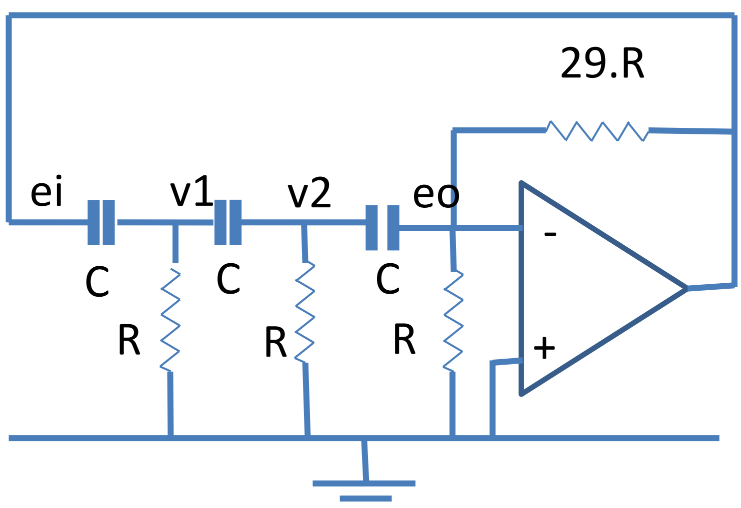
1 Contents

2 De “phase-shift oscillator”

2.1 Blokschema phase-shift oscillator



2.2 Opstellen van de vergelijkingen

In ieder knooppunt is de som van de stromen gelijk aan 0.
De stroom is gelijk aan het verschil tussen twee knooppunten gedeeld door de impedantie tussen deze knooppunten.

Vermits de laatste stroom in de versterker gaat (Opamp) en de uitgaande stroom van de versterker 180° gedraaid is moet $i1$ het tegenovergestelde teken hebben dan io (ook al is deze stroom bijzonder klein en verwaarloosbaar).

We kunnen de volgende vergelijkingen opstellen mits toepassing van de knooppunten vergelijking.

$-i1 = (ei - v1)Cs$ of

$-i1 = ei.Cs - v1.Cs$ (1)

$0 = \frac{v1}{R} + (v1 - ei).Cs + (v1 - v2).Cs$ of

$0 = -ei.Cs + v1\left(\frac{1}{R} + Cs + Cs\right) - v2.Cs$ (2)

$0 = \frac{v2}{R} + (v2 - v1).Cs + (v2 - e0).Cs\ of$

$0 = -v1.Cs + v2\left(\frac{1}{R} + Cs + Cs\right) - e0$ (3)

$0 = \frac{eo}{R} + (eo - v2).Cs$ of

$0 = eo\left(\frac{1}{R} + Cs\right) - v2.Cs$ (4)

2.3 Elimineren van de spanningen v1en v2 in functie van ei en eo

Uit (4) volgt dat:

$v2 = eo\left(\frac{1}{R} + Cs\right).\frac{1}{Cs}$ of $v2 = eo\frac{(1+RCs)}{RCs}$ (5)

Vullen we dit in (3) dan bekomen we:

$0 = -v1.Cs + eo.\left(\frac{1+RCs}{RCs}\right).\left(\frac{1}{R} + 2.Cs\right) - eo.Cs$ of

$v1.Cs = eo\left[\left(\frac{1+3.RCs+2.(RCs)^2}{R^2Cs}\right) - Cs\right]$ of

$v1 = \left[\frac{1}{(RCs)^2} + \frac{3}{RCs} + 1\right]$ (6)

Brengen we de gevonden vergelijkingen van $v1$ (6) en $v2$ (5) in (2) dan bekomen we:

$0 = -ei.Cs + eo\left[\frac{1}{(RCs)^2} + \frac{3}{RCs} + 1\right].\left(\frac{1}{R} + 2.Cs\right) - eo.\frac{(1+RCs)}{RCs}.Cs$ of na enkele vereenvoudigingen

$ei = eo\left[\frac{1}{(RCs)^3} + \frac{5}{(RCs)^2} + \frac{6}{RCs} + 1\right]$ brengen we dit allemaal onder één noemer dan wordt dit:

$ei = eo\left[\frac{1+5.RCs+6.(RCs)^2+(RCs)^3}{(RCs)^3}\right]$ (7)

Of geschreven als de verhouding van $\frac{eo}{ei}$:

$\frac{eo}{ei} = \frac{(RCs)^3}{1+5.RCs+6.(RCs)^2+(RCs)^3}$ (8)

2.4 Bepalen van de elementen

We weten dat $s = j.2.\pi.f$ en dat $j^2 = -1$ maar ook dat $j^3 = -j$

Laten we in formule (8) de reële waarde bijeen voegen en ook de imaginaire componenten dan wordt (8):

$$\frac{eo}{ei} = \frac{-j.(RC.\omega)^3}{\left((1 - 6.(RC\omega)^2) + j.(5.RC\omega - (RC\omega)^3)\right)}$$

Wil men dat deze formule reëel is, dan moet, eigenaardig genoeg, $1-6(RC\omega)^2$ gelijk worden aan 0 zodat teller en noemer door j kan gedeeld worden.
Uit $1 = 6.(RC\omega)^2$ volgt dat $\omega = \frac{1}{\sqrt{6}}\frac{1}{RC}$ ofwel

$f = \frac{1}{RC.\sqrt{6}}$ (9)

Dan volgt ook dat:
$\frac{eo}{ei} = \frac{(RC\omega)^3}{5.RC\omega-(RC\omega)^3}$ en na vereenvoudiging en invulling met $\omega^2 = \frac{1}{6.(RC)^2}$ volgt dat:

$$\frac{eo}{ei} = \frac{-\frac{1}{6}}{5-\frac{1}{6}} = -\frac{1}{29}$$

Dit betekent dat de versterking minstens -29 moet zijn zodat de verzwakking tussen ei en eo zou gecompenseerd zijn.

2.5 Vergelijking neer geschreven in een matrix

$$\begin{bmatrix} Ei \\ V1 \\ V2 \\ eo \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Cs & -Cs & 0 & 0 \\ -Cs & Cs+Cs+1/R & -Cs & 0 \\ 0 & -Cs & Cs+CS+1/R & 0 \\ 0 & 0 & -Cs & Cs+1/R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Ii \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Wanneer men deze matrix neerschrijft, namelijk kolom x rij = kolom of:

$$ei.Cs + v1.(-Cs) + v2.0 + eo.0 = -ii$$
$$ei.(-Cs) + v1.\left(2.Cs + \frac{1}{R}\right) + v2.(-Cs) + eo.0 = 0$$
$$ei.0 + v1.(-Cs) + v2.\left(2.Cs + \frac{1}{R}\right) + eo.0 = 0$$
$$ei.0 + v1.0 + v2.(-Cs) + eo.\left(Cs + \frac{1}{R}\right) = 0$$

Dan merkt men dat dit dezelfde vergelijkingen zijn als formules (1),(2),(3) en (4).
En met de regels van Matrixleer kan men de vergelijking $\frac{eo}{ei}$ oplossen.
Merk op, mits enkele eenvoudige regels kan deze matrix rechtstreeks vanuit het schema neergeschreven worden.

De oplossing met de regels van matrix leer is een hele studie apart die in dit artikel niet aan bod komt, maar wel de moeite waard om te bestuderen. Maar uitgebreid uitgelegd wordt in mijn document “7-8-Klasse-E-Regeltechniek”

Jan Spaenjers