



Inhoudsopgave

10	Terugkoppeling, oscillatoren, laagspanningsvoedingen.....	3
10.1	Wat leer je in dit hoofdstuk?	3
10.2	Terugkoppeling: twee soorten	3
10.3	Tegenkoppeling.....	3
10.3.1	Inleiding.....	3
10.3.2	Tegenkoppeling met een emitter- of sourceweerstand.....	4
10.3.3	Tegenkoppeling in gestabiliseerde voedingsschakelingen.....	5
10.4	Meekoppeling.....	7
10.5	Toegepaste meekoppeling: oscillatoren	8
10.5.1	Inleiding.....	8
10.5.2	Soorten oscillatoren.....	9
10.6	Opgaven (antwoorden in 10.7).....	12
10.6.1	Opgave 10-1.....	12
10.6.2	Opgave 10-2.....	13
10.6.3	Opgave 10-3.....	14
10.6.4	Opgave 10-4.....	15
10.6.5	Opgave 10-5.....	16
10.6.6	Opgave 10-6.....	17
10.6.7	Opgave 10-7.....	18
10.6.8	Opgave 10-8.....	19
10.6.9	Opgave 10-9.....	20
10.7	Antwoorden bij de opgaven	21
10.7.1	Uitwerking van Opgave 10-1.....	21
10.7.2	Uitwerking van Opgave 10-2.....	22
10.7.3	Uitwerking van Opgave 10-3.....	23
10.7.4	Uitwerking van Opgave 10-4.....	24
10.7.5	Uitwerking van Opgave 10-5.....	25
10.7.6	Uitwerking van Opgave 10-6.....	26
10.7.7	Uitwerking van Opgave 10-7.....	27



10.7.8	Uitwerking van Opgave 10-8.....	28
10.7.9	Uitwerking van Opgave 10-9.....	29



10 Terugkoppeling, oscillatoren, laagspanningsvoedingen

10.1 Wat leer je in dit hoofdstuk?

Dit hoofdstuk gaat over terugkoppeling en zijn toepassingen. Bij terugkoppeling onderscheiden we tegen- en meekoppeling. Ze leiden tot verschillende effecten, waarvan we een beperkt deel behandelen.

We bespreken tegenkoppeling via de emitter/source-weerstand en aan de hand van een gestabiliseerde voedingsschakeling. Bij de meekoppeling gaat het om het oscillatoren. Dat zijn schakelingen die een frequentie opwekken.

10.2 Terugkoppeling: twee soorten

Met *terugkoppeling* wordt een deel van het versterkte signaal van de versterkeruitgang teruggevoerd naar de signaalingang. Daardoor veranderen de eigenschappen van een schakeling. Er zijn twee soorten terugkoppeling:

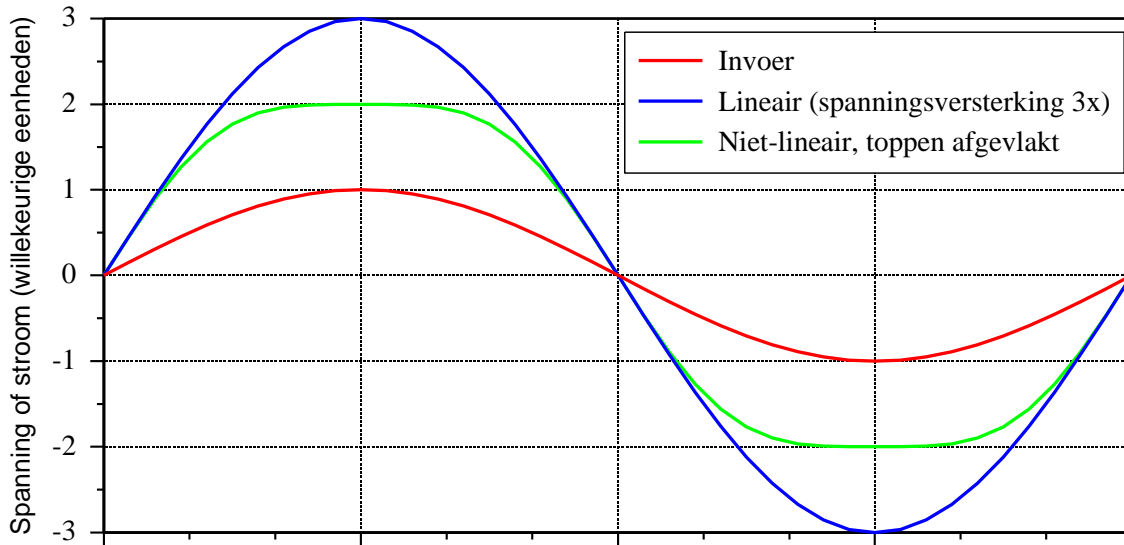
- *Negatieve terugkoppeling*. Die heet ook *tegenkoppeling*. Het teruggevoerde signaal is in tegenfase (dus 180° in fase verschoven) ten opzichte van hetingangssignaal. Bij gelijkstroomschakelingen (niet behandeld in deze versie van de cursus) is de polariteit van het teruggekoppelde signaal omgekeerd.
- *Positieve terugkoppeling*. Die heet ook *meekoppeling*. Het teruggevoerde signaal is in fase met het signaal op de ingang; bij gelijkstroom of -spanning gaat het om gelijke polariteit.

10.3 Tegenkoppeling

10.3.1 Inleiding

Het meest merkbare aan tegenkoppeling is verkleining van de versterking. Als een schakeling verschillende frequenties of amplitudes ongelijk versterkt, kan tegenkoppeling die verschillen verkleinen. Anders gezegd: tegenkoppeling kan vervorming van signaal door zogenoemde niet-lineaire versterking verminderen. Dat is de belangrijkste toepassing. De soort versterkend element doet er daarbij niet toe.

Eerst iets meer over lineair en niet-lineair. Een *lineaire versterker* versterkt alle spanningsniveaus evenveel. Een zuivere sinus aan de ingang verschijnt als een zuivere sinus aan de uitgang. Als een versterker ongelijke spanningen ongelijk versterkt, is hij *niet-lineair*. Een zuivere sinus op de ingang verschijnt dan als vervormde sinus op de uitgang. Figuur 10.3-1 toont een voorbeeld van lineair (blauwe curve) en niet-lineair (groene curve). De rode is de oorspronkelijke sinus.



