

ZELF VOEDINGEN ONTWERPEN EN BOUWEN

VOEDINGSSTABILISATIE, HOE EN WAAROM?

H. J. C. OTTEN

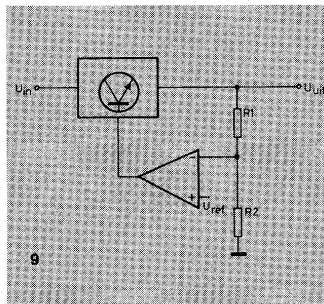
Voedingen met terugkoppeling

De zenerstabilisator en de gebufferde versie zijn in staat een redelijke spanningsbron te vormen. Veel betere resultaten zijn te verkrijgen als we terugkoppeling gaan toepassen. Het principe is te zien in afb. 9. Hierbij wordt de uitgangsspanning vergeleken met een referentiespanning. De vergelijker, een verschilversterker, maakt van het verschil een foutsignaal wat de serietransistor stuurt. Door de terugkoppeling wordt er voor gezorgd dat de via R1 en R2 gedeelde uitgangsspanning en de referentiespanning V_{ref} aan elkaar gelijk zijn. Een andere manier om tegen een voedingsstabilisatie met terugkoppeling aan te kijken is het opvatten van de schakeling als een sterk teruggekoppelde versterker, met een vaste ingangsspanning, de referentiespanning die versterkt wordt. De uitgangsspanning is dan eenvoudig te berekenen:

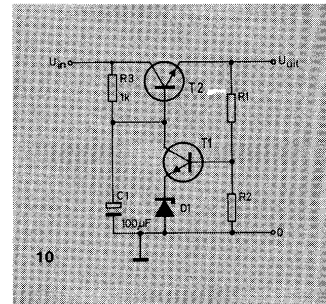
$$U_{uit} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} U_{ref}$$

De kwaliteit van de teruggekoppelde voedingsstabilisator wordt bepaald door de referentiespanning, die dan ook zo nauwkeurig mogelijk moet zijn.

Vaak vindt men hier zenerdioden die worden gestuurd met een constante stroombron. De verschilversterker moet ook een zo hoog mogelijk openlus versterking hebben om de terugkoppeling zo goed mogelijk te laten zijn. De temperatuurafhankelijkheid wordt bepaald door de referentiespanning en de verschilversterker. De transitie response wordt bepaald door de bandbreedte van de verschilversterker en de serietransistor. De bandbreedte kan niet ongestraft groot worden gemaakt, het gevaar van instabiliteit is bij



terugkoppeling altijd aanwezig. Inschakelverschijnselen kunnen in de hand worden gehouden door de referentiespanning met een lange tijdsconstante op de referentiewaarde te laten komen. Met een uitgekiend ontwerp zijn de eigenschappen van dit soort voedingsstabilisatoren zo goed, dat de meeste voedingen volgens dit principe zijn opgebouwd. Ook experimenteevoedingen met een regelbare uitgangsspanning zijn eenvoudig te realiseren, door weerstand R1 als potmeter uit te voeren is de uitgangsspanning te regelen vanaf de referentiespanning tot de ingangsspanning. Een probleem met dit soort voedingen en in het algemeen met voedingen van het serietype is de vermogensdissipatie van de serietransistor. Voor een goede werking van de serietransistor moet over de serietransistor een spanningsverschil van enige volts worden gehandhaafd, wat met een grote uitgangsstroom een flinke vermogensdissipatie geeft. Bij voedingen met een regelbare uitgang is het warmteprobleem nog groter, bij de laagste uitgangsspanning en de maximum stroomopname is de vermogensdissipatie van de serietransistor het grootst, omdat het verschil tussen in- en uitgangsspanning dan het hoogst is



en volledig door de serietransistor moet worden opgevangen.

In afb. 10 is een eenvoudig voorbeeld te zien van een voeding met terugkoppeling. Hierin vervult de transistor T1 de rol van verschilversterker. De invertierende ingang wordt gevormd door de basis, de niet-invertierende ingang is de emitter. De referentie spanning wordt opgewekt in de zenerdiode D1. De uitgang van de verschilversterker is de collector van T1 die de serietransistor T2 stuurt. De terugkoppeling komt tot stand met de weerstanden R1 en R2, die dezelfde rol als in afb. 9 vervullen. De spanning op het knooppunt van R1 en R2 is gelijk aan de zenerspanning plus de basis-emitterspanning van T1, dit is in feite de referentiespanning. R3 voorziet T1 van stroom, een waarde van 1 kΩ is gebruikelijk. Condensator C1 vlakkt de ingangsspanning nog wat af om de voeding voor T1 wat schoner te maken. De schakeling in afb. 10 is niet ideaal, de verschilversterker bijvoorbeeld is allesbehalve ideaal. Een betere voeding zal dan ook wat uitgebreider zijn, er wordt meer aandacht besteed aan de referentiespanning en voor de verschilversterker wordt een meer ideaal onderdeel gebruikt, de opamp. Het basisprincipe blijft wel hetzelfde.

afb. 9 Precisiestabilisatie door terugkoppeling.

afb. 10 Practische stabilisator met terugkoppeling.

afb. 11 Stroombegrenzing in de uitgangsleding.

afb. 12 Stroombegrenzing in de nulleiding en overspanningsbeveiliging.

afb. 13 Diverse beveiligingen bij een voedingsstabilisator.

