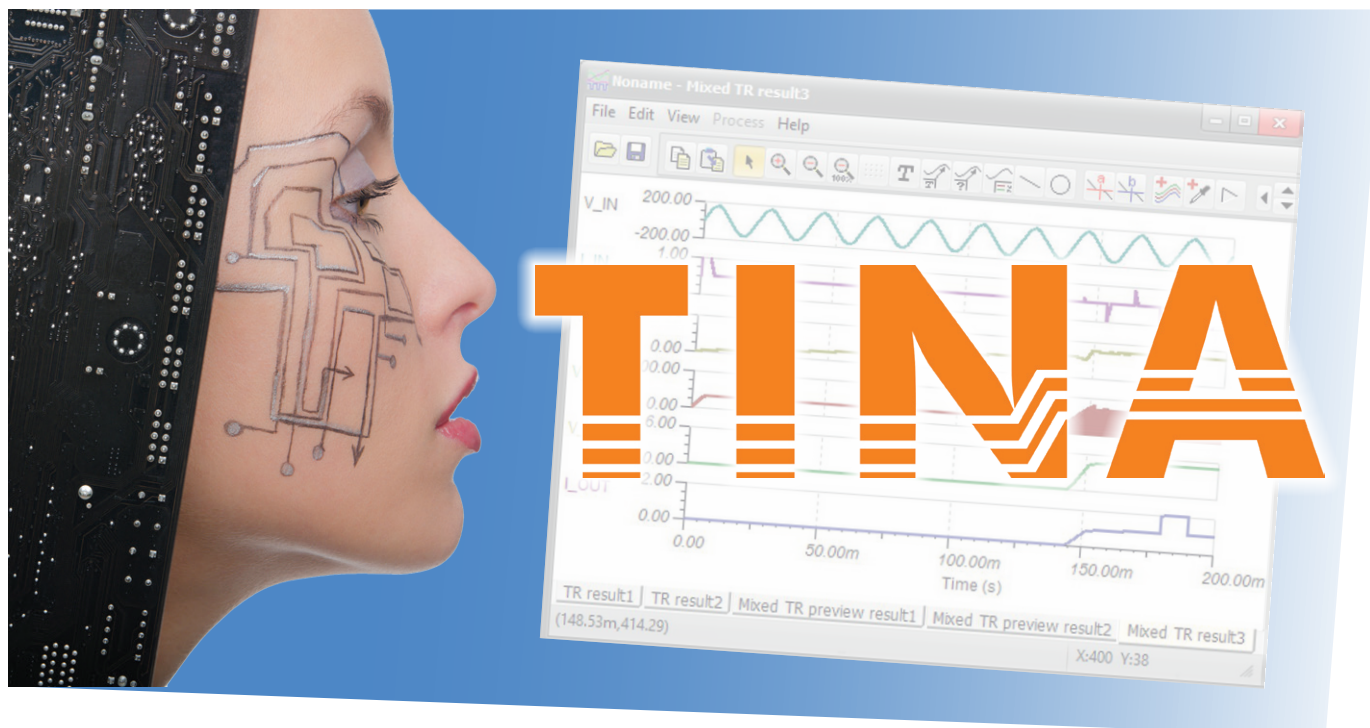




Schakelingen simuleren met **TINA Design Suite & TINACloud** voorbeeldhoofdstuk: sinusoscillatoren

Dogan Ibrahim (Verenigd Koninkrijk)

Naar verluidt is een van de beste eigenschappen van TINA dat een gesimuleerde schakeling eenvoudig op een print kan worden geïmplementeerd via autoplacement en autorouting. Gebruikers kunnen ook de Gerber-plot- en CNC-booropties van TINA gebruiken om een prototype van hun projecten te ontwerpen en te implementeren (en daarvan te leren). Dat is zeker “geweldig”, maar voordat er een print kan komen, moet je eerst de elementaire simulatietechnieken onder de knie hebben. Hier is een up-tempo inleiding tot TINA die je niet mag missen en die je op je PC kunt doen.

Een sinusoscillator bestaat uit een versterker en een terugkoppelnets (figuur 1). Voor een werkende oscillator moet aan de volgende twee voorwaarden voldaan zijn:

- de lusversterking ($A \times B$) in figuur 1 moet groter zijn dan of gelijk zijn aan één;
- de totale rondgaande faseverschuiving moet 0° of 360° bedragen.

In dit hoofdstuk simuleren we enkele oscillatorschakelingen op basis van opamps.

Simulatie 1: faseverschuivingsoscillator

Deze wordt ook wel de RC-oscillator genoemd. Elk RC-paar introduceert een faseverschuiving van 60° . We gebruiken hier drie weerstanden en condensatoren om een faseverschuiving van 180° in de terugkoppellus te introduceren.

De totale faseverschuiving van de lus is zodoende 0° – een vereiste voor oscillatie.

TINA-schema

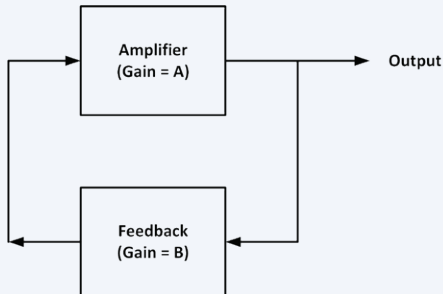
Figuur 2 toont het schema. Het RC-netwerk is aangesloten op de inverterende ingang van de opamp. Ervan uitgaande dat de weerstanden en condensatoren gelijk zijn, is de eis dat de spanningsversterking (gain) van de versterker groter dan of gelijk aan 29 moet zijn, dus:

$$\text{Gain} = \frac{R_f}{R} \geq 29$$

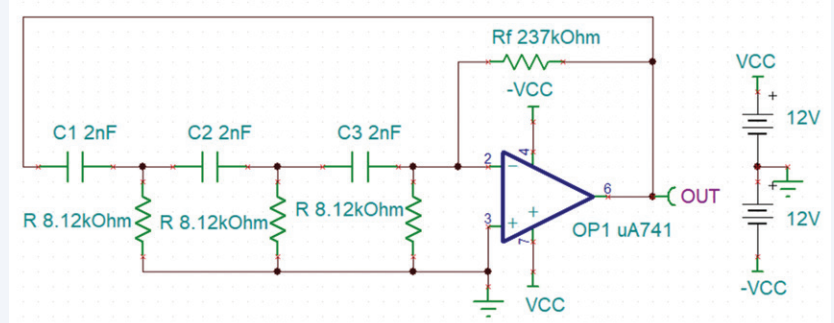
De oscillatiefrequentie wordt gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

Opmerking van de redactie: dit artikel is een deel uit het 440 pagina's tellende boek *Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud* (Elektor 2022) dat we enigszins hebben bewerkt om te voldoen aan de redactionele standaarden en paginaopmaak van Elektor Magazine. Omdat het een gedeelte is van een grotere publicatie, verwijzen sommige aanduidingen in dit artikel naar passages elders in het origineel. Auteur en uitgever hebben hun best gedaan om dat te voorkomen, en zijn graag bereid om eventuele vragen te beantwoorden. Contactgegevens staan in het kader **Vragen of opmerkingen?**



Figuur 1. Principe van een oscillator.



Figuur 2. Schema.

In dit voorbeeld willen we een frequentie van 4 kHz. Als we $C = 2 \text{ nF}$ kiezen, kunnen we de bijbehorende waarde van R afleiden uit:

$$R = \frac{1}{2\pi f C \sqrt{6}} = \frac{1}{2\pi \times 4 \times 10^3 \times 2 \times 10^{-9} \times \sqrt{6}}$$

wat $R = 8,12 \text{ k}\Omega$ oplevert. Vervolgens schrijven we

$$\frac{R_f}{R} \geq 29$$

en kiezen we $R_f = 237 \text{ k}\Omega$. In dit project wordt een opamp van het type UA741 gebruikt. De TINA-schakeling is beschikbaar als bestand *sim9* (zie aan het einde van dit artikel).

TINA-simulatie

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel de tijdbasis (Time/div) in op 100u;
- controleer de uitgangsgolfvorm (**figuur 3**). De periode-duur bedraagt 250 μs , corresponderend met 4 kHz. Let op de onregelmatigheid in de uitgangsgolfvorm op de oscilloscoop. Deze kan worden gesynchroniseerd om een stabiel beeld te krijgen. Selecteer hiervoor *Normal* onder *Mode* en *synchronising signal* onder *Source*. Het kan ook nodig zijn om het (trigger-)niveau in te stellen.

Simulatie 2: Wienbrug-oscillator

Dit is een van de eenvoudigste sinusoscillatoren. De Wienbrug-oscillator is een tweetraps RC-gekoppelde schakeling die goed stabiel is bij zijn resonantiefrequentie, een lage vervorming heeft en zeer gemakkelijk afgestemd kan worden. Het is daarom een populaire schakeling voor audiofrequenties.

De schakeling maakt gebruik van een RC-seriekring plus een RC-parallelkring. De faseverschuiving van de schakeling is 0° bij de resonantiefrequentie, en de schakeling is aangesloten op de positieve ingang van de opamp zodat de totale faseverschuiving

0° bedraagt. Doorgaans wordt een niet-inverterende versterker-configuratie gebruikt.

De oscillatievoorwaarde is dat de spanningsversterking groter dan of gelijk aan 3 moet zijn.

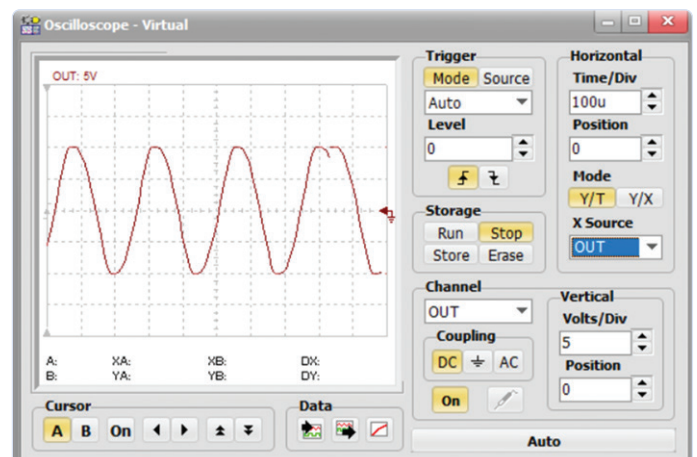
Aannemend dat gelijke weerstanden en condensatoren worden gebruikt, wordt de oscillatiefrequentie gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

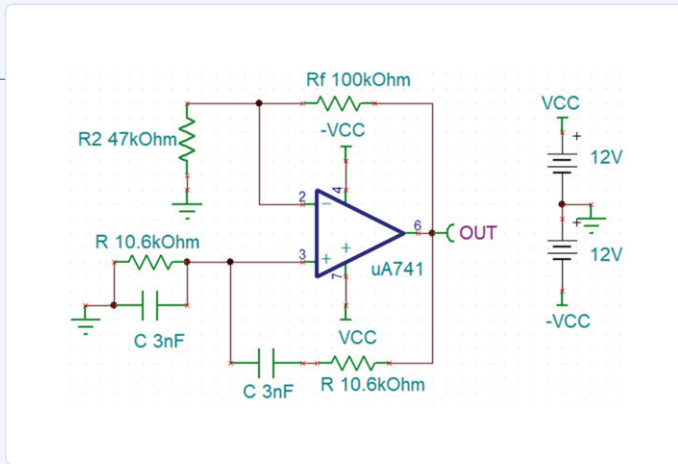
In dit voorbeeld willen we een frequentie van 5 kHz. Als we $C = 3 \text{ nF}$ kiezen, kunnen we de corresponderende waarde van R vinden met:

$$R = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-9}}$$

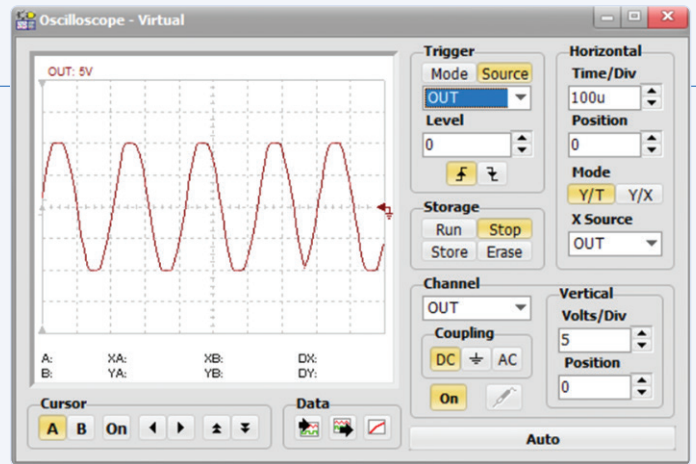
Dit levert $R = 10,6 \text{ k}\Omega$.



Figuur 3. Uitgangsgolfvorm.



Figuur 4. Schema.



Figuur 5. Uitgangsgolfvorm.

Om aan de oscillatievoorwaarde te voldoen, moet in dit geval (niet-inverterende versterker, zie **figuur 4**):

$$Gain = 1 + \frac{R_f}{R_2}$$

Als we $R_f = 100 \text{ k}\Omega$ kiezen:

$$1 + \frac{R_f}{R_2} \geq 3$$

Dat resulteert in:

$$R_2 = \frac{R_f}{3-1} \leq 50 \text{ k}\Omega$$

Voor R_2 kiezen we $47 \text{ k}\Omega$.

TINA-schema

In figuur 4 is het schema weergegeven. De terugkoppeling gaat naar de niet-inverterende ingang van de opamp; de versterking wordt ingesteld met R_f en R_2 . Hier gebruiken we weer een opamp van het type UA741. De schakeling is beschikbaar als bestand *sim10*.

TINA-simulatie

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel Time/div in op 100μs;
- controleer de uitgangsgolfvorm (**figuur 5**). De periodeduur is 200 μs, corresponderend met 5 kHz.

Simulatie 3: Colpitts-oscillator

De Colpitts-oscillator gebruikt een capacitief spanningsdeler-netwerk voor de terugkoppeling. Twee condensatoren (C_1 en C_2) worden aan weerszijden van een gemeenschappelijke spoel L geplaatst, zodat C_1 , C_2 en L een afgestemde kring vormen. De terugkoppeling voert normaliter naar de min-ingang. C_1 , C_2 en L zorgen voor de extra 180° faseverschuiving die nodig is om de totale faseverschuiving 0° te maken.

De oscillatiefrequentie wordt gegeven door:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

Hierin is C_T de serieschakeling van C_1 en C_2 is, dus:

$$C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

De mate van terugkoppeling hangt af van de waarden van C_1 en C_2 . Door deze condensatoren te wijzigen, kunnen we dus de naar de resonantiekering teruggekoppelde spanning aanpassen. De verhouding van C_1 en C_2 is de terugkoppelverhouding B :

$$B = C_1/C_2$$

Voor oscillatie geldt $AB \geq 1$, waarbij A de versterking van de opamp is. Anders uitgedrukt: $A \geq C_2/C_1$.

In dit voorbeeld wensen we een frequentie van 10 kHz. Als we $L = 10 \text{ mH}$ kiezen, kunnen we de terugkoppelverhouding vinden uit:

$$C_T = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \times 10^8 \times 10 \times 10^{-3}}$$

wat 25,3 nF oplevert.

De keuze van $C_2 = 250 \text{ nF}$ geeft $C_1 = 28,15 \text{ nF}$, wat overeenkomt met een terugkoppelverhouding van $B = C_2/C_1 = 250/28,15 = 8,88$. We kunnen voor de versterkingsfactor dus ongeveer 10 nemen (zie **figuur 6**), wat resulteert in:

$$Gain = \frac{R_f}{R_1} = 10$$

Als we $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$ kiezen, is $R_f = 50 \text{ k}\Omega$.

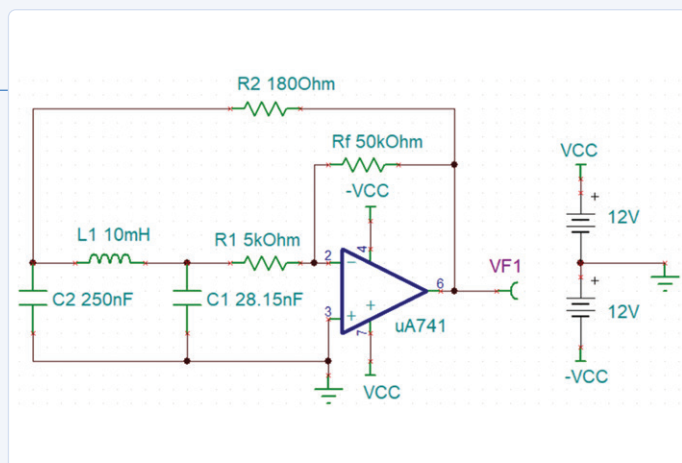
TINA-schema

Figuur 6 toont het schema. Het terugkoppelnetswerk is verbonden met de inverterende ingang van de opamp; de versterking wordt ingesteld met R_f en R_1 . Weer gebruiken we een opamp van het type UA741. De schakeling is beschikbaar als bestand *sim11*.

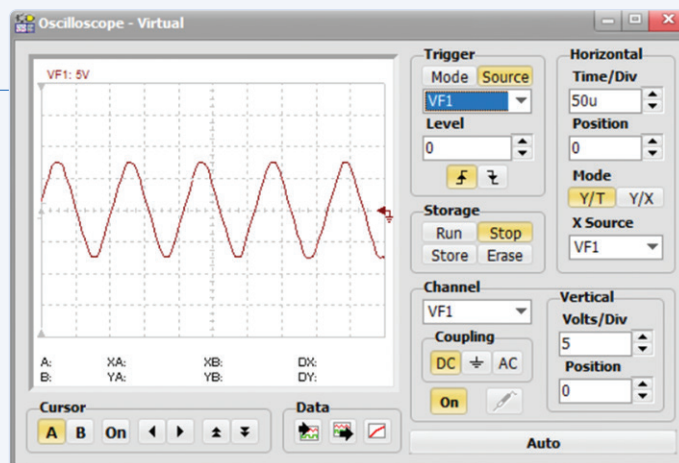
TINA-simulatie

De stappen om de simulatie uit te voeren, zijn:

- klik op T&M -> Oscilloscope en Run. Stel Time/div in op 50μs;
- controleer de uitgangsgolfvorm (**figuur 7**). De periode bedraagt 100 μs (100μs), corresponderend met 10 kHz.



Figuur 6. Schema.



Figuur 7. Uitgangsgolfvorm.

Waar verkrijgbaar?

De TINA-simulatiebestanden die in dit artikel worden genoemd zijn opgenomen in de softwarebundel die door de auteur en DesignSoft is uitgebracht ter ondersteuning van het boek. De software kan gratis worden gedownload. Ga naar [1], scroll omlaag naar Downloads en klik op deze bestandsnaam:

Contents_Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud

Sla het ZIP-archief bestand lokaal op (2,45 MB) en pak het dan uit. Open jouw versie van TINA en laad de bestanden *sim9*, *sim10*, *sim11* die in dit artikel zijn genoemd. Voel je vrij om ze aan te passen voor eigen doeleinden. ◀

Aanbieding (geldt beperkte tijd): Het TINA-boek wordt geleverd met een gratis eenjarige licentie van TINA Cloud Basic Edition

220025-03

Een bijdrage van

Tekst en illustraties: Dogan Ibrahim

Redactie: Jan Buiting

Vertaling: Eric Bogers

Layout: Giel Dols

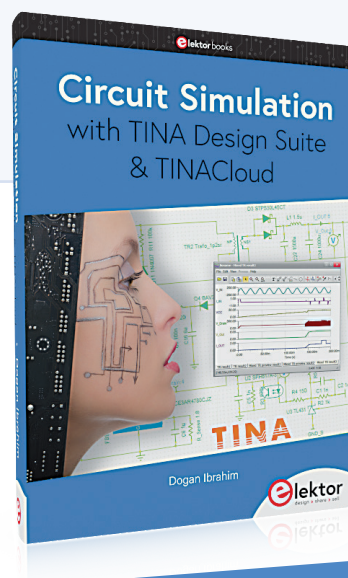
Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via d.ibrahim@btinternet.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



GERELATEERDE PRODUCTEN

- **Boek: D. Ibrahim, Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud (SKU 19977)**
www.elektor.nl/19977
- **E-boek: D. Ibrahim, Circuit Simulation with TINA Design Suite & TINACloud (SKU 19978)**
www.elektor.nl/19978



GRATIS! Beide publicaties worden geleverd met een eenjarige licentie van TINACloud Basic Edition. (Aanbieding geldt beperkte tijd)

WEBLINK

[1] Downloads en informatie bij het boek: www.elektor.com/circuit-simulation-with-tina-design-suite-tinacloud