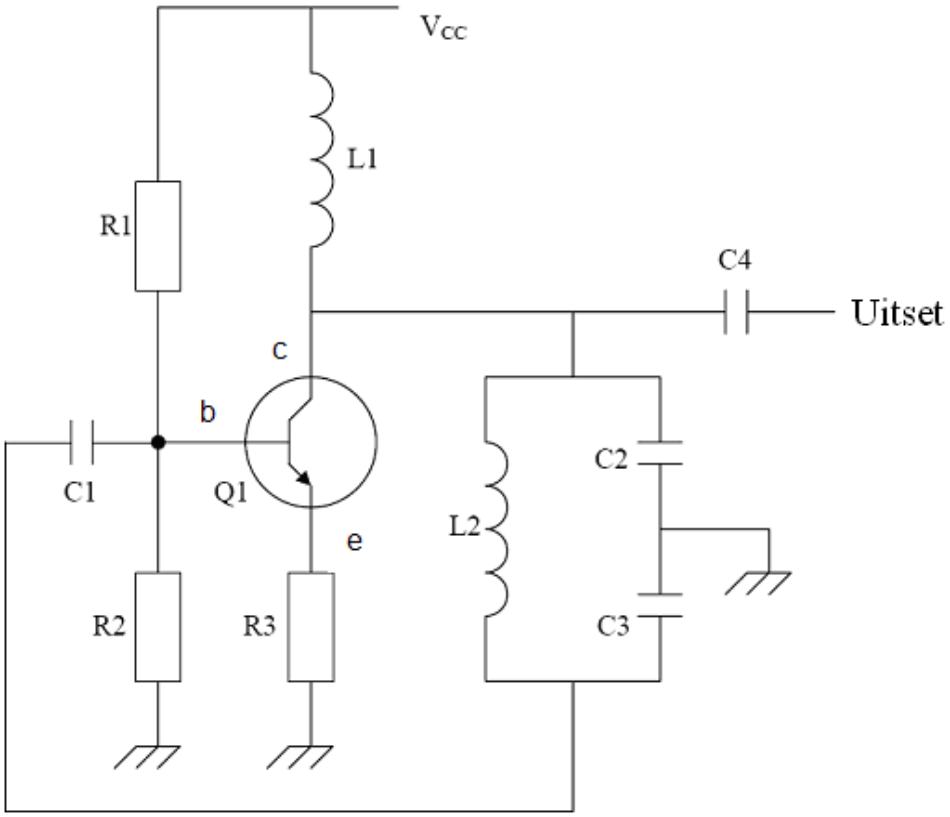
Dit is heel moontlik dat hierdie kriteria by verskillende frekwensies nagekom kan word. Veral is dit maklik vir die faseskuifkriteria om nagekom te word omdat dit slegs 0° of ‘n heelgetal veelvoud van 360° is. So dit kan maklik nagekom word met frekwensies wat ‘n totale faseskuif om die lus het van 0°, 360° en 720°. Sou beide vereistes nagekom word vir verskillende frekwensies gelyktydig, sal die ossillator ook by al die frekwensies ossilleer, wat gewoonlik nie die gewenste resultaat is nie! Ossillasies by ongewenste frekwensies word parasitiese ossillasies genoem.

Om dié moontlikheid te voorkom word die faseskuifnetwerk gewoonlik frekwensieselektief gemaak, sodat dit net die frekwensies in die omgewing van die gewenste frekwensie deurlaat terwyl dit ander frekwensies bo of onder die gewenste frekwensie sal verswak. Met ander woorde, dit is ontwerp om ‘n banddeurlaatfilter sowel as ‘n faseskuifnetwerk te wees. Die voordeel hiervan is dat alhoewel die faseskuifkriteria vir meer as een frekwensie behaal word, die nie-gewenste frekwensies, so lank as wat hulle vêr genoeg van die gewenste frekwensie is, so verswak word dat die luswins vir hul minder as 1 is en hulle so verswak word sodat ossillasies nie kan plaasvind nie.

