

4.3.5.1. GEWONE KRISTALOSCILLATOR

Een Clapp oscillator gebruikt een serieresonantiekring (fig. 4.41, L_1 en C_3) en is dus geschikt om een kristaloscillator te maken. Het enige wat we moeten doen is de serieresonantiekring vervangen door een kristal (fig. 4.44). Omdat er nu geen spoel meer is die de gate met de massa verbindt, moeten we een gateweerstand R_G voorzien.

De Pierce oscillator is een zeer eenvoudige kristaloscillator (fig. 4.45). De terugkoppeling wordt nu gevormd door het kristal zelf en de condensator C_1 .

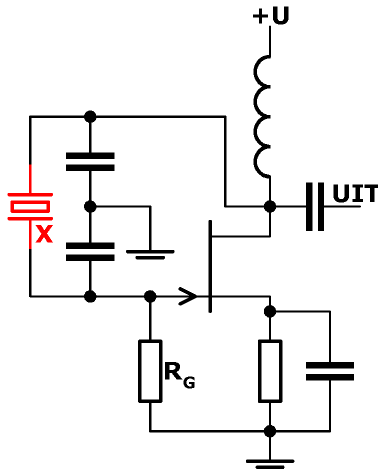


Fig. 4. 44

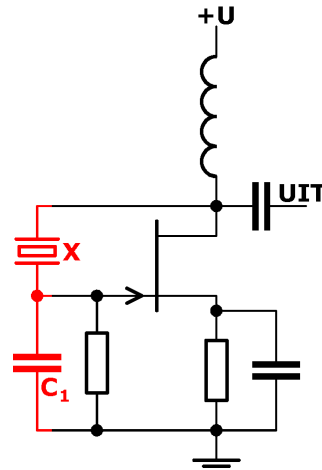


Fig. 4. 45

4.3.5.2. OVERTOON OSCILLATOR

De resonantiefrequentie van een kristal wordt voornamelijk bepaald door de afmetingen van het kristal. Een groot en dik kristal heeft een lagere resonantiefrequentie dan een klein en dun kristal.

Als gevolg hiervan bestaat er een praktische beperking voor de maximale resonantiefrequentie van een kristal. Boven een bepaalde frequentie zou het kristal zo dun moeten zijn dat het veel te breekbaar wordt. Deze grens ligt rond 70 MHz. En omdat het maken van deze dunne kristallen zeer duur is, ligt de grens van de 'betaalbare kristallen' die men in massaproductie kan maken rond 25 MHz. Het is echter mogelijk om een kristal op een oneven veelvoud van de eigenlijke resonantiefrequentie te laten trillen. De schakeling moet dan zo opgebouwd zijn dat het kristal enkel op deze harmonische frequentie kan oscilleren en niet op de grondfrequentie. Dit kan door ervoor te zorgen dat enkel op de harmonische frequentie aan de voorwaarde tot oscilleren voldaan is. Fig. 4.46 toont hoe dit gebeurt bij een Pierce oscillator. Bij deze oscillator is een capaciteit tussen het kristal en massa de voorwaarde om te kunnen oscilleren.

We vervangen C_1 door een parallelresonantiekring (L_1 en C_1) waarvan de resonantiefrequentie hoger is dan de grondfrequentie van het kristal. Aangezien een parallelresonantiekring zich onder de resonantiefrequentie als een spoel gedraagt, kan de oscillator op deze frequentie niet oscilleren. Is de resonantiefrequentie van L_1 en C_1 lager dan de derde harmonische van het kristal dan is de kring op deze frequentie capacitief en is voldaan aan de voorwaarde tot oscilleren. Willen we het kristal op de vijfde harmonische laten oscilleren dan moeten we ervoor zorgen dat de resonantiefrequentie van L_1 en C_1 hoger is dan de derde harmonische en natuurlijk lager dan de vijfde harmonische. Maar niet alle kristallen zijn geschikt om op de vijfde of zelfs zevende harmonische te trillen.

In een overtoon oscillator kan er een klein frequentieverschil zijn tussen het veelvoud van de kristalfrequentie en de oscillatiefrequentie. Zo kan bijvoorbeeld een 12 MHz kristal op zijn derde overtoon oscilleren op 36,002 kHz.

