

Sveifluvakar

Sveifluvakagerðir

Sveifluvaki er riðstraumsgjafi sem gefur út stöðugt (hátíðni)merki. Sveifluvakar sem eru hér til umfjöllunar eru af LC, kristal og VCO gerðum.

Sveifluvaki er samsettur úr magnara og tíðniákværðandi hluta, oftast eigintíðnirás. Skilyrðin fyrir að sveifluvaki geti unnið er að slaufumögnunin, þ.e. mögnun transistors-magnarans sinnum afturvirkni sé hæfilega stór.

Sveifluskilyrði

Sveifluskilyrðin eru: $A \cdot \beta = 1$

Þar sem A er mögnunin og β er afturvirknistuðull.

Ef slaufumögnunin er of lítil deyr sveiflan út þar sem töpin í sveiflurásinni eru ekki yfirunnin. Ef slaufumögnunin er of mikil, eykst styrkur sveiflunnar vegna þess að sveiflurásin fær meiri orku inn en tapast í henni og transistorinn endar með að keyrast í metnun. Þetta gerir það að verkum að sveifluvakinn hættir stutta stund og byrjar síðan aftur og ferlið heldur síðan þannig áfram á óæskilegan hátt.

Tíðnistöðugleiki

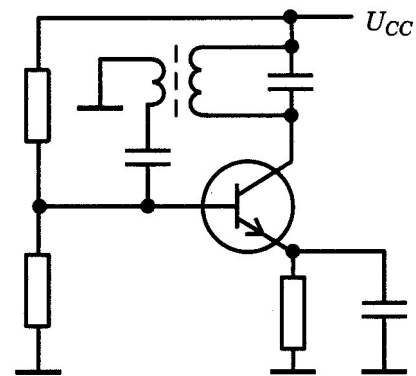
Þess er almennt krafist að sveifluvakar séu stöðugir á tíðninni. Stöðugleikinn er gefinn upp í ppm, þ.e. “parts per million” milljónasti partur.

Sem dæmi má taka 14 MHz sveifluvaka sem hefur stöðugleika um ± 1 ppm sem þýðir að frávikin í tíðni eru mest ± 14 Hz. Ef sveifluvaki á að vera stöðugur á tíðni verður vinnuspennan hans að vera stöðug og rippil-laos og nota verður hitastöðuga íhluti, sérstaklega í sveiflurásinni. Almennt er það þannig að spólur hafa pósitífan hitastuðul og til að jafna áhrif hans út eru notaðir þéttar með hæfilegum negatífum hitastuðli. Það er ekki auðvelt að ná góðum hitastöðugleika yfir stórt svið, og LC – sveifluvakar eru oftast aðeins notaðir þar sem kröfur um stöðugleika eru ekki mjög

miklar. Með nákvæmri hönnun má ná tíðnistöðugleika milli 50 og 100 ppm. Til eru margar gerðir sveifluka en sameiginlegt með þeim öllum er að þeir eru samsettir úr magnara og tíðniákværðandi afturvirknið.

Sveifluvaki með spantengingu

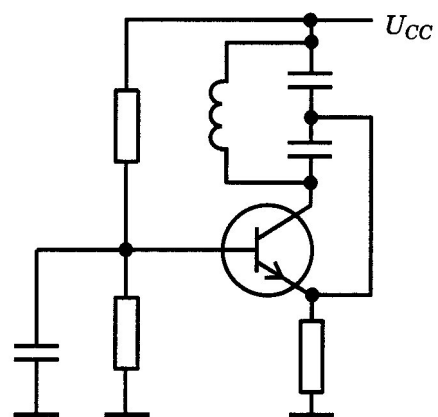
Í þessum sveifluvaka er eigintíðnirás í collector-rás transistorsins og merkið frá rásinni tekið um spanlega tengingu inn á base.



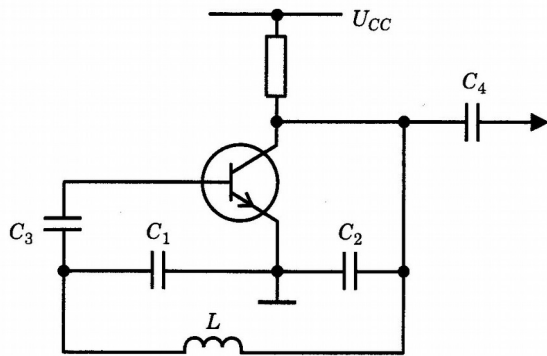
Sveifluvakar af þessari gerð hafa gengið undir mörgum nöfnum en tengingin er oftast kennd við Meissner sem fyrstur kom fram með hana. Þeir sveifluvakar sem koma fyrir hér á eftir eru allir nefndir eftir frumhönnuðum sínum.

Colpitts sveifluvaki

Í þessari sveifluvakagerð er afturvirknin framkvæmd með rýmdarlegu úttaki á sveiflurásinni. Til að fá réttan fasa er afturvirka merkið sett inn á emitter.



Hér á eftir má sjá dæmi um útreikninga fyrir tíðniákvæðandi íhluti Colpitts sveifluvaka.



DC-íhutum er sleppt í teikningunni til einföldunar. C_3 og C_4 eru yfirfærsluþéttar með lágt riðstraumsviðnám við eigintíðni rásarinnar. Séð frá emitter við eigintíðni er annar endi sveiflurásarinnar póstítífur á meðan hinn endinn er negatífur. Merki sem kemur frá collector breytir um fasa áður en það nær til base. Ásamt 180° fasasnúningi í transistornum hefur slaufan 0° fasasnúning og sveifluskilyrði því til staðar ef mögnun er hæfileg.

Ef horft er fram hjá áhrifum transistorsins á sveiflurásina verður eigintíðnin:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot \left(\frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \right)}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2 \cdot L}}$$

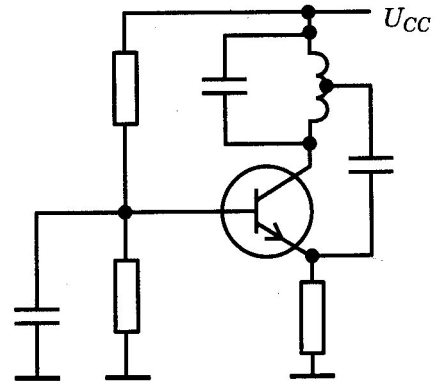
Dæmi: C_1 og $C_2 = 120\text{pF}$, og $L = 10\mu\text{H}$

Hver er sveiflurakatiðnin?

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{120\text{p} + 120\text{p}}{10\mu \cdot 120\text{p} \cdot 120\text{p}}} = 6,5\text{MHz}$$

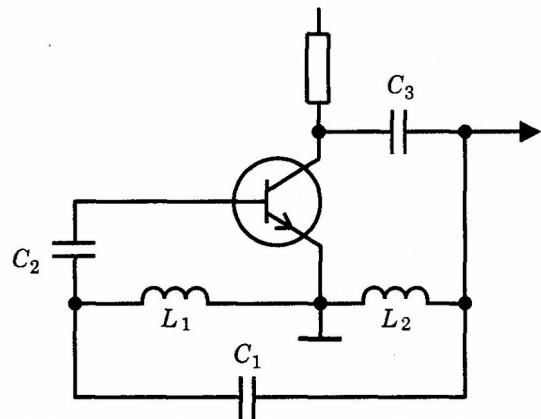
Hartley sveifluvaki

Í þessari sveifluvakerð er afturvirknin framkvæmd með spanlegu úttaki á sveiflurásinni. Til að réttur fasi sé til staðar er afturvirka merkið sett inn á emitter.



Það er óvarlegt að segja að ein sveifluvakerð sé betri en önnur, spurningin er meira um hreina hönnunarlega þætti t.d. að Hartley sveifluvakinn krefst spanlegs úttaks sem getur verið frekar erfitt að framkvæma við lága tíðni, því spólan hefur marga vafninga. Þetta atriði er hins vegar ekki mikið vandamál við háar tíðnir þar sem notaðar eru “loft”spólar með fáum vafningum.

Ef horft er á Hartley sveifluvaka, sést að uppbygging rásarinnar er næstum eins og Colpitts sveifluvakans ef litið er framhjá að notað er spanlegt úttak í stað rýmdarlegs.



Útreikningur á eigintíðni verður því örlítið öðruvísi:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi \sqrt{(L_1 + L_2) C}}$$

Þetta á við þegar engin gagnkvæm tenging er á milli spólanna.

Ef tenging upp á M Henry er til staðar verður sameiginlegt sjálfspan spólanna L_1 og L_2 jafnt og :

$$L_{\text{tot}} = L_1 + L_2 \pm 2 M$$

Jafnan fyrir eigintíðni verður því:

$$f_{\text{osc}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2 \pm 2 M) \cdot C}}$$

Athugið að \pm tákna að spólurnar geta verið í með- eða mótfasa. Mótfasi er ekki rökrétt hér og mætti því sleppa mínus-tákninu alveg.

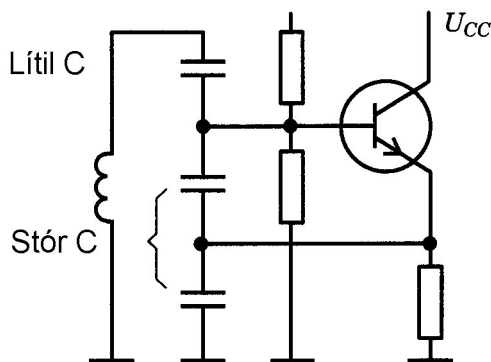
Oftast eru L_1 og L_2 reiknaðar sem ein spóla með sjálfspaninu L og einfalt að mæla það með LCR mæli. Þar fyrir utan er það heildarsjálfspanið sem ræður tíðninni en ekki staðsetning úttaksins.

Jafnan fyrir f_{osc} er þá einfaldlega:

$$f_{\text{osc}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$

Clapp sveifluvaki

Clapp sveifluvakinn er af colpitts-gerð en hefur auka þéttir í sveiflurásinni. Það þýðir að sveiflurásin getur haft hærri Q og rýmdaráhrif frá transistornum hafa ekki eins mikil áhrif.



Eins og sjá má er merkið sett inn á base transistorsins og tekið út frá emitter. Spennumögnunin er því <1 , en uppsveifla

sveiflurásarinnar veldur því að spennan á base er hærri en á emitter.

Kristal sveifluvakar

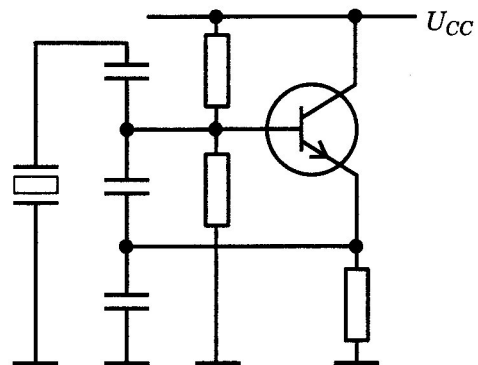
Með kristalstyrðum sveifluvaka er hægt að má miklum tíðnistöðugleika, dæmigert um 0,1 ppm. Kristal má annað hvort nota í rað- eða hliðtengi eigintíðni. Í raðtengi eigintíðni virkar kristall sem span (spóla).

Kristall er gerður úr silícíumdíoxíð sem er skorið í skífur, þar sem þykktin ákvarðast af eigintíðninni. Aðferðin sem notuð er við skurðinn er ákvarðandi um hitastöðugleika kristalskífunnar og því er hægt að framleiða kristalla í mismunandi útgáfum.

Einnig er það þannig að kristallar á tíðnibilinu 10 – 20 MHz hafa tiltölulega mestan stöðugleika og því er algengt að sjá kristal sveifluvaka á því tíðnisviði.

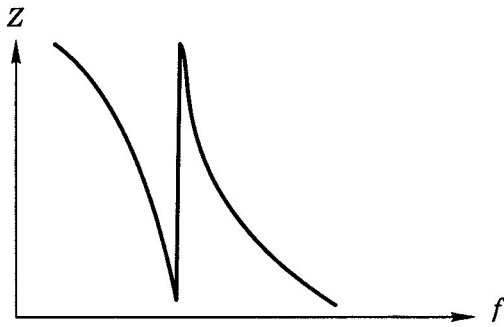
Við hærri tíðnir sveiflar kristall á yfir-sveiflum af grunntíðninni vegna þess að annars yrði kristalskífan það þunn að framleiðslulega væri það illgerlegt og óhagkvæmt.

Mikið notuð útfærsla af kristal sveifluvaka er Clapp sveifluvakinn. Hér er kristallinn notaður á því svæði þar sem hann virkar sem span og kemur þannig í stað spólunnar í sveiflurásinni. Tíðnilega séð er þetta aðeins framkvæmanlegt á mjög þröngu tíðnisviði sem gefur góðan stöðugleika.



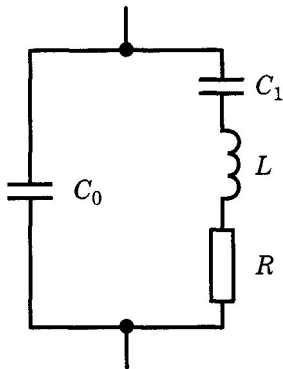
Eins og ráða má af teikningunni hér á eftir, virkar kristallinn rýmdarlega (lækkandi samviðnám við hækkandi tíðni) í megninu

af tíðnisviðinu að undanskildu þröngu svæði milli rað- og hliðtengi eigintíðna þar sem samviðnámið hækkar við hækkandi tíðni. Hér virkar kristallinn spanlega. Eins og þekkt er, þá er eigintíðni sveiflurásar þar sem $X_C = X_L$, en þetta er aðeins mögulegt á mjög þröngu tíðnisviði þar sem X_L er mjög tíðniháð.



Kristall jafngildir sveiflurás með mjög hátt Q ($Q = 10.000 - 1.000.000$)

Jafngildismynd fyrir tíðnikristal er teiknuð hér fyrir neðan.



Íhlutirnir L og C_1 hafa mjög hátt riðstraumsviðnám við eigintíðnina, þ.e. spólan hefur mikið sjálfspan og þéttirinn litla rýmd og tapsviðnámið R er lítið. Þessir þrjú íhlutir mynda raðtengi eigintíðnirás. Í hliðtengingu yfir þessa íhluti er þéttirinn C_0 sem myndar rýmdina milli tengipunktanna og rýmd kristalhaldarans. Gildið fyrir C_0 er algengt 10 – 15 pF, og fyrir C_1 um 0,02 – 0,03 pF.

Vegna C_0 virkar kristallinn sem hliðtengi-eigintíðnirás, þar sem C_0 og C_1 vinna í raðtengingu. Vegna mismunsins á

gildunum er hliðtengi-eigintíðnin örlítið hærri í tíðni en raðtengi-eigintíðnin.

Útreikningur á hliðtengi-eigintíðni:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot \frac{C_1 \cdot C_0}{C_1 + C_0}}}$$

Og fyrir raðtengi-eigintíðni:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_1}}$$

Háð tengitegund verður rásin að vinna þannig að ytri rýmdir hafi sem minnst áhrif á tíðnina, það er kristallinn sem á að vera tíðniákvæðandi íhúturinn. Með hjálp ytri rýmdar má þó finnstilla tíðnina og má gera það með “trimm”-þétti í rað- eða hliðtengingu við kristallinn.

Það er óhjákvæmanlegt að meiri eða minni rýmd sé ekki samsíða kristalnum sem dreifirýmdir í rásinni og því er það hluti af tegundalýsingu framleiðanda kristalsins að gefa upp hve stór heildarýmdin má vera til að kristallinn sveifli á rétttri ástimplaðri tíðni. Samanlögð rýmd er í reynd samsett af dreyfirýmdum rásarinnar og litlum trimm-þétti. Algengt gildi samanlagðrar rýmdar er um 32 pF.

Tíðninákvæmnin sem hægt er að ná, ræðst af rýmdunum þannig:

$$D = \frac{C_1 \cdot 10^6}{2(C_0 + C_L)} \text{ [ppm]}$$

1. Samsíða rýmdin C_{L1} lækkar tíðnina.
2. Raðtengda rýmdin C_{L2} hækkar tíðnina.
3. Frávikið D frá eigintíðni er sama við f_p og f_s með gagnstæðum formerkjum.
4. Virkni trimm-þéttirsins má finna með því að reikna D og D' fyrir C_L og C_L' og taka mismunin.

Gæðalega séð hefur það mikla þýðingu hvernig kristall er innpakkaður (hýstur), og til eru fjórar tegundir:

- Mjúklóðun (tin)
- Viðnámssuða
- Kaldsuða
- Gler

Mjúklóðunin er kostnaðarminnsta framleiðsluaðferðin en gefur verstu langtíma útkomu vegna þess að óæskilegar hreisiefnisleifar (harpix) sem óhjákvæmilega verða eftir inni í hylkinu hafa með tímanum áhrif á kristalinn.

Viðnámssóðið kristalhús er betri en hefur þó þann ókost að kristallinn verður fyrir upphitun við suðuna og því er erfitt að halda nákvæmni við framleiðsluna.

Kaldsuðan er miklu betri framleiðslumáti því samsetningin verður þegar tveir málmhlutar (oftast kopar) eru pressaðir saman þar til þeir fljóta saman. Fyrir samsetningu er kristalhúsið fyllt með óvirkri lofttegund t.d. köfnunarefni.

Besta en einnig dýrasta hullstrið er gler. Tengivirki kristalsins er gert úr efni sem hefur sömu þenslueiginleika og gler. Samsuðan er framkvæmd í lofttæmi sem kemur í veg fyrir hitun kristalsins. Áður hefur umhverfislöftið verið hitað upp í 500° til að fjarlægja efni sem geta flýtt fyrir öldrun kristalsins.

Dæmigerðar kristal upplýsingar:

	Mjúk-lóðun	Viðn.suða	Kald-suða	Gler
Stillisvið ppm	± 15	± 10	± 7,5	± 5
Tíðni/hiti				
ppm við -10° til +60° C	± 15	± 10	± 10	± 10
ppm við -40° til +90° C	± 40	± 30	± 30	± 30
Öldrun við 85° ppm / ári	± 15	± 5	± 2	± 1

Til að breytilegur umhverfishiti hafi ekki áhrif á tíðnistöðugleika kristal sveifluka er kristallinn framleiddur fyrir um 70° C hita og haldið við það hitastig með þar til gerðum kristalofni.

Þannig ráðstafanir eru algengar í SSB fjarskiptatækjum og mælitækjum þar sem kröfur um tíðnistöðugleika eru miklar.

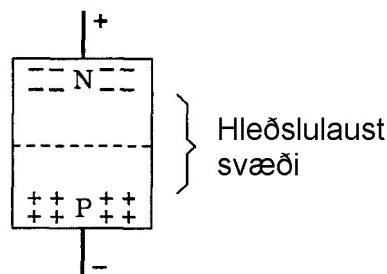
VXO

Ef trimm-þéttinum er skipt út fyrir “gang”-þétti (stillanlegum þétti með öxli) sem hægt er að breyta að vild, er kominn *variable crystal oscillator* “**VXO**” breytanlegur kristal sveifluka með tíðipróngu sviði en góðum stöðugleika. VXO er oftast notað sem BFO (beat frequency oscillator) og sem tíðnigjafi í aflitlum sendun (QRP). Tíðnisvið það sem fæst með þessum hætti er oftast nokkur kíló-Hertz, en með nákvæmri hönnun og völdum íhlutum hefur náðst 1000 ppm breytingarsvið. Auðveldara er að “toga” lélegri og ódýrari kristalla en þá með háu Q gildi. Yfirsveiflukristallar eru ekki nothæfir í VXO.

VCO

VCO (Voltage Controlled Oscillator) er spennustýrður sveifluka. Sveiflukinn er oftast LC – tegund þar sem tíðnin ákvarðast af L og C, en C er útfært með rýmdardíóðu.

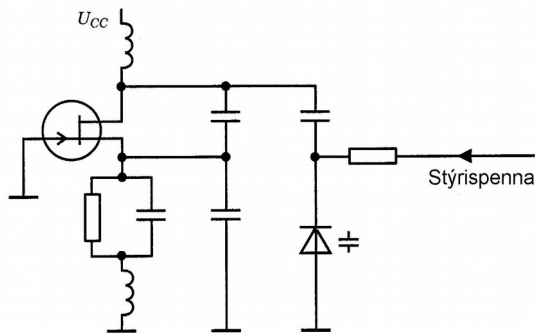
Rýmdardíóða er díóða sem er bakspennt, sem þýður að negatífu og pósitífu hleðsluberarnir fara í gagnstæðar áttir og skilja eftir hleðslulaust svæði á milli. Þetta svæði virkar sem einangrun í þétti og hleðslusvæðin eins og plötunar.



Gæðastuðull Q fyrir rýmdardíóðu ræðst af bakspennunni. Lág spenna gefur lægra Q, og lægsta notkunaspennan er um 2 Volt. Rýmdardíóðan er sett í sveiflurasina og breytileg spenna yfir hana breytir eigintíðni

rásarinnar. Lág bakspenna gefur lága tíðni og há bakspenna háa tíðni inna LC tíðnisviðs rásarinnar.

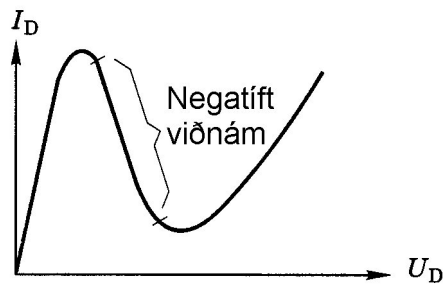
Tíðnina er hægt að fínstilla með vinnuspennunni.



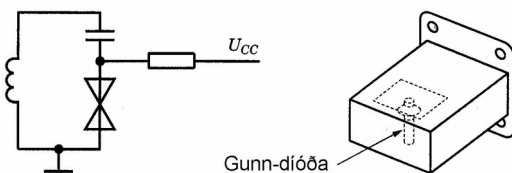
Tíðnistöðugleikinn er ekki sérstaklega góður en kemur oftast ekki að sök því sveifluvakinn er all oft hluti af fasalæstri lykkju (PLL) þar sem tíðnin er læst við kristal-viðmiðun.

Gunn sveifluvaki

Í GHz tíðnisviðinu er erfitt að finna hæfa transistora, þannig að oft er notuð Gunn-díóða. Gunn-díóðan er í sömu “fjölskyldu” og tunnel-díóðan sem hafa negatíft viðnám í hluta af vinnusviðinu.



Ef díóðan er tengd í sveiflurás upphefur negatífa viðnámið tapsviðnám rásarinnar og sveifluskilyrði eru til staðar.



Sveifluvakinn getur verið hluti af bylgjuleiðara sem vinnur sem eigintíðnirás.