Gelukkig is daar ‘n eenvoudige kring wat beide ‘n faseskuif- en banddeurlaateienskap het: die parallel ingestemde kring. By die resonante frekwensie verander die reaktansie van ‘n parallel ingestemde kring baie vinnig van induktief net onder die resonante frekwensie to kapasitief net bo die resonante frekwensie. Hierdie skielike verandering in reaktansie het tot gevolg dat die verwantskap tussen die spanning oor die ingestemde kring en die stroom wat daardeur vloei ook vinnig verander (onthou dat vir induktiewe kringe die spanning die stroom lei, terwyl in kapasitiewe kringe die stroom weer die spanning lei.) Terselfdertyd kan die parallel ingestemde kring gebruik word as ‘n goeie banddeurlaatfilter om die waarskynlikheid van parasitiese ossillasie te verminder. ‘n Ossillator wat ‘n parallel ingestemde kring as faseskuifnetwerk gebruik sal naby, of baie naby, aan die resonante frekwensie van die ingestemde kring ossilleer.

Die Colpitts Ossillator

Die Colpitts ossillator is tipies van hoe hierdie konsepte toegepas kan word in ‘n praktiese kring.



Kringdiagram van 'n Colpitts ossilator

Transistor Q1 en die geassosieerde komponente R1, R2, R3 en L1 vorm ‘n gemene-emitter versterker. Die uitset van die versterker, geneem vanaf die kollektor van Q1 word gevoer in die parallel ingestemde kring bestaande uit L2, C2 en C3. Die kapasitor in hierdie kring is in twee gedeel om die uitsetstroom van kollektor van Q1 toe te laat om via C2 na aarde te vloei Dit veroorsaak ‘n spanning oor die parallel ingestemde kring (ook genoem ‘n *tenkkring* van die ossillator.) Hierdie spanning word via C1 na die inset van die versterker teruggevoer. Die uitset van die versterker word via C4 van die kollektor geneem. Die simbool “Vcc” stel die positiewe spanning van die kragbron voor.

Die kenmerkende eienskap van die Colpitts ossillator – m.a.w. waarom noem ons dit ‘n Colpitts ossillator en nie iets anders nie – is die manier waarop die tenkkring (die parallel ingestemde kring) ‘n gesplete kapasitor gebruik om die uitset van die versterker in die een kapasitor te voer terwyl die ander kapasitor dan weer die inset voer.