Andere stabilisatiemethoden

In het voorgaande hebben we ons beperkt tot stabilisatoren van het serietype. Er zijn meer methoden om tot een goede voeding te komen. Een belangrijke groep wordt gevormd door de schakelende voedingen. Het grote bezwaar van serievoedingen is het vermogen dat verloren gaat in de serietransistor. Voor grote uitgangstromen leidt dit tot grote koelproblemen. De oplossing wordt dan gegeven door schakelende voedingen. Hierbij wordt de ingangsspanning met een hoge frequentie aan en uitgeschakeld. Door de periode dat de ingangsspanning aangeschakeld wordt, aan te passen aan de vraag vanuit de belasting (duty-cycle regeling), wordt de vermogensdissipatie beperkt tot een minimum. Nadeel van dit soort voedingen is dat er een grote spoel nodig is om een goede stabilisatie te krijgen en dat de stabilisatie in het algemeen minder goed is.

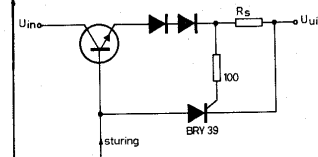
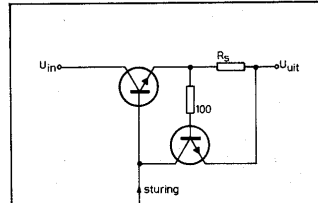
Beveiliging van voedingsstabilisatoren

Het streven bij voedingsstabilisatie naar een zo laag mogelijke inwendige weerstand brengt wel het gevaar mee dat kortsluiten van de uitgang het overlijden van de serietransistor ten gevolge heeft. De inwendige weerstand beperkt de uitgangsstroom tot een waarde U_{uit}/R_i . Als R_i erg laag wordt, zal de uitgangsstroom erg hoog kunnen worden. Om de stabilisator te beveiligen zal een stroombegrenzing onontbeerlijk zijn. Nu zijn er twee methoden van stroombegrenzing in gebruik. De eerste methode beperkt de stroom tot een maximum waarde, wordt door de belasting meer stroom gevraagd, dan laat de stroombegrenzing de uitgangsspanning zakken en handhaaft de stroomsterkte op de maximum waarde

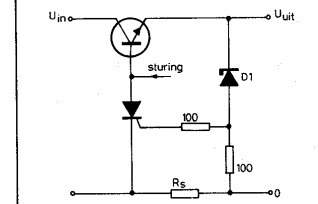
(afb. 14 links). De voeding is op deze wijze goed beschermd, de schakeling die gevoed wordt echter niet, want de voedingsspanning zakt en er blijft een grote stroom lopen.

De tweede methode, die de naam 'fold-back limiting' draagt, letterlijk vertaald: terugvouwbeperking. Uit afb. 14 (rechts) kan men zien waarom men dit zo noemt. Als namelijk de maximum stroom overschreden wordt, buigt de IU-karakteristiek terug naar een kleine stroomwaarde, I_{fb} . De maximum stroom waarbij de beperking in werking treedt noemt men de kniestroom, de IU-karakteristiek lijkt een beetje op een gebogen been. Dit soort beveiliging is zowel voor de voeding als voor de te voeden schakeling veel veiliger, vooral als I_{fb} zo goed als nul is.

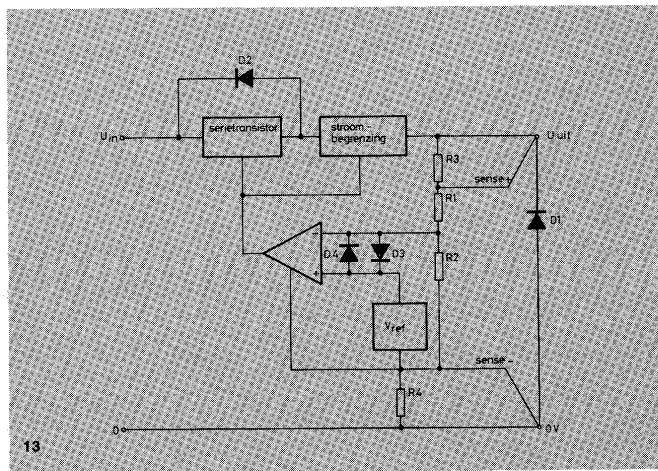
Voor (regelbare) experimenteevoedingen komt eigenlijk alleen fold-back current limiting in aanmerking, vooral bij proefschakelingen treedt allicht door een foutieve verbinding een kortslui-



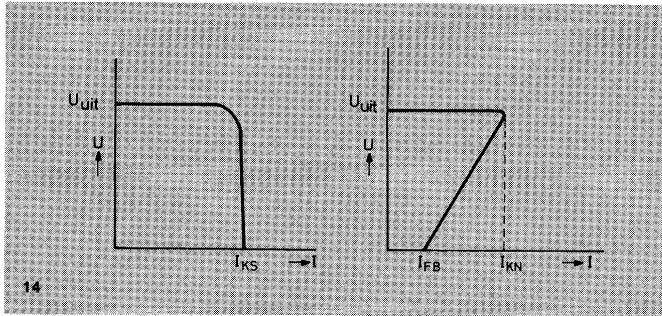
11



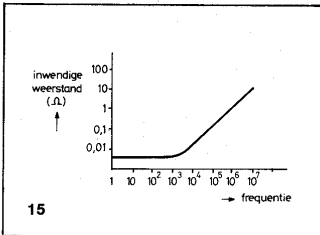
12



13



afb. 14 I - U -karakteristieken bij kortsluitstroombeveiliging en fold-back stroombegrenzing.
afb. 15 De inwendige weerstand van een voeding als functie van de frequentie.



ting op. Alleen stroombeperking kan vernieling van de componenten in de proefschakeling ten gevolge hebben. Als de stroombeperking ook nog instelbaar is, is de beveiliging zo goed mogelijk.

Bij experimenteervoedingen met meer dan één uitgangsspanning is het aan te raden de stroombegrenzing die bij kortsluiten van één uitgangsspanning optreedt ook werkzaam te laten zijn voor alle andere uitgangsspanningen. Vele IC's houden er niet van als een van de voedingsspanningen wegvalt. In afb. 11 en 12 zijn een aantal stroombegrenzingsschakelingen te zien. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de eigenschap van transistoren dat bij een basis-emitter-spanning van 0,7 V de transistor in geleiding gaat en de serietransistor dichtknijpt. De stroom wordt hierdoor beperkt tot de waarde:

$$I_{KS} = \frac{0,7}{R_s}$$

Als de uitgangsstroom, die door R_s stroomt, namelijk een spanning van 0,7 V over R_s opwekt gaat de beveiligingstransistor in geleiding.

Een tweede beveiliging kunnen we met een thyristor verwezenlijken. Een thyristor gaat namelijk in geleiding als het spanningsverschil tussen gate en kathode groter is dan 0,7 V. Het verschil met een transistor is echter dat

de thyristor dan volledig in geleiding gaat en blijft, ongeacht wat er verder op de gate gebeurt. Met een thyristor kunnen we dus een fold-back current begrenzing maken, wat in afb. 11 en 12 is te zien. De dioden in afb. 11 in de uitgangsleding dienen ervoor de I_{fb} tot nul te laten naderen.

In afb. 12 is behalve een stroombegrenzing ook een bewaking tegen een te hoge uitgangsspanning te zien.

Als de uitgangsspanning stijgt boven een waarde van U_z (de zenerspanning van D_1) + 0,7 V gaat de thyristor ook in geleiding. Overspanningsbeveiliging is nodig als de schakeling geen overspanning kan verdragen, een bekend voorbeeld zijn TTL-schakelingen.

In afb. 13 zijn nog een aantal beveiligingen van de voeding te zien die veel worden toegepast, vooral bij experimenteervoedingen. Diode D_1 beschermt tegen spanningen tegengesteld aan de uitgangsspanning, die bijvoorbeeld door een relais kunnen ontstaan. D_2 beschermt de voeding tegen te hoge spanningen op de uitgang, D_3 en D_4 beveiligen de ingangen van de verschilversterker. In afb. 13 is nog een ander aspect van gestabiliseerde voedingen te zien. We zien hierin dat de stroomvoerende leidingen gescheiden zijn van de meetleidingen (sense). Dit is gedaan om de fouten die ontstaan door de spanningsval over de stroomvoerende leidingen, veroorzaakt door de draadweerstand en de grote uitgangsstroom, te vermijden. De sense draden worden daarom op de uitgangsklemmen van de voeding aangesloten, de stabilisatie strekt zich dan ook uit tot aan de uitgangsklemmen. R_3 en R_4 dienen weer ter beveiliging, als een van de sense draden onderbroken wordt blijft via R_3 of R_4 de stabilisatie nog in werking.

Hoogfrequent gedrag van een voeding

De inwendige weerstand van een voeding wordt meestal gegeven bij een gelijkstroom belasting. Voor wisselstromen met hoge frequenties blijