

ZELF VOEDINGEN ONTWERPEN EN BOUWEN

VOEDINGSSTABILISATIE, HOE EN WAAROM?

H. J. C. OTTEN

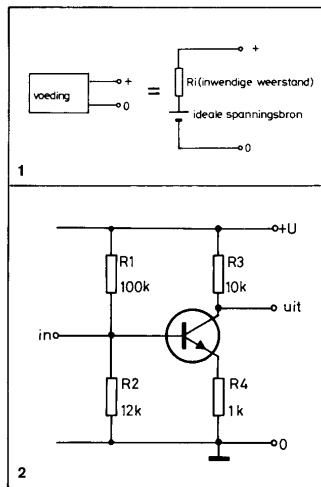
In een voorgaand artikel hebben we geleerd hoe we van de netwisselspanning een ruwe gelijkspanning kunnen maken. De zo ontstane gelijkspanningsbron heeft echter twee nadelen, de inwendige weerstand is nogal hoog en op de gelijkspanning is een rimpelspanning gesuperponeerd. In het volgende artikel worden de meest gebruikte methoden besproken om daar wat aan te doen en tevens aangegeven waar dit zin heeft.

De inwendige weerstand van een voeding

Een ideale voedingsspanningsbron trekt zich er niets van aan wat voor belasting op de voeding wordt aangesloten, onder alle omstandigheden blijft de uitgangsspanning op dezelfde waarde. Een praktische voeding gedraagt zich niet zo ideaal, elke gelijkspanningsbron heeft een inwendige weerstand. Dit betekent dat, als we een belastingsweerstand op de voeding aansluiten, het net lijkt of er in serie met de belastingsweerstand een weerstand is opgenomen in de voeding (zie afb. 1). Bij zware belastingen zal daardoor de uitgangsspanning dalen. Het is duidelijk dat hoe lager de inwendige weerstand is, des te idealer is de voeding.

De rimpelspanning

De rimpelspanning heeft zoals in het voorgaande artikel is beschreven, de vorm van een zaagtand. De herhalingsfrequentie is 50 Hz bij enkelfasige gelijkrichting en is 100 Hz bij dubbelfasige en bruggelijkrichting. Door de zaagtandvorm bevat de rimpelspanning niet alleen componenten van de grondfrequentie maar ook alle harmonische frequenties. De rimpelfrequentie kan bij audioschakelingen zeer storend zijn als deze niet afdoende wordt onderdrukt. Als voorbeeld nemen we een zeer eenvoudig, tienmaal versterkend ééntransistor trapje. Via de weer-



standsdeler, gevormd door de weerstanden R1 en R2, komt (verzwakt) de rimpelspanning op de ingang terecht, en (versterkt) ook op de uitgang, gemengd met het signaal. Als de signaalsterkte vrij laag is, zal in het uiteindelijk te horen geluid een behoorlijke brom hoorbaar zijn (afb. 2).

Verdere specificaties van voedingsstabilisatie

Behalve de boven genoemde inwendige weerstand en de onderdrukking van de rimpelspanning zijn een aantal an-

dere specificaties bij stabilisatoren van belang:

a. *Ruisspanning*. Behalve een rimpelspanning kan de voedingsspanning ook verontreinigd zijn door ruis.

b. *Ingangsspanningsvariatie-onderdrukking*. Dit geeft aan wat we van een variatie van de ingangsspanning terug vinden in de uitgangsspanning. Daar dit een verhouding is wordt deze grootte in dB aangegeven.

c. *Belastingsvariatie-onderdrukking*. Dit hangt samen met de inwendige weerstand, het geeft aan wat de verandering in de uitgangsspanning is bij belastingvariaties, ook aangegeven in dB.

d. *Transiënt response*. Bij snelle belastingvariaties (met een stapvormig verloop) moet de uitgangsspanning zo snel mogelijk op de oude waarde gebracht worden. Een voorbeeld is te zien in afb. 3.