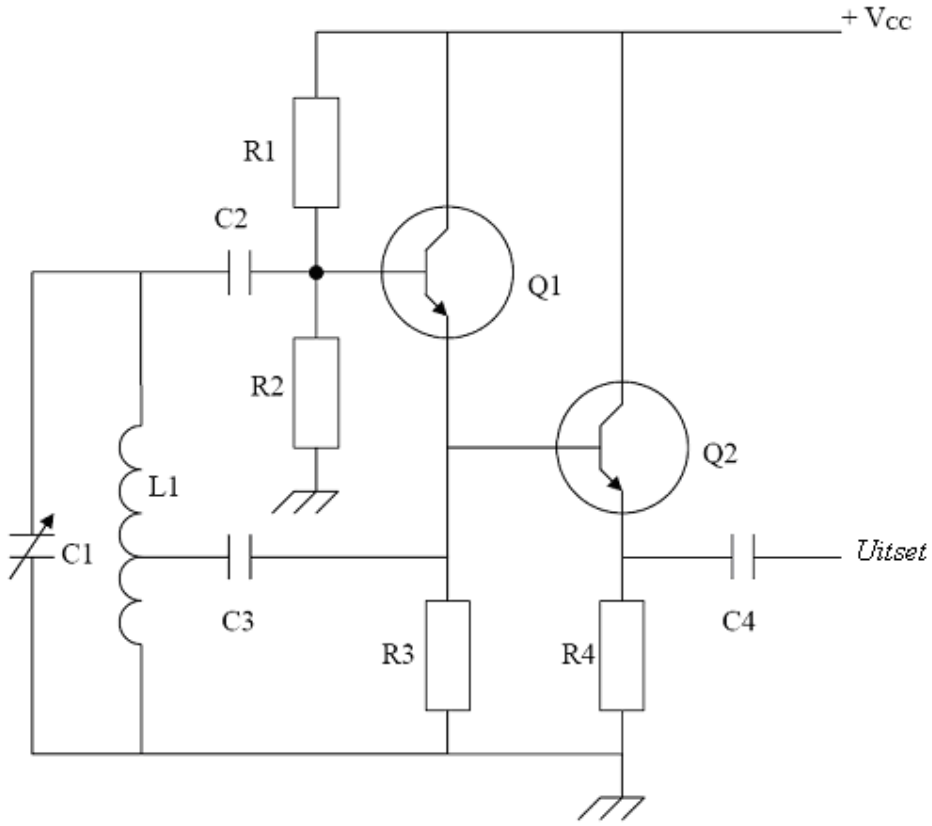
Buffering

Omdat ‘n gedeelte van die sein afgetap word by die uitset van die ossillator kan dit die luswins van die ossillator en dus ook die frekwensie van die ossillator beïnvloed. Om hierdie rede is dit belangrik dat die hoeveelheid van die sein wat afgetap word, nie sal verander nie. Dit kan bv. gebeur wanneer ‘n Morsekode-ossillator gesleutel word, wat weer veroorsaak dat die frekwensie van die ossillasies verander – ‘n verskynsel wat “tjirp” genoem word. Die meeste senderontwerpe verhoed hierdie deur gebruik te maak van ‘n bufferversterker tussen die ossillator en die sleutelkring van die sender. Die bufferversterker is baie keer ‘n gemene-kollektor versterker (emittorvolger), wat ‘n hoë impedansie aan die ossillator bied, maar

terselfdertyd ‘n lae impedansie voorsien aan die uitsetkring om genoeg stroom aan die opvolgende drywergedeeltes te lewer.

Die Hartley Ossillator

‘n Manier om die uitset van ‘n versterker te voer na ‘n parallel ingestemde kring, en die uitset van die ingestemde kring weer terug te voer na die versterker is om ‘n sentertaptransformator in die tenk- (ingestemde) kring te gebruik. Dit is die beginsel van die Hartley ossillator.



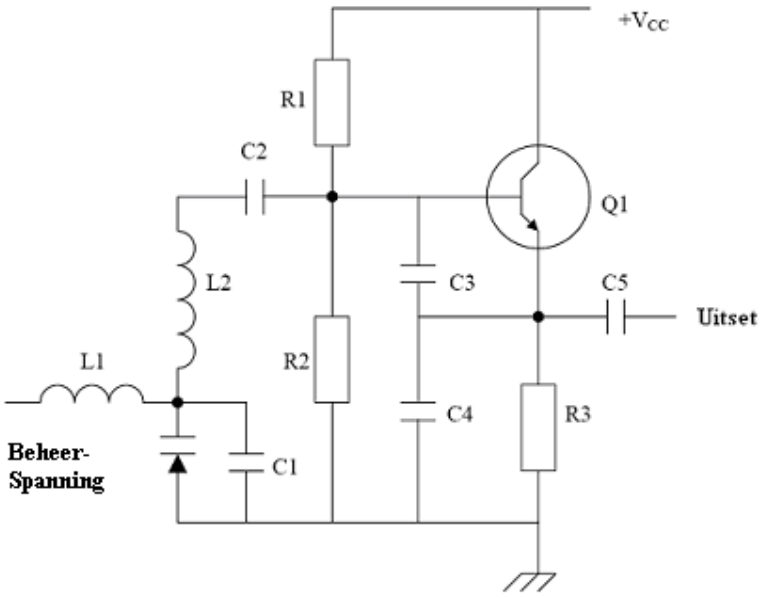
Kringdiagram van 'n Hartley Ossilator met 'n buffferversterker

In hierdie kring is transistor Q1 ‘n gemene-kollektor- (emittorvolger) versterker wat voorgespan word deur R1, R2 en R3. Die uitset van die versterker, by die emittor van Q1, is gekoppel via die gelykstroomblokkapasitor C3 na ‘n tap in die induktor aan die parallel ingestemde tenkkring wat bestaande uit L1 en C1. Die tenkkring word weer gekoppel terug na die inset van die versterker via C2, ook ‘n gelykstroomblokkapasitor, wat verhoed dat die basis van Q1 via L1 na grond gekortsluit word. Die pyl deur C1 toon dit is ‘n verstelbare kapasitor, dus die resonante frekwensie van die tenkkring en dus ook die frekwensie van die ossillator, kan verander word deur C1 te verander Die uitset van die ossillator by die emittor van Q1 word gevoer na Q2, ‘n gemene- kollektor (emittorvolger) buffferversterker. R4 bepaal die emittor- en kollektorstroom van Q4. Die uitset van die buffferversterker word geneem van die emittor van Q2 via die gelykstroomblokkapasitor C4. ‘n Ossillator waarvan die frekwensie verander kan word deur bv. ‘n instemknop te draai word ‘n verstelbare frekwensie ossillator (VFO) genoem. In hierdie kring reageer die sentertapinduktor amper soos ‘n opstap transformator, omdat die WS-spanning, wat tussen die sentertap en grond toegepas word ‘n variërende magnetiese veld genereer, wat weer ‘n groter WS-spanning aan die “warm” kant van L1 (die bopunt van die induktor) en grond genereer. Hierdie opstap van die spanning laat die gemenekollektorversterker toe om ‘n wins te gee ten spyte van die feit dat die wins tussen

die basis en die emittor 1 is (1). ‘n Getapte induktor soos hierdie word ook ‘n outo-transformator genoem.

Die Spanningsbeheerde Ossillator

Indien ‘n gedeelte van ‘n kapasitor, wat deel van ‘n gestemde kring in ‘n ossillator uitmaak, bestaan uit ‘n varieërbare kapasitordiode, kan die frekwensie van die ossillator verander word deur die omgekeerde voorspanning aangewend op die varieërbare kapasitordiode te verander. Hierdie word ‘n *spanningsbeheerde ossillator* genoem. ‘n Voorbeeld van so ‘n kring, wat ‘n Clapp (of serie-gestemde Colpitts) genoem word, word hier getoon.

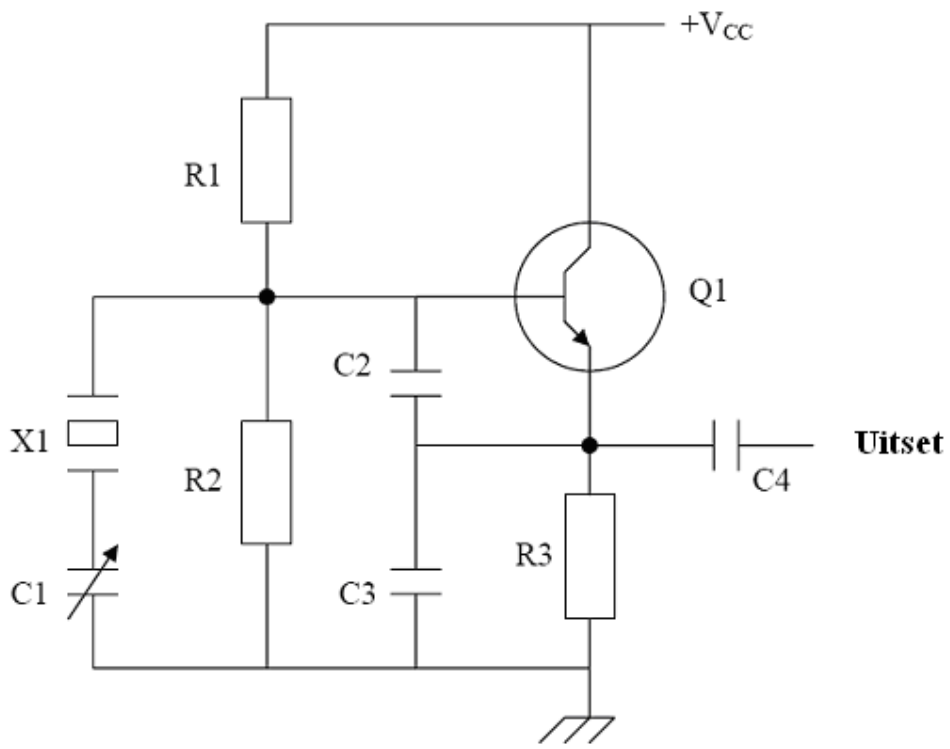


Kringdiagram van 'n spanningsbeheerde ossilator

Die beheerspanning word deur die radiofrekwensie-smoorspoel L1 aangewend om die varieërbare kapasitordiode D1 omgekeerd voor te span. Hierdie is in parallel met C1, wat addisionele kapasitansie verskaf (omdat varieërbare kapasitordiodes maar betreklike klein kapasitors is). Hulle is in serie met L2, vandaar die naam “seriegestemde Colpitts”-ossillator (ook genoem ‘n Clapp-ossillator). C2 verhoed dat die GS beheerspanning die voorspanning gegenereer deur die spanningsverdeler R1 en R2 op die basis van Q1 (of omgekeerd) beïnvloed. Q1 is ‘n gemene kollektor (emittor-volger) versterker, en die uitset van Q1 se emittor word teruggevoer in die tenkkring by die koppeling van C3 en C4, wat ‘n tenkkring vorm saam met C1, D1 en L2. Die ossillator se uitset word geneem van die emittor van Q1 via die GS-blokkeerkapasitor C5.

Die Kristalossillator

Kwartskristalle het piëso-elektriese eienskappe – indien ‘n spanning oor ‘n kristal aangelê word, vervorm die kristal effens en ook wanneer die kristal terugkeer na sy oorspronklike vorm word ‘n spanning oor die kristal gegenereer. Gevolglik lyk die kristal soos ‘n serie-gestemde kring en kan dit gebruik word as die element in ‘n ossillator wat die frekwensie bepaal. ‘n Tipiese kring word hier onder getoon.



Kringdiagram van 'n kristalbeheerde ossilator

Die resonante kring hier bestaan uit die kristal X1 met die serie kapasitor C1 en kapasitore C2 en C3. Q1 is ‘n gemene kollektor- (of emittor volger) versterker, voorgespan deur R1, R2 en R3. Die uitset van die versterker word teruggevoer na die tenkkring deur die koppeling tussen C2 en C3. Hierdie kring gebruik ook ‘n “serie-gestemde Colpitts” of “Clapp” konfigurasie

Kristalle het die voordeel van ‘n baie goeie frekwensiestabiliteit – dit is, die frekwensie van ‘n kristalbeheerde ossillator is baie stabiel met ‘n baie klein neiging om te skuif of te “dryf”, wat ‘n probleem is met die tradisionele induktor-kapasitor gestemde kringe. Die nadeel van kristalle is dat hulle nie oor enige noemenswaardige bestek gestem kan word nie. Die veranderbare kapasitor C1 in hierdie kring kan die frekwensie effens varieer (word ook genoem om die kristal in te trek) maar die bestek is baie klein. Kristalossillators wat toelaat dat die frekwensie kan verander word, word veranderbare kristal-ossillators, afgekort VXO, genoem,

Opsomming

Ossillators is kringe wat wisselstroomseine genereer. Ossillators bestaan uit ‘n versterker met positiewe terugvoer, deur ‘n faseskuifnetwerk. Gewoonlik dien die faseskuifnetwerk ook as ‘n bandfilter. ‘n Ossillator sal ossilleer by enige frekwensie en amplitude waar die Barkhausenkriteria nagekom word:

Die luswins is een.

Die som van die faseskuif rondom die terugvoerlus is nul of ‘n heeltal veelvoud van 360°.

Die uitset van die ossillator moet gebuffer wees om te verhoed dat die frekwensie dryf sou die las op die ossillator varieer. Daar is verskillende tipes ossillatorkringe waaronder die Colpitts, Hartley en die Clapp ossillators, waar elkeen verskil in die manier waarop die tenkkring

saamgestel is. ‘n Ossillator wat toelaat dat die frekwensie verander word, word ‘n Veranderbare Frekwensie Ossillator (VFO) genoem.

Kwartskristalle vertoon ‘n piëso-elektriese eienskap en reageer soos ‘n serie gestemde kring. Hulle kan gebruik word om die frekwensie van ‘n ossillator te beheer. Kristalbeheerde ossillators vertoon uitstekende frekwensiestabiliteit, met baie min frekwensiedryf. Hulle is egter basies ‘n vaste frekwensie ossillator; alhoewel die frekwensie effens “getrek” kan word deur middel van ‘n verstelbare kapasitor. Die instemwydte is egter nie naasteby so breed soos ossillators met gewone gestemde kringe nie. Kristalossillators wat toelaat dat die frekwensie verander kan word, word Verstelbare Kristalossillators, afgekort “VXO”, genoem.

Hersieningsvrae

1 Die name Clapp, Colpitts, Hartley verwys na:
a. Transistors.
b. Kragversterkers.
c. Ossillators.
d. Diodes.

2 Watter van die volgende is nie ‘n basiese vereiste vir ossillasie nie?
a. Terugvoer van die uitset na die inset van die versterker.
b. Korrekte fasering van die inset- en uitsetkringe.
c. Versterking van die seine van die inset na die uitset.
d. Gestemde kringe in beide die inset- en uitsetstadia.

3 Die doel van ‘n versterker in ‘n ossillator is om:
a. Die faseskuif te kanselleer.
b. Kompensasie vir kringverliese.
c. ‘n Stygende uitset te lewer.
d. Te dien as ‘n ossillatorbuffer.

4 ‘n Ossillator se frekwensie verander soos wat die las op die opvolgversterker verhoog word. In die herontwerp van die kring behoort die volgende gebruik te word:
a. ‘n Kragtiger ossillator.
b. ‘n Goed gereguleerde GS-kragbron.
c. ‘n Buffer tussenstadium.
d. ‘n Laer L/C-verhouding in die ossillator.

5 Colpitts, Clapp, Gouriet, Klopfrekwensie en Kristal is almal tipes van:
a. Instemmers.
b. Ossillators.
c. Antennas.
d. Versterkers.

6 Die eienskap van ‘n ossillator wat sy bedryfsfrekwensie bepaal is:
a. Sy weerstand.
b. Sy resonante frekwensie.
c. Sy induktiewe reaktansie.
d. Sy grootte.

7 Die ossillatorkonfigurasie waar die terugvoer via ‘n getapte induktor plaasvind is:
a. Die Armstrong ossillator
b. Die Clapp ossillator
c. Die Colpitts ossillator

d. Die Hartley ossillator

8 ‘n Varieërbare kapasitordiode kan gebruik word in ‘n ossillator:
a. Om die frekwensie deur ‘n beheerspanning te verander.
b. Om die toevoerspanning na die ossillator te beheer.
c. Om die maksimum amplitude te beperk.
d. Om die uitsetgolfvorm gelyk te rig om ‘n outomatiese vlakbeheerspanning te genereer.

9 By die frekwensie van ossillasie is die luswins van ‘n ossillator
a. Minder as 1.
b. Presies 1.
c. Groter as 1.
d. Nul of ‘n heelgetal veelvoud van 360°.

10 Watter versterkerkonfigurasie kan gebruik word in ‘n ossillator?
a. Gemene-basis.
b. Gemene-kollektor.
c. Gemene-emittor.
d. Enige van bogenoemde.