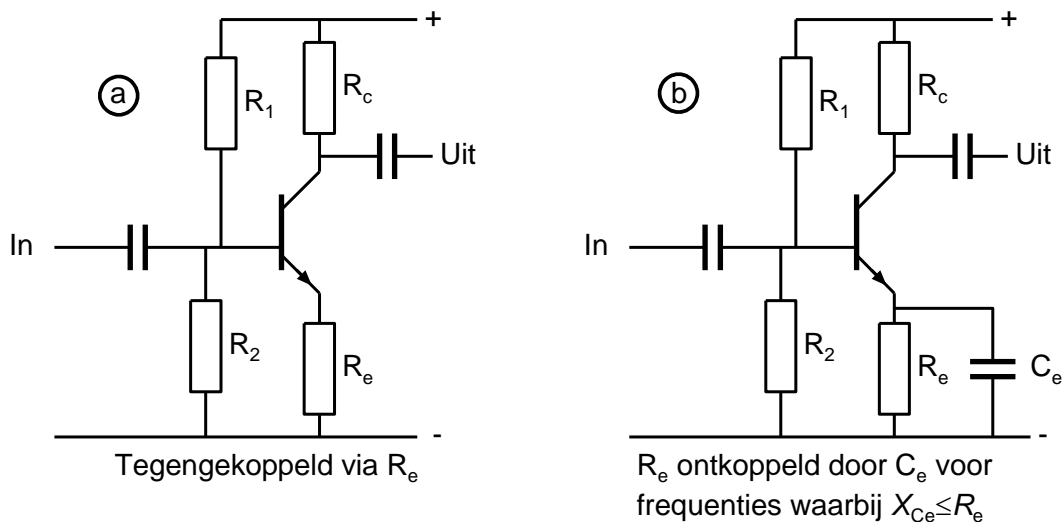
Figuur 10.3-1. Een voorbeeld van lineaire en niet-lineaire versterking. *Rood*: ingevoerde sinus. *Donkerblauw*: lineair versterkt (3x). *Groen*: Niet-lineair, toppen afgevlakt, bijvoorbeeld door te grote amplitude van het ingangssignaal.

Tegenkoppeling is niet alleen een manier om vervorming in een versterker terug te dringen, maar kan ook stabiliserend werken. We gaan van beide een voorbeeld zien:

- tegenkoppeling met een emitter- of sourceweerstand
- tegenkoppeling in een gestabiliseerde voedingsschakeling

10.3.2 Tegenkoppeling met een emitter- of sourceweerstand

Zonder dat het woord 'tegenkoppeling' is gevallen, hebben we er al kennis mee gemaakt. Dat was bij de wel en niet ontkoppelde emitter- of sourceweerstand in hoofdstuk 9. Figuur 10.3-2 toont beide met NPN-transistor.



Figuur 10.3-2. Transistorversterkerschakeling met tegenkoppeling via emitterweerstand R_e (afbeelding a) en met verminderde of vrijwel opgeheven tegenkoppeling voor frequenties waarbij $X_{C_e} \leq R_e$ (afbeelding b).

Bij een transistor met alleen een emitterweerstand (Figuur 10.3-2, plaatje a) maakt de emitterweerstand dat de emitterspanning bij alle frequenties meevarieert met de basisspanning. Eigenlijk is de emitter daardoor een tweede signaalingang geworden.

In hoofdstuk 8 van de F-cursus wordt op de emitter als signaalingang vrij uitvoerig ingegaan. Het is geen N-examenstof. Voor nu is het voldoende om te weten dat een signaal dat op de basis binnenkomt, versterkt maar in tegenfase via de collector de transistor uitkomt (foto in hoofdstuk 8) en dat een signaal op de emitter hetzelfde doet, maar in fase. Zo hebben we tegenkoppeling behandeld zonder het zo te noemen.

De emitterweerstand is in de meeste gevallen nodig om de drie elektroden (emitter, basis, collector) op hun juiste gelijkspanningen te brengen. De emitterweerstand heeft zo een dubbelfunctie en dat is niet altijd handig. De dubbelfunctie is te omzeilen door een condensator over de emitterweerstand aan te brengen. Daarmee maken we een hoogdoorlaatfilter dat merkbaar begint te werken bij de frequentie waarvoor de reactantie van de condensator gelijk is aan de emitterweerstand. Hoe hoger de frequentie, des te effectiever wordt de condensator en des te geringer de tegenkoppeling. **Die condensator heet ook wel *ontkoppelcondensator*. Hij koppelt het pad van de wisselstroom los van de weerstand die voor de gelijkstroominstelling blijft zorgen.** Dit vetgedrukte stukje is het belangrijkste om te onthouden. Figuur 10.3-2 laat beide situaties zien.

10.3.3 Tegenkoppeling in gestabiliseerde voedingsschakelingen

In hoofdstuk 7 hebben we kennis gemaakt met gelijkrichting om uit wisselspanning of -stroom gelijkspanning of -stroom te maken. We zagen daar ook hoe je met behulp van een afvlakfilter de verkregen gelijkspanning min of meer op de vlakke gelijkspanning uit een batterij kon laten lijken. Bij belasting van zulke schakelingen ontstaat echter altijd een rimpel op de gelijkspanning. Op een foto van een oscilloscoopscherm (N-hoofdstuk 7, Foto 7.4-4) was dat goed te zien. We herhalen de foto, iets bijgesneden, hieronder (Foto 10.3-1).

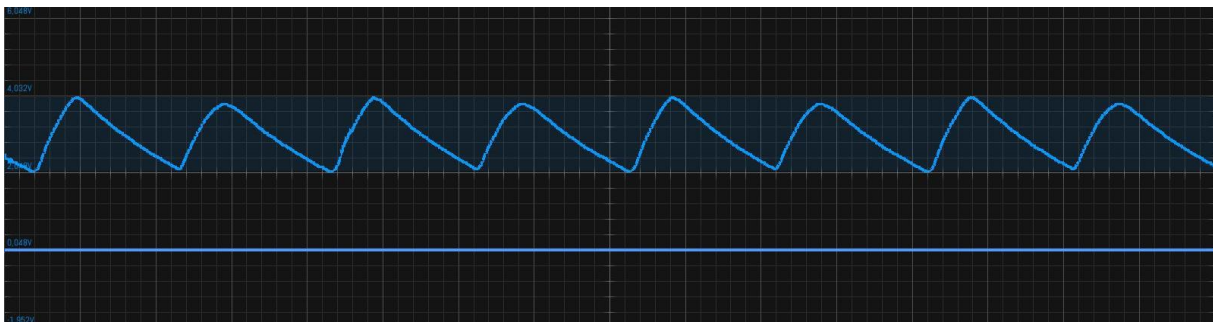
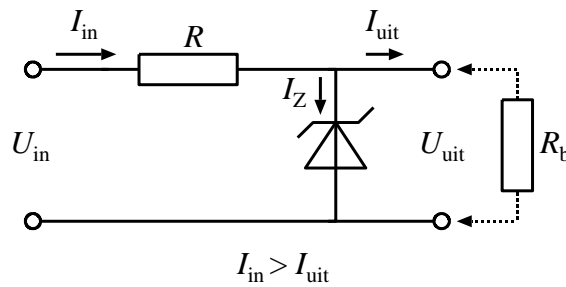


Foto 10.3-1. Rimpel op een belaste tweefasige gelijkrichtschakeling met afvlakcondensator. De rechte horizontale lijn is de nulspanning (uit hoofdstuk 7)

Met een goede afvlakschakeling met condensator, smoorspoel en weer een condensator (hoofdstuk 7) wordt de rimpel bij belasting van de schakeling een stuk kleiner, maar echt

verdwijnen doet hij pas als de belastingsstroom naar 0 gaat. Een voedingschakeling die 0 ampère levert, heeft geen nut.