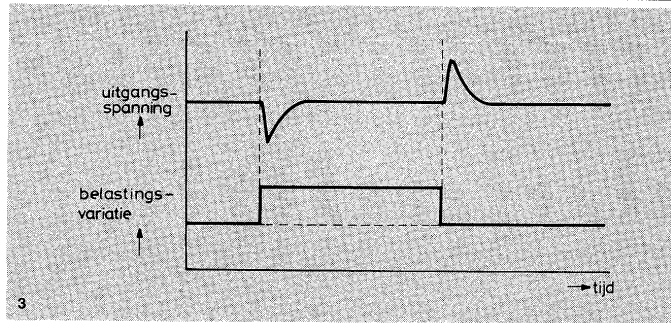
e. *Inschakelverschijnselen*. Bij het inschakelen van de voeding stijgt de uitgangsspanning van 0V tot de gewenste uitgangsspanning. De wijze waarop dit gebeurt, geleidelijk of zeer snel met een doorschieten naar te hoge spanning alvorens te stabiliseren of in het begin oscillerend, kan van belang zijn, bijvoorbeeld de inschakelklik bij audio-apparatuur die de luidspreker kan vernielen of het doorschieten (overshoot) die de maximum voedingsspanning van een IC kan overschrijden.

f. *Temperatuurstabiliteit*. Dit geeft aan hoe de uitgangsspanning varieert bij een temperatuurverandering van de omgevingslucht, meestal in mV/°C aangegeven.

Toepassen van stabilisatie

Of we voedingsstabilisatie toepassen is volledig afhankelijk van de eisen die door de te voeden schakeling aan de voeding worden gesteld. Als we bijvoorbeeld een versterker hebben, die

- afb. 1. Elke voeding heeft in de praktijk een inwendige weerstand.
- afb. 2. Hoe de rimpelspanning in een schakeling kan binnen dringen.
- afb. 3. De transiënt response van een goede voeding.
- afb. 4. RC-rimpelfilter.
- afb. 5. Gesimuleerd LC-filter met een transistor.



te scheiden is in een voorversterker (zoals in afb. 2) en een vermogenstrap en we gaan beide uit dezelfde voeding van spanning voorzien, zal de voedingsspanning door de eindtrap flink worden belast. De rimpelspanning zal dan bij een ongestabiliseerde voedingsspanning vrij groot worden. Voor de eindtrap maakt dit niet zoveel uit, maar voor de voorversterker is dit wel ontoelaatbaar. Het resultaat zal een flinke brom in het geluid zijn. De oplossing is duidelijk, voor- en eindversterker moeten niet zomaar op de voeding worden aangesloten, maar de voorversterker moet op een van de rimpel ondane voeding worden aangesloten.

Een ander voorbeeld waar voedingsstabilisatie nodig is, wordt gegeven door meetapparatuur, waarbij de ijking afhankelijk is van de voedingsspanning. De waarde van de voedingsspanning mag dan zo min mogelijk veranderen.

De twee hier boven gegeven voorbeelden verschillen in de eisen die aan de voeding worden gesteld. Het eerste voorbeeld eist een voedingsspanning zonder rimpelspanning, maar de waarde van de voedingsspanning is niet zo belangrijk. In het tweede voorbeeld is de waarde juist wel belangrijk, en moet zo min mogelijk variëren, bij belastingvariaties, bij temperatuurvariaties en op lange termijn. De tweede voedingsstabilisatie is veel moeilijker te realiseren dan de eerste door de hogere eisen.

Het eerste voorbeeld geeft ook een andere reden om voedingsstabilisatie toe te passen. De problemen ontstaan in het eerste voorbeeld door beïnvloeding van het ene deel van de schakeling, de voorversterker, door het andere deel, de eindtrap. Voedingsstabilisatie dient dus ook beïnvloeding via de voedingslijnen tegen te gaan. Een lage inwendige weerstand is dan ook van

belang, zodat veranderingen van de voedingsspanningen niet kunnen doordringen.

Rimpelfilters

Een eerste groep schakelingen van een voeding wordt gevormd door de rimpelfilters. Zoals de naam al zegt wordt door deze schakelingen de rimpelspanning weggefilterd. In het begin hebben we al vastgesteld dat de rimpelspanning opgebouwd is uit de grondfrequentie en alle hogere harmonischen. Het zal de lezer dan ook niet verwonderen hier laagdoorlaatfilters aan te treffen.

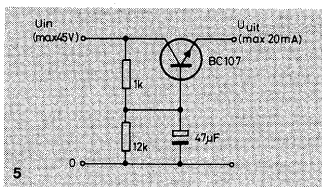
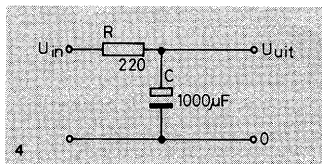
1. RC - circuit (afb. 4).

Van dit laagdoorlaat filter is de grensfrequentie, de frequentie waarbij de ingangsspanning 3 dB verzwakt wordt, niet zo belangrijk, maar wel de mate waarin de rimpelspanning wordt onderdrukt. De stabilisatiefactor S definiëren we, in formule:

$$S = \frac{U_{\text{rimpel (in)}}}{U_{\text{rimpel (uit)}}$$

dit is voor het RC - filter:

$$S \approx 6,28 \times f_r \times R \times C.$$



waarin f_r , de herhalingsfrequentie van de rimpelspanning is. f_r is 50 Hz bij enkelzijdige gelijkrichting en bij de meer toegepaste dubbelfasige en bruggelijkrichting 100 Hz. Nadeel van het RC-filter is dat de inwendige weerstand verhoogd wordt met de weerstand R. De toepassing beperkt zich daarom tot weinig stroomgebruikende schakelingen, waaronder voorversterkers meestal behoren. Bij voorversterkers zal men het RC-filter in de voedingslijn vaak tegenkomen. Zo heeft het in afb. 4 aangegeven RC-filter met de daarbij gegeven waarden een rimpelspanningsonderdrukking van 42 dB. Wel moet rekening gehouden worden met de spanningsval over de weerstand van de door de schakeling opgenomen stroom.

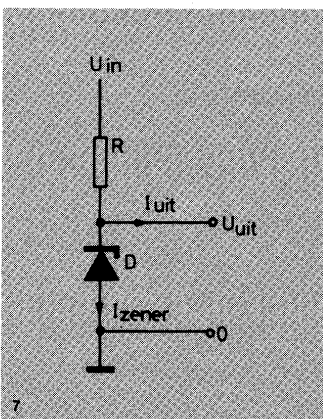
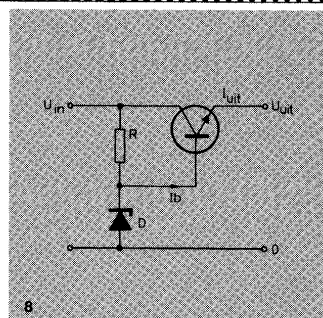
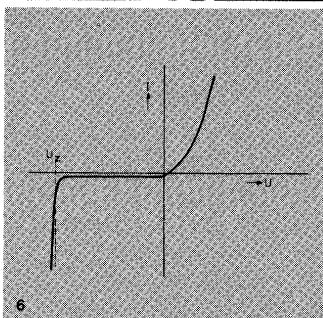
2. LC - filter

Dit filter werd vroeger veelvuldig toegepast, maar tegenwoordig wordt de spoel zoveel mogelijk vermeden. Het LC-filter is te vergelijken met het RC-filter, met de weerstand R vervangen door de spoel L. De bromonderdrukking is uitstekend:

$$S \approx 40 \times f_r^2 \times L \times C.$$

Met wat elektronica is een spoel best na te bootsen, dit soort schakeling heet gyrator. Een voorbeeld daarvan is te zien in afb. 5. Een analyse van dit circuit zou hier te ver voeren, maar een rimpelonderdrukking van 60 dB is hiermee haalbaar met een lage inwendige weerstand. Vaak combineert men dit 'LC-filter' met een RC-filter, de rimpelonderdrukking is dan enorm en door de weerstand is de voeding wat meer kortsluitvast. Een lagere inwendige weerstand impliceert namelijk een hogere uitgangsstroom bij kortsluiting, de inwendige weerstand kan als beveiliging dienen. Let eens op de waarde

afb. 6. I - U -karakteristiek van een zenerdiode.
afb. 7. Zenerstabilisator.
afb. 8. Gebufferde zenerstabilisator.



van de condensator, deze kan veel lager in waarde worden gekozen dan bij het RC-filter wat een behoorlijke ruimte- en geldbesparing kan betekenen. Het spreekt vanzelf dat de hier besproken filters behalve rimpelonderdrukking ook ruisonderdrukking leveren, eveneens van belang bij gevoelige voorversterkers. Ook als de voeding 'hard' is, bieden deze filters de mogelijkheid de ruisspanning op de voeding te onderdrukken.

Spanningsstabilisatoren

De tweede en meest gebruikte voedingsstabilisatoren zijn de spanningsstabilisatoren, in het algemeen gestabiliseerde voedingen genoemd.

Hierbij wordt de nadruk gelegd op een zo constant mogelijke uitgangsspanning, behalve een rimpelonderdrukking leveren deze voedingen daarom ook een veel lagere inwendige weerstand.

1. De zenerstabilisator

Een zenerdiode is een diode met een merkwaardige I - U -karakteristiek (afb. 6). Behalve de bekende diode-karakteristiek rechts vertoont de karakteristiek bij een bepaalde spanning in tegenwaartse richting een scherpe knik, men noemt deze spanning de zenerspanning. De spanning over de zener hangt hierbij niet of nauwelijks van de stroom door de zener af. De weerstand van de zener, een dynamische grootheid, is bij de zenerspanning zeer laag:

$$\frac{dU}{dI} = r_z \approx 1 - 100 \Omega$$

Als we een zenerdiode in een schakeling gebruiken, zoals in afb. 7 is te zien, hebben we een gelijkspanningsbron als we aan een aantal voorwaarden voldoen:

a. De voedingsspanning U_{in} moet minimaal $2x$ de zenerspanning bedragen,

want met R en de voedingsspanning simuleren we een stroombron.

b. De stroom door de zener moet altijd groter zijn dan de minimale stroom die nodig is om de zener te laten werken. De stroom door de zener mag ook niet te groot worden, anders wordt de vermogensdissipatie (zenerspanning U_z x zenerstroom I_z) te groot. De weerstand R wordt bepaald door de maximale stroom door de zener:

$$R = \frac{U_{in} - U_{zener}}{I_z(max)}$$

De stabilisatiefactor van een zenerstabilisator wordt gegeven door:

$$S = \frac{R}{r_z} \times \frac{U_{uit}}{U_{in}}$$

In de praktijk zijn stabilisatiewaarden van 40 dB mogelijk. Vaak ziet men over de zener een condensator geschakeld. Deze condensator heeft voor de spanningsstabilisatie alleen zin als de wisselstroomweerstand lager is dan de weerstand r_z van de zener. Voor lage frequenties zijn grote condensatoren nodig, voor hogere frequenties heeft

een condensator meer zin omdat r_z voor hogere frequenties toeneemt. De hogere frequentiecomponenten van de rimpelspanning worden dan door de condensator weggewerkt. Verder helpt de condensator ook tegen de ruis die in de zener wordt opgewekt.

Als de stroom die de belasting uit de zenerstabilisator trekt groter wordt dan de maximum stroom I_z is het met de stabilisatie afgelopen. De weerstand R zorgt er wel voor dat de voeding kortsluitvast is.

2. Gebufferde zenerstabilisator

Uit de laatste zin bleek dat de uitgangsstroom van de zenerstabilisator beperkt is. Door het toevoegen van een transistor als emittervolger kunnen we de maximale uitgangsstroom verhogen (afb. 8). De zenerstabilisator zien we hierin terug, deze wordt belast met een stroom:

$$I_b = \frac{I_{uit}}{\beta}$$

waarin β de stroomversterking van de transistor is. De stabilisatie is nu een factor β beter geworden. Bij grotere belastingen wordt echter de uitgangsstroom zo groot, en daardoor de basisstroom I_b ook, dat de stabilisatie weer te slecht wordt. Dit kan verholpen worden door de transistor te vervangen door een darlington transistorcombinatie, waarbij de zenerstabilisator belast wordt met een stroom:

$$I_b = \frac{I_{uit}}{\beta_1 \beta_2}$$

waarbij $\beta_1 \beta_2$ de stroomversterking van de darlington is. Op deze wijze is een uitgangsstroom tot enige ampères nog te halen met een redelijke stabilisatie. De gebufferde zenerstabilisator is niet kortsluitvast, bij kortsluiting sneuvelt de serietransistor.

(wordt vervolgd)