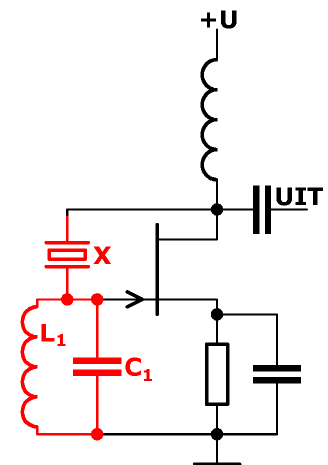


Fig. 4. 46

4.3.5.3. VXO

Het grote voordeel van een kristaloscillator is de uitstekende frequentiestabiliteit. Maar bijgevolg is het niet zo gemakkelijk om de oscillatiefrequentie bij te regelen.

Dit kan maar in beperkte mate. Afhankelijk van de frequentie, het soort kristal en de schakeling is het regelbereik enkele honderden Hz tot een tiental kHz. Is een klein regelbereik voldoende dan kan men dit verwezenlijken door een regelbare condensator of spoel in serie met het kristal te plaatsen. Een condensator zal de frequentie verhogen, een spoel de frequentie verlagen. Met de juiste combinatie van spoelen en (regelbare) condensatoren kan men een groter regelbereik verwezenlijken. Dit soort oscillator noemt men met een VXO (variabele kristaloscillator, waarbij de X voor het symbool van een kristal staat). Een VXO op basis van een Clapp oscillator is weergegeven in fig. 4.47.

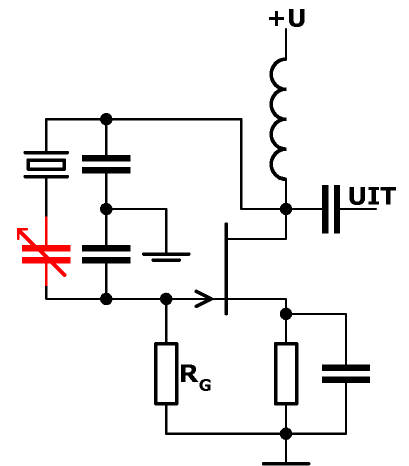


Fig. 4. 47

4.3.6. PLL-oscillator

PLL staat voor phase locked loop, vertaald: fasevergrendelde lus. Een PLL-oscillator is opgebouwd uit verschillende schakelingen waarvan we er al enkele kennen (fig. 4.48). Met uitzondering van de fasevergelijker gaan we niet in detail in op de opbouw en werking van de verschillende schakelingen, wel op de werking van een PLL- oscillator in het algemeen.

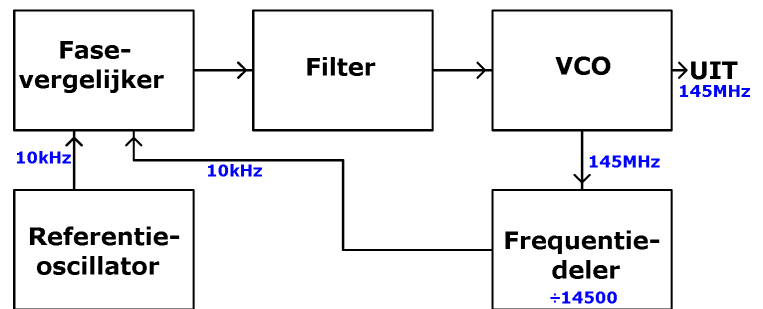


Fig. 4. 48

Het uitgangssignaal van de PLL-oscillator wordt gegeneerd door een VCO waarvan de frequentie wordt gestuurd door een fasevergelijker. Een fasevergelijker is een schakeling die een uitgangsspanning levert die afhankelijk is van het faseverschil tussen beide

ingangssignalen. Fig. 4.49 toont iets meer in detail een fasevergelijker met filter. Er zijn 2 ingangen, met de signalen A en B, waarvan het tijdstip van de stijgende nuldoorgangen (t_A en t_B) bepaald worden. Stel dat de signalen A en B dezelfde frequentie hebben maar een verschillende fase (fig. 4.50). Valt t_A voor t_B dan wordt schakelaar S_1 gesloten in het tijdsinterval tussen t_A en t_B , we krijgen dus een positieve puls aan de uitgang. Valt echter t_{B0} voor t_A dan wordt schakelaar S_1 gesloten in het tijdsinterval tussen t_B en t_A en wordt C ontladen (U_{UIT} daalt). Hoe groter het faseverschil, hoe langer de puls is en hoe groter de oplading of ontlading van C. Zijn de signalen A en B in fase dan doet de fasevergelijker niets en zal U_{UIT} niet wijzigen.

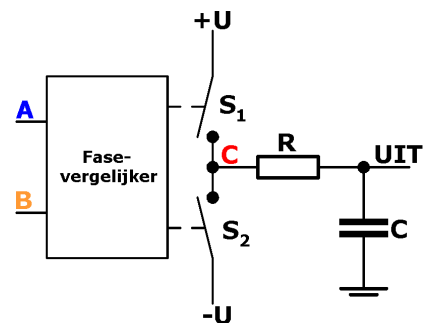


Fig. 4. 49

En wat als signalen A en B niet dezelfde frequentie hebben? Dan zal er natuurlijk ook een faseverschil zijn, waarbij het 'snelste' signaal (= dat met de hoogste frequentie) altijd de eerste nuldoorgang heeft. Heeft signaal A de hoogste frequentie dan zal enkel schakelaar S_1 gesloten worden, heeft signaal B de hoogste frequentie dan enkel schakelaar S_2 . De fasevergelijker reageert dus ook eenduidig op signalen met een verschillende frequentie. De fasevergelijker en het filter (R en C) zullen de VCO zo bijregelen dat de signalen A en B dezelfde frequentie en dezelfde fase hebben. Eén signaal dat aan de fasevergelijker aangeboden wordt is het referentiesignaal (hier 10 kHz). Het andere is het VCO-signaal dat door een frequentiedeler gegaan is. Deze frequentiedeler zal, zoals de naam zegt, de ingangsfrequentie van de VCO door een bepaalde waarde delen (hier door 14500). Omdat de fasevergelijker de VCO bijregelt tot beide ingangssignalen dezelfde frequentie hebben, zal de VCO-frequentie bijgeregeld worden tot ze $14500 \cdot 10 \text{ kHz} = 145 \text{ MHz}$ bedraagt. Door het deeltaal te veranderen kunnen we de uitgangsfrequentie van de VCO wijzigen. Is het deeltaal 14501 dan wordt de uitgangsfrequentie

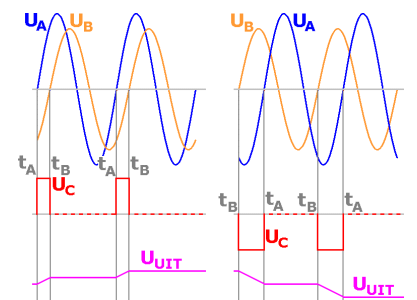


Fig. 4. 50

De fasevergelijker en het filter (R en C) zullen de VCO zo bijregelen dat de signalen A en B dezelfde frequentie en dezelfde fase hebben. Eén signaal dat aan de fasevergelijker aangeboden wordt is het referentiesignaal (hier 10 kHz). Het andere is het VCO-signaal dat door een frequentiedeler gegaan is. Deze frequentiedeler zal, zoals de naam zegt, de ingangsfrequentie van de VCO door een bepaalde waarde delen (hier door 14500). Omdat de fasevergelijker de VCO bijregelt tot beide ingangssignalen dezelfde frequentie hebben, zal de VCO-frequentie bijgeregeld worden tot ze $14500 \cdot 10 \text{ kHz} = 145 \text{ MHz}$ bedraagt. Door het deeltaal te veranderen kunnen we de uitgangsfrequentie van de VCO wijzigen. Is het deeltaal 14501 dan wordt de uitgangsfrequentie

145,01 MHz, voor het deeltal 14499 zou de uitgangsfrequentie 144,99 MHz zijn. Bij een PLL oscillator kan de frequentie dus in stappen ingesteld worden, in dit geval in stappen van 10 kHz.

Het filter tussen fasevergelijker en VCO speelt een belangrijke rol, omdat het bepaalt hoe snel de regelspanning van de VCO reageert op fase- of frequentieveranderingen. Reageert het filter te traag dan duurt het te lang vooraleer de VCO de gewenste frequentie bereikt. Reageert het filter echter te snel dan zal de VCO overreageren en zo snel van frequentie veranderen dat hij aan de gewenste frequentie 'voorbij schiet' en gedurende lange tijd uitslingert. Fig. 4.51 toont de reactie van een PLL-oscillator op een frequentie-wijziging van f_1 naar f_2 op tijdstip t_x , afhankelijk van de tijdsconstante van het filter.

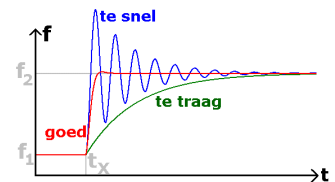


Fig. 4. 51

4.3.7. Eigenschappen van oscillatoren

4.3.7.1. FREQUENTIESTABILITEIT

Meestal staat of valt de bruikbaarheid van een oscillator met de frequentiestabiliteit. Voor LC-oscillatoren wordt deze bepaald door de condensator en spoel van de resonantiekering, maar ook door eventuele 'parasitaire capaciteiten', die ook door een transistor gevormd kunnen worden. Hierdoor zijn er verschillende factoren die de frequentiestabiliteit bepalen.

- Temperatuursgevoeligheid van de spoelen en vooral van de condensatoren. De zelfinductie van een spoel en capaciteit van een condensator verandert immers in functie van de temperatuur. Dit effect kunnen we minimaliseren door NPO condensatoren te gebruiken, die (bijna) temperatuursonafhankelijk zijn. Of door de juiste combinatie van condensatoren met een positieve en negatieve temperatuurscoëfficiënt te gebruiken zodat de veranderingen elkaar compenseren.
Natuurlijk zullen we ook proberen om de temperatuur van de oscillator zo stabiel mogelijk te houden. Dit kan onder andere door een thermisch isolerende behuizing te voorzien en de oscillator zeker niet in de buurt te plaatsen van componenten die een groot vermogen verbruiken en dus opwarmen.
- De oscillator en vooral dan de spoel moet mechanisch stevig opgebouwd worden zodat eventuele trillingen (= vervormen van de spoel) geen invloed hebben op de frequentie.
- De voedingsspanning moet zeer stabiel zijn en mag geen netbrom of andere wisselspanningscomponenten bevatten. Deze spanning heeft immers een invloed op de parasitaire capaciteit van de transistor (zelfde effect als bij een capaciteitsdiode) en dus ook op de oscillatiefrequentie.

4.3.7.2. FASERUIS

Minder gekend maar in vele gevallen even belangrijk als de frequentiestabiliteit, is de faseruis van de oscillator. Een oscillator is opgebouwd uit componenten (weerstand, transistoren ...) die onvermijdelijk ook ruis produceren [2.7.2.]. Deze ruis zal een invloed hebben op de amplitude en op de fase van het uitgangssignaal. Maar omdat in een oscillator de amplitude begrensd is (zou niet zou deze door de terugkoppeling oneindig groot worden) zal de faseruis domineren. Dus buiten het gewenste uitgangssignaal produceert elke oscillator ook ongewenste ruis. Het gevolg hiervan is dat het frequentiespectrum van het oscillatorsignaal niet één lijn is zoals dit bij een ideale oscillator zou zijn, maar 'klokvormig' verloopt rond een centrale frequentie (fig. 4.52). Hoe smaller de 'klok' is hoe minder faseruis. De bandbreedte van de ruisklok is klein. Bij een goede oscillator is de ruis op enkele Hz tot enkele tientallen Hz van de oscillatiefrequentie (f_0) al vele duizenden keren zwakker dan het oscillatorsignaal.

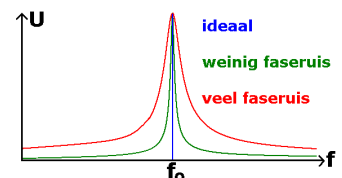


Fig. 4. 52

Omdat bij een PLL-oscillator het uitgangssignaal via een fasevergelijker geregeld wordt zal in de meeste gevallen een PLL-oscillator een hogere faseruis hebben dan een gewone LC-oscillator of een kristaloscillator.

Omdat bij een PLL-oscillator het uitgangssignaal via een fasevergelijker geregeld wordt zal in de meeste gevallen een PLL-oscillator een hogere faseruis hebben dan een gewone LC-oscillator of een kristaloscillator.

4.3.8. Ongewenst oscilleren van een versterker

We hebben net gezien dat men van een versterker een oscillator kan maken door de juiste terugkoppeling te voorzien. Dit noemen we positieve terugkoppeling. Soms treedt deze terugkoppeling op zonder dat men het wenst en dan kan een 'echte' versterker ongewild gaan oscilleren. Vooral bij zeer hoge frequenties komen deze parasitaire oscillaties voor omdat een