In hoofdstuk 7 hebben we al gezien hoe een schakeling met een zenerdiode een redelijk nette vaste gelijkspanning kan afgeven. Figuur 10.3-3 laat zo'n schakeling nog een keer zien.

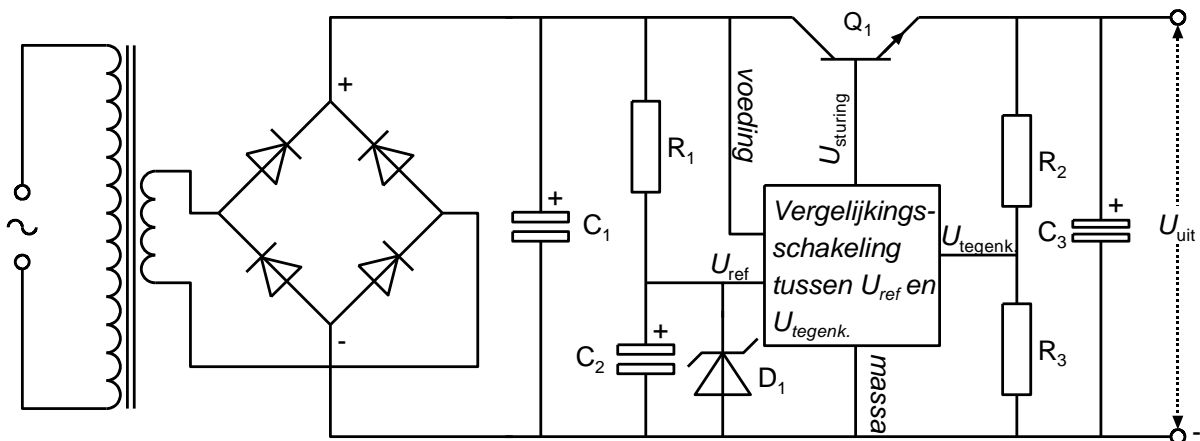


Figuur 10.3-3. Eenvoudige spanningsstabilisatie met een weerstand en een zenerdiode.

Nog een keer de werking. De stroom I_{in} wordt na de weerstand R in tweeën gesplitst. De stroom I_Z loopt door de zenerdiode, de stroom I_{uit} door de belastingsweerstand R_b . De stroom I_{uit} is groter, naarmate de belastingsweerstand R_b kleiner is. Dat betekent dat de stroom I_Z door de zenerdiode kleiner wordt. Bij een ideale zenerdiode zou dat niets uitmaken voor de spanning U_{uit} , maar zoals bij alle elektronische (en andere) onderdelen: ideaal bestaat niet. De spanning over een zenerdiode is nooit helemaal onafhankelijk van de stroom, al is de afhankelijkheid klein.

Hinderlijker is dat er een grens is aan de stroom die aan de belasting wordt geleverd. Als de stroom zo groot wordt dat de uitgangsspanning lager wordt dan de zenerspanning, doet de diode niets meer en werkt alleen de weerstand R nog.

Daar is natuurlijk wat op gevonden. De oplossing gebruikt tegenkoppeling. We zullen zo'n schakeling niet in detail behandelen, maar deels als blok, in slecht Nederlands *black box* (Figuur 10.3-4).



Figuur 10.3-4. Voedingsschakeling, gebaseerd op negatieve terugkoppeling (tegenkoppeling).



De *black box*, het blokje met het woord *vergelijkingschakeling* erin, is geen N-leerstof. De rest van de onderdelen moet gekend worden, de schakeling als geheel niet. Lees dit stuk tekst en probeer het te snappen bij wijze van oefening.

We kijken van links naar rechts. Eerst de transformator, dan de bruggelijkrichter, gevolgd door C_1 die een groot deel van de rimpel op de gelijkgerichte voedingsspanning wegwerkt.

De combinatie van R_1 , C_2 en zenerdiode D geven een vlakke referentiespanning U_{ref} die het blok van de vergelijkingsschakeling ingaat, waarover zo dadelijk meer. Eerst de NPN-vermogenstransistor Q_1 . Die moet meestal een flink vermogen kunnen “verstouwen”. De collector is verbonden met de gelijkgerichte en door C_1 afgevlakte spanning. De emitter vormt de uitgang. Om te kunnen werken, moet de emitterspanning lager zijn en blijven dan de laagste waarde van de spanning op de collector. Condensator C_1 moet groot genoeg zijn om de rimpel op de spanning daarvoor klein genoeg te houden.

Rechts van Q_1 vinden we de weerstanden R_2 en R_3 . Op hun knooppunt staat de spanning U_{tegenk} , de tegenkoppelspanning.

Nu naar de vergelijkingsschakeling. Die vergelijkt de referentiespanning U_{ref} en U_{tegenk} . Het resultaat is $U_{sturing}$ die aansluit op de basisaansluiting van Q_1 . Als bijvoorbeeld de tegenkoppelspanning U_{tegenk} lager is dan de referentiespanning U_{ref} , dan wordt de uitgangsspanning U_{uit} bijgestuurd tot U_{ref} en U_{tegenk} gelijk aan elkaar zijn. Bij een te hoge U_{tegenk} gebeurt hetzelfde, maar U_{uit} gaat in omgekeerde richting. De voedingslijn voor de vergelijker loopt links van Q_1 naar beneden.

Dit is een vorm van tegenkoppeling.

10.4 Meekoppeling

Meekoppeling of *positieve terugkoppeling* is het omgekeerde van tegenkoppeling. Ook de effecten zijn omgekeerd. Het gedrag van een schakeling met positieve terugkoppeling hangt af van het deel van het uitgangssignaal dat wordt teruggekoppeld en de frequentie(s) die het meest wordt (worden) versterkt.

Als een schakeling 10 keer versterkt en 1/10 deel van het versterkte signaal wordt (in fase) teruggevoerd naar de ingang, is de *rondgaande versterking* gelijk aan 1, want dat is de uitkomst van vermenigvuldigen met 10 en vervolgens delen door 10. Geldt voor elk getal.

Dan zou, als de signaaltoevoer wegvalt, de frequentie(s) die net die rondgaande versterking van 1x haalt/halen, zichzelf in theorie eeuwig in stand houden. Is het minder dan 1/10 deel, dan zou het signaal langzaam wegsterven, zoals bijvoorbeeld het geluid van een kerkklok.

Maar als meer dan die 1/10 in fase wordt teruggekoppeld, dan zou de schakeling een wisselspanning opwekken die in theorie almaar sterker zou worden. In werkelijkheid treden er vormen van tegenkoppeling op die de amplitude van de versterkte



wisselspanning vanzelf binnen de perken houden. Denk bijvoorbeeld aan de voedingsspanning die een harde grens stelt aan de amplitude. Er ontstaan bij oplopende amplitude meer vormen van tegenkoppeling, maar die vallen buiten de N-leerstof.

Het hier gebruikte getal 10 is willekeurig. Het verhaal geldt voor elke versterking A als $1/A$ van het signaal wordt teruggekoppeld.

Bij de oscillatoren maken we kennis met de belangrijkste toepassing van meekoppeling in de praktijk van de zendamateur.

10.5 Toegepaste meekoppeling: oscillatoren

10.5.1 Inleiding

In paragraaf 10.4 hebben we het gehad over een schakeling die A keer versterkt en $1/A$ van het versterkte signaal in fase op zijn ingang terugontvangt. Die schakeling blijft dat signaal rondpompen. Het enige dat daarbij ontbreekt, is dat de schakeling niet vanzelf start. Dat gebeurt wel als meer dan $1/A$ wordt teruggevoerd.

Het door terugkoppeling opwekken van een wisselspanning of -stroom heet *oscilleren*. Oscilleren betekent schommelen of trillen. Een schakeling die zelf elektrische trillingen opwekt, wisselspanningen en/of -stromen dus, heet *oscillator*.

Voor een oscillator zijn drie ingrediënten nodig:

- Een versterkerschakeling. Gebruikelijk is, de (vermogens)versterking van het symbool A te voorzien, zoals we daarnet al deden.
- Een terugkoppeling waarbij er een frequentie is, waarbij het teruggekoppelde signaal in fase is met het oorspronkelijke.
- Het teruggekoppelde vermogen is groter dan dat van het uitgangssignaal gedeeld door de versterking A .

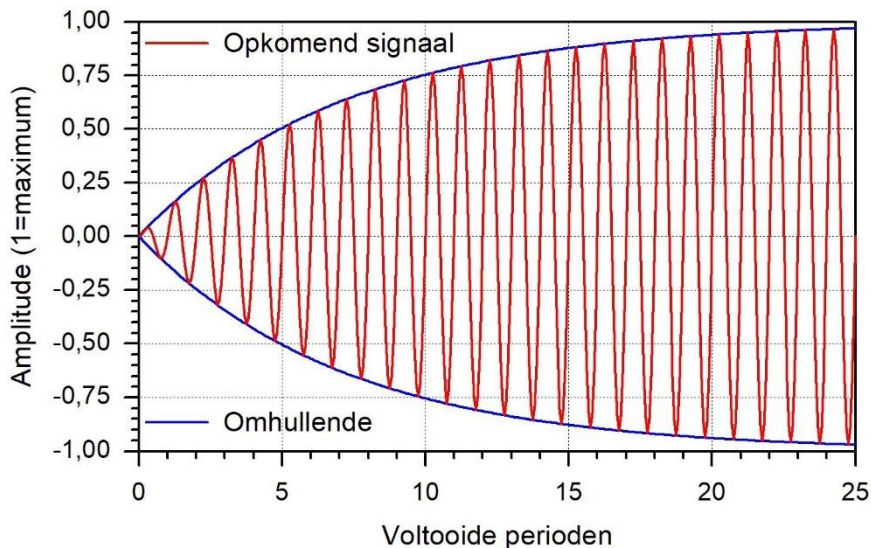
De kritische lezer zal zich misschien afvragen hoe die wisselspanning dan uit het niets kan ontstaan. Tenslotte levert alles waarmee je 0 vermenigvuldigt, het getal 0 op. Het antwoord is eenvoudig: er is geen niets. In elke schakeling is ruis. Ruis is oneindig veel frequenties bij elkaar, meestal met een amplitude van (bijna) niets. Ruisen van de zee, riet of bomen is ook een massa frequenties tegelijk, maar dan in het hoorbare frequentiegebied. In een oscillatorschakeling is één klein elektrisch 'duwtje' genoeg om het oscillatieproces op gang te brengen. Inschakelen is al genoeg.

De wisselspanning/stroom in een oscillatorschakeling groeit niet tot in eeuwigheid door. Er ontstaat, zoals eerder gezegd, vanzelf een situatie, waarbij de versterking zoveel is verminderd dat de ontstane wisselspanning/stroom zichzelf nog net in stand houdt. De rondgaande versterking, zoals dat heet, is precies 1 geworden: de uitkomst van $A * 1/A$.

Dat laatste zou je dan weer als een vorm van tegenkoppeling kunnen zien. Meestal 'trekt' een versterkend element zichzelf in een situatie waarbij de versterking vermindert. Hoe,

is geen N-leerstof. Hoofdstuk 10 van de F-cursus vertelt daar meer over, maar verwijst voor de benodigde kennis ook terug naar hoofdstuk 9 van diezelfde F-cursus.

Figuur 10.5-1 laat zien hoe een oscillator op gang komt. De amplitude nadert tot een waarde waarbij de rondgaande versterking 1 wordt.



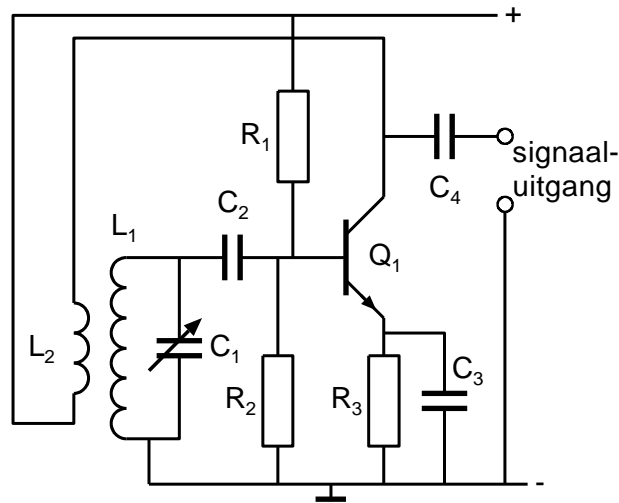
Figuur 10.5-1. Het op gang komen van een oscillator. Het inschakelpunt is links bij 0 voltooide perioden. De rode lijn is de gevormde sinus, de blauwe lijn verbindt de toppen van de sinussen. Die blauwe lijn heet ook wel de omhullende.

De sinusgolf is rood getekend. De blauwe kromme verbindt de toppen van de sinussen. Deze kromme wordt *omhullende* (Engels: *envelope*) genoemd. Met omhullenden maken we in een volgend hoofdstuk van deze cursus nader kennis als de amplitudemodulatie aan de orde komt.

10.5.2 Soorten oscillatoren

Oscillatoren met een afgestemde kring met spoel en condensator

Er zijn veel verschillende soorten oscillatoren. Ze hebben gemeenschappelijk dat ze vaste of instelbare frequenties produceren. We maken kennis met maar één soort met daarin een afgestemde kring die de frequentie bepaalt (Figuur 10.5-2)



Figuur 10.5-2. Voorbeeld van een oscillator. Een inductief teruggekoppelde afstembare oscillator met een NPN-transistor als versterkend element.

We lopen puntsgewijs de schakeling na.

- De basis van Q1 is de signaalingang. De basisspanning wordt voornamelijk bepaald door R_1 en R_2 en de emitterweerstand R_3 .
- De frequentie wordt bepaald door de afgestemde kring met spoel L_1 en condensator C_1 . C_1 is variabel, zodat de kring als geheel afstembaar is.
- C_2 scheidt de gelijkspanning op de basis van Q_1 met L_1 die geleidend verbonden is met 0 V. De collectorstroom van Q_1 loopt via L_2 . Ook het uitgangssignaal van Q_1 volgt deze route.
- Omdat L_2 inductief is gekoppeld met L_1 , komt een deel van het uitgangssignaal weer terug op de ingang. Als L_1 en L_2 in de juiste richtingen zijn gewikkeld, komt het signaal dat aan L_2 wordt aangeboden in tegenfase terug op de basis.
- Foutje?? Nee, want de transistor keert zelf de fase ook om, zagen we in hoofdstuk 8. Een dubbele omkering is geen omkering, ofwel twee keer tegenfase achtereen is meefase.
- Daarmee oscilleert de zaak. Cruciaal is de tegenkoppeling van de emitterweerstand R_3 door middel van condensator C_3 . Daarzonder zou de versterking van de transistorschakeling mogelijk te laag zijn.

Een schakeling als deze, met een LC-kring, heet ook wel *vrijlopende oscillator*. Hij moet met enige voorzorg worden gebouwd om voldoende frequentiestabiliteit te verkrijgen. Meestal is de frequentie die door zo'n schakeling wordt geleverd, temperatuurafhankelijk en dan kan het soms een tijdje duren tot de frequentie redelijk stabiel is. Het bouwen van een frequentiestabiele LC-oscillator zou je met enig recht een vak apart kunnen noemen.

Kristaloscillatoren

Een zeer stabiele frequentie wordt geleverd door een kristaloscillator. Daarin is de LC-kring vervangen door een plaatje kwartskristal in een houdertje. Kwarts is een algemeen

mineraal. Wie wel eens bergkristal heeft gezien, heeft een kwartskristal gezien. Ons Nederlandse zand bestaat grotendeels uit kwarts.

Een plaatje kwartskristal buigt een beetje door als er van één kant druk op komt. Niks gek, zou je zeggen. Dat is ook zo. Maar bijzonder is, dat het plaatje dan aan één kant elektrisch positief wordt en de andere kant negatief. Nog bijzonderder is, dat het effect omkeerbaar is. Als over het plaatje een spanning wordt gezet, buigt het plaatje onder invloed van die spanning. Stel je daar geen zichtbare kromming bij voor: de grootte is in de orde van enkele nanometers (10^{-9} m). Als zo'n plaatje trilt, blijkt het in een nagenoeg vaste frequentie te trillen. Opgenomen in een oscillatorschakeling, gedraagt het zich als een uiterst stabiele LC-kring. Zulke kristalplaatjes zijn verkrijgbaar voor allerhande frequenties. **Te onthouden: een kwartsooscillator geeft een zeer stabiele frequentie, maar is als gevolg van het eigen trillingsgetal van het kristal nauwelijks verstembbaar.**

Een kwartsooscillator is door zijn eigenschappen het tegendeel van de vrijlopende oscillator met L en C die we eerder hebben besproken. Foto 10.5-1 toont 5 kristallen met op de behuizing van 4 daarvan de frequentie.

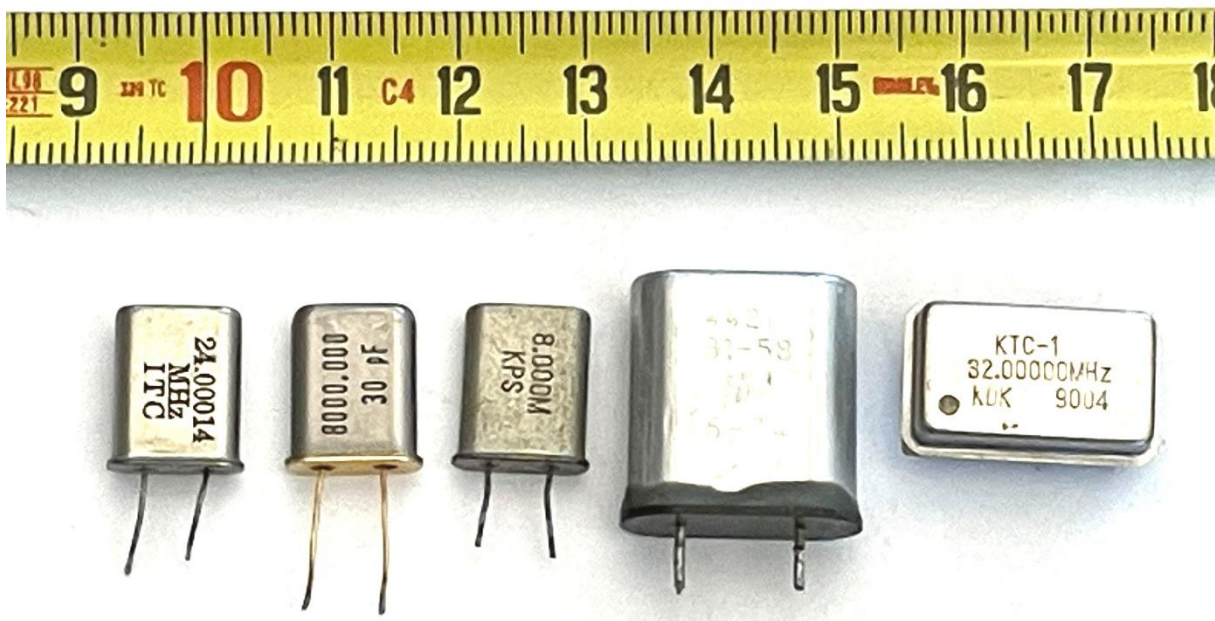


Foto 10.5-1. Enkele uitvoeringen van kristallen. Op één staat een capaciteit aangegeven; dat is die van de houder. 4 van de 5 tonen de frequentie; bij de grote houder staat die op de bovenkant.

Figuur 10.5-3 toont twee gebruikelijke schemasymbolen voor kwartskristallen.



Figuur 10.5-3. Schemasymbolen voor een kwartskristal.




10.6 Opgaven (antwoorden in 10.7)

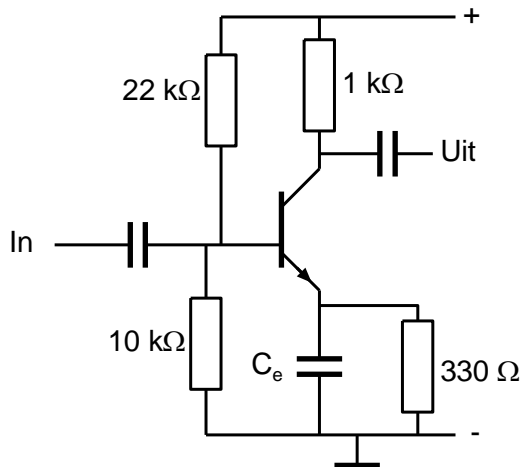
10.6.1 Opgave 10-1.

Tegenkoppeling in een versterkerschakeling leidt in het algemeen tot

- A. Vergroting van de versterking
- B. Verkleining van de versterking
- C. Meer vervorming
- D. Oscillatie

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

10.6.2 Opgave 10-2.



Bij welke reactantie van C_e ontstaat de sterkste tegenkoppeling?

- A. 100 Ω
- B. 330 Ω
- C. 1 k Ω
- D. 10 k Ω

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking






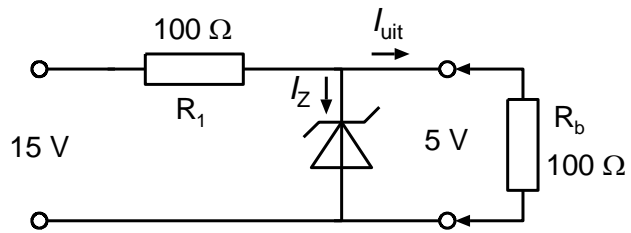
10.6.3 Opgave 10-3.

Een parallel aan een condensator geschakelde sourceweerstand heeft het effect van een

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Laagdoorlaatfilter
- C. Bandfilter
- D. Geen van deze effecten

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

10.6.4 Opgave 10-4.



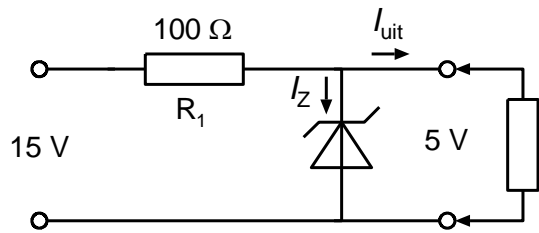
De stroom door weerstand R_1 bedraagt:

- A. 1 mA
- B. 10 mA
- C. 100 mA
- D. 1 A

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking



10.6.5 Opgave 10-5



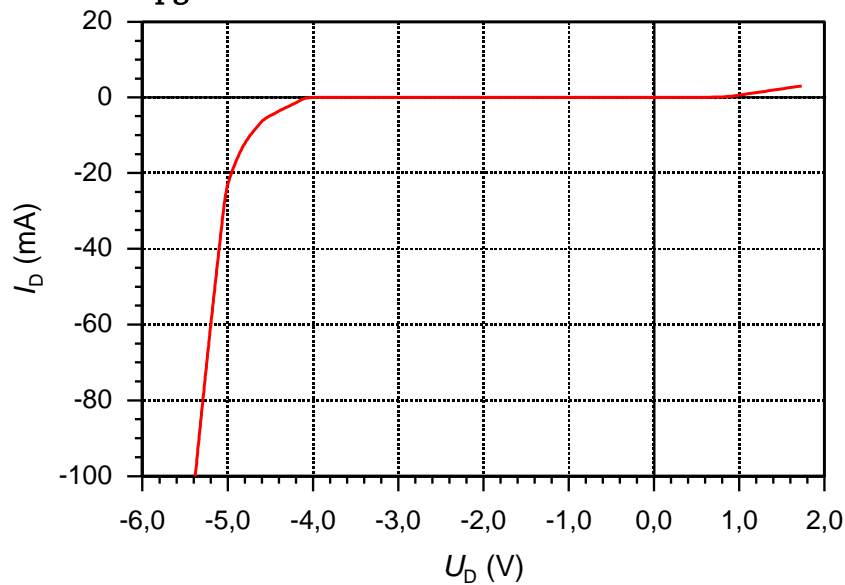
De zenerdiode heeft om de juiste spanning te leveren, 20 mA nodig. Wat is de hoogste stroom waarmee deze schakeling kan worden belast?

- A. 1 mA
- B. 80 mA
- C. 20 mA
- D. 980 mA

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




10.6.6 Opgave 10-6.

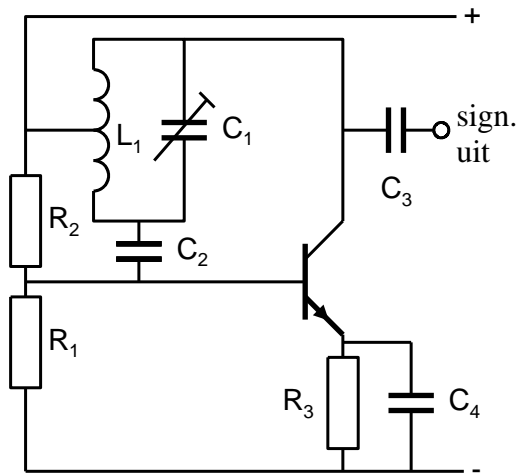


De zenerdiode waarvan de doorlaatkarakteristiek hierboven is afgebeeld, levert de referentiespanning in een gestabiliseerde en tegengekoppelde voeding, ongeveer volgens Figuur 10.3-4 (de figuur opzoeken is onnodig). Om de spanning over de diode precies op 5 volt te brengen, moet de stroom door de diode (let niet op de mintekens) ongeveer zijn:

- A. 75 mA
- B. 50 mA
- C. 25 mA
- D. 10 mA

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

10.6.7 Opgave 10-7



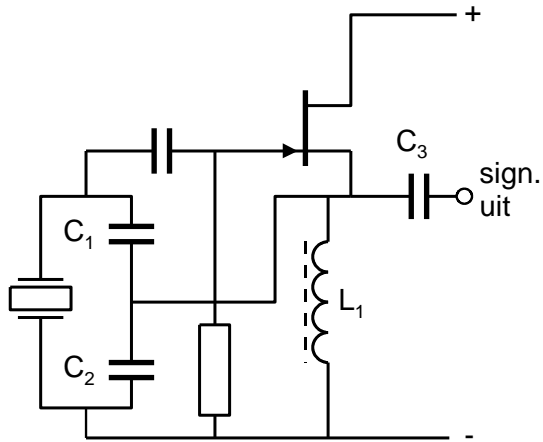
Deze schakeling stelt voor een

- A. Versterker
- B. Een ding dat niet kan werken
- C. Oscillator
- D. Vergelijkingschakeling

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking




10.6.8 Opgave 10-8



In deze schakeling zitten onder meer de volgende onderdelen:

- A. Transistor, spoel en weerstand
- B. Transistor, condensator en kristal
- C. FET, transformator en weerstand
- D. FET, kristal en weerstand


Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 



10.6.9 Opgave 10-9

Welke van de volgende stellingen is juist:

- A. Een kwartsoscillator heeft van nature een zeer stabiele frequentie en is zeer beperkt verstembaar
- B. Een vrijlopende oscillator (met LC-kring) heeft in vergelijking met een kwartsoscillator een zeer stabiele frequentie en is ruim verstembaar
- C. Een kwartsoscillator is in vergelijking met een vrijlopende oscillator (met LC-kring) ruim verstembaar
- D. Een vrijlopende oscillator (met LC-kring) heeft van nature een zeer stabiele frequentie en is zeer beperkt verstembaar

Antwoord gevonden? Naar de uitwerking 

10.7 Antwoorden bij de opgaven

10.7.1 Uitwerking van Opgave 10-1.

Tegenkoppeling in een versterkerschakeling leidt in het algemeen tot

- A. Vergroting van de versterking
- B. Verkleining van de versterking**
- C. Meer vervorming
- D. Oscillatie

Uitwerking

Tegenkoppeling is het in tegenfase terugvoeren van een deel van een versterkt signaal naar de signaalingang. Daardoor wordt de versterking verminderd en meestal de vervorming verkleind. Voor oscillatie moet onder meer een deel van het versterkte signaal **in fase** naar de ingang worden teruggevoerd en niet in tegenfase. Antwoord B.

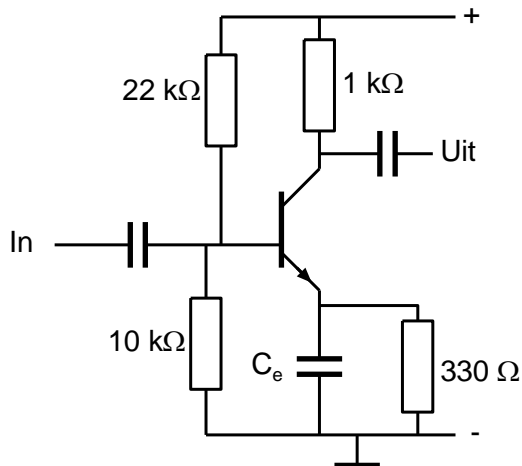


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.2 Uitwerking van Opgave 10-2.



Bij welke reactantie van C_e ontstaat de sterkste tegenkoppeling?

- A. 100 Ω
- B. 330 Ω
- C. 1 k Ω
- D. 10 k Ω

Uitwerking

Om zoveel mogelijk tegenkoppeling te krijgen, moet de impedantie aan de emitter van de transistor zo hoog mogelijk zijn. De weerstand van 330 Ω geeft zonder parallel geschakelde condensator de grootste tegenkoppeling. Parallel schakelen van een condensator geeft vermindering van de tegenkoppeling. Die vermindering is het kleinst als de reactantie van de condensator zo hoog mogelijk is. Dat komt neer op antwoord D.

Opmerking

Voor tegenkoppeling via de sourceweerstand van een FET geldt precies hetzelfde verhaal.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.3 Uitwerking van Opgave 10-3.

Een parallel met een condensator geschakelde sourceweerstand heeft het effect van een

- A. Hoogdoorlaatfilter
- B. Laagdoorlaatfilter
- C. Bandfilter
- D. Geen van deze effecten

Uitwerking

Ze hebben het effect van een hoogdoorlaatfilter. Hoe kleiner de reactantie van de condensator, dus hoe hoger de frequentie, des te kleiner is de impedantie aan de sourceweerstand en des te hoger de versterking van de totale schakeling. Hetzelfde geldt voor een parallel geschakelde emitterweerstand en condensator.

Antwoord A.

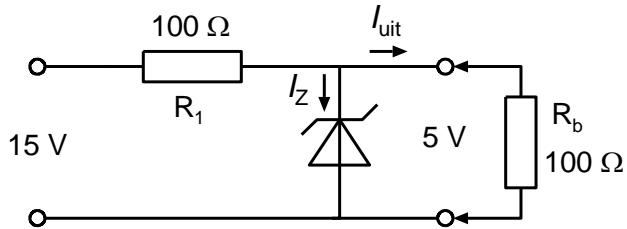


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.4 Uitwerking van Opgave 10-4.



De stroom door weerstand R_1 bedraagt:

- A. 1 mA
- B. 10 mA
- C. 100 mA
- D. 1 A

Uitwerking

Over R_1 staat 15 V min 5 V is 10 V. De stroom I door deze weerstand van 100 ohm bereken je volgens de wet van Ohm zo: $I = U/R = 10/100 \text{ A} = 0,1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$.

Antwoord C.

Opmerking

De zenerspanning is in dit type schakeling gelijk aan de uitgangsspanning, dus 5 V. Er is geen tegenkoppeling aanwezig.

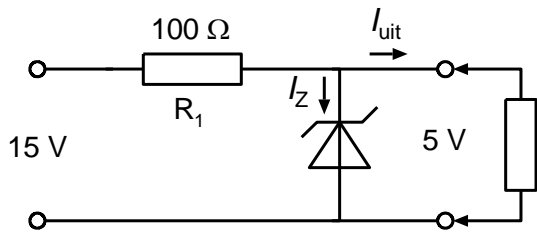


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.5 Uitwerking van Opgave 10-5



De zenerdiode heeft om de juiste spanning te leveren, 20 mA nodig. Wat is de hoogste stroom waarmee deze schakeling kan worden belast?

- A. 1 mA
- B. 80 mA**
- C. 20 mA
- D. 980 mA

Uitwerking

In de vorige opgave berekenden we de stroom door R_1 op 100 mA. Voor wie de opgaven niet in volgorde maakt, nog even de uitwerking daarvan. Over $R_1 = 100 \Omega$ staat 15 V min 5 V is 10 V. 10 V over een weerstand van 100Ω leidt tot 100 mA.

Van die 100 mA gaat 20 mA de zenerdiode in, zodat er volgens Kirchoff 80 mA overblijft voor de belasting. Antwoord B.

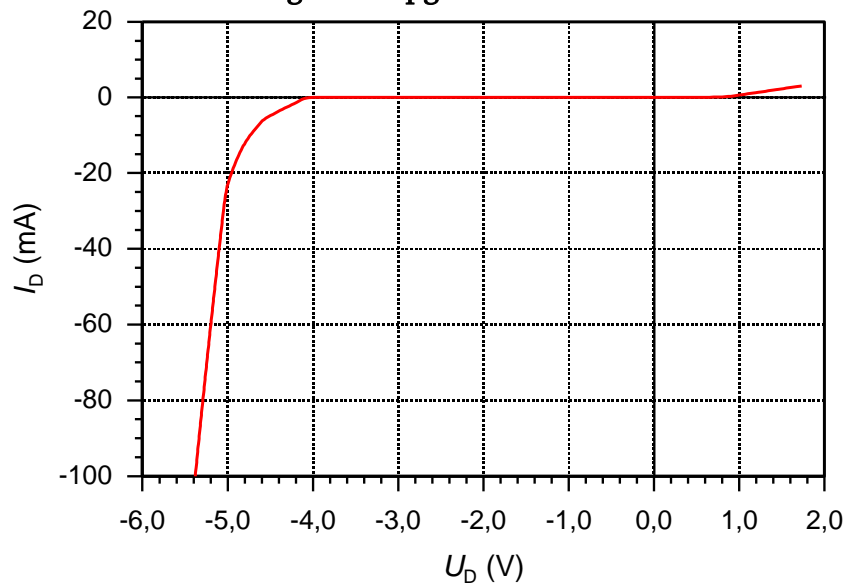


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.6 Uitwerking van Opgave 10-6.



De zenerdiode waarvan de doorlaatkarakteristiek hierboven is afgebeeld, levert de referentiespanning in een gestabiliseerde en tegengekoppelde voeding, ongeveer volgens Figuur 10.3-4 (de figuur opzoeken is onnodig). Om de spanning over de diode precies op 5 volt te brengen, moet de stroom door de diode (let niet op de mintekens) ongeveer zijn:

- A. 75 mA
- B. 50 mA
- C. 25 mA**
- D. 10 mA

Uitwerking

Ga van het punt -5,0 op de horizontale as recht omhoog tot deze de rode grafiek kruist. Ga naar links en lees de verticale as af. Dat is iets onder het punt van (min) 20 mA, dus ongeveer 25 mA. Antwoord C.

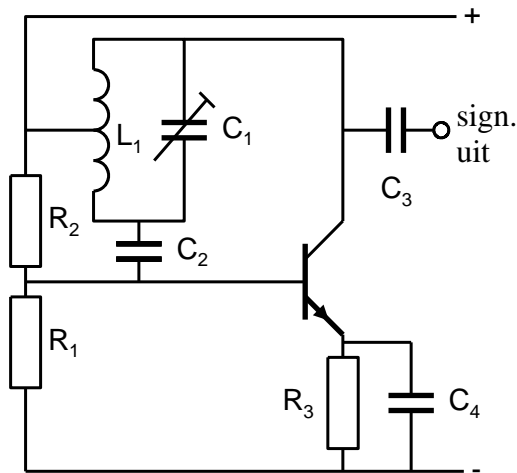


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.7 Uitwerking van Opgave 10-7



Deze schakeling stelt voor een

- A. Versterker
- B. Ding dat niet kan werken
- C. Oscillator**
- D. Vergelijkingsschakeling

Uitwerking

We zien alleen een signaaluitgang, geen -ingang. Een versterkerschakeling heeft een ingang en een uitgang, een vergelijkingsschakeling zelfs twee ingangen. Daarvan is hier geen sprake, dus die twee vallen af.

Wel zien we een afgestemde kring (L_1 en C_1) die vanaf de collector terugkoppelt naar de ingang. De collector wordt via de spoel gevoed, want die is in het midden verbonden met de plus van de voeding. Dat is een constante spanning, waardoor het signaal op het ene uiteinde van de spoel in tegenfase is met dat op het andere. Het lijkt wat op de wipwap in een speeltuin: het ene uiteinde omhoog, het andere omlaag. Het signaal op de basis is in tegenfase met dat op de collector. Dat gaat via de wipwap nog een keer op de kop zodat het weer in meefase op de basis terugkomt via C_2 . Meekoppeling dus. Conclusie: een oscillator; antwoord C. Voor de kenners onder ons: een Hartley-oscillator.

Antwoord C.

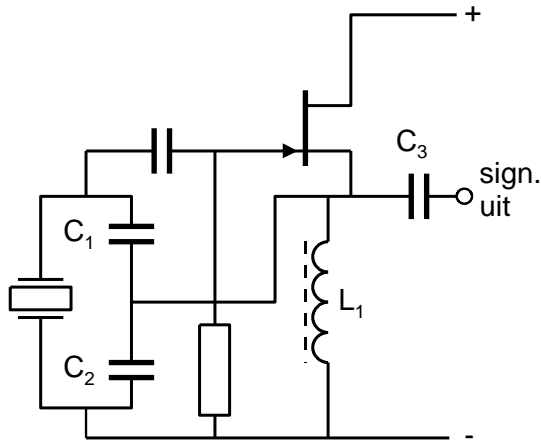


Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave



10.7.8 Uitwerking van Opgave 10-8



In deze schakeling zitten onder meer de volgende onderdelen:

- A. Bipolaire transistor, spoel en weerstand
- B. Bipolaire transistor, condensator en kristal
- C. FET, transformator en weerstand
- D. FET, kristal en weerstand**

Uitwerking

In de schakeling zit een FET als versterkend element; daarmee vallen de antwoorden A en B af. Er zit geen transformator in (wel een smoorspoel, maar die wordt niet gevraagd), waarmee antwoord C afvalt. De FET, het kristal en de weerstand van antwoord D zitten er alle drie in.

Antwoord D.



Terug naar de opgave

Naar de volgende opgave





10.7.9 Uitwerking van Opgave 10-9

Welke van de volgende stellingen is juist:

- A. Een kristaloscillator heeft van nature een zeer stabiele frequentie en is zeer beperkt verstembaar
- B. Een vrijlopende oscillator (met LC-kring) heeft in vergelijking met een kristaloscillator een zeer stabiele frequentie en is ruim verstembaar
- C. Een kristaloscillator is in vergelijking met een vrijlopende oscillator (met LC-kring) ruim verstembaar
- D. Een vrijlopende oscillator (met LC-kring) heeft van nature een zeer stabiele frequentie en is zeer beperkt verstembaar

Uitwerking

Van beide typen oscillatoren is de kristaloscillator veruit het meest stabiel van frequentie en het slechtst te verstemmen. Dat komt neer op antwoord A.



Terug naar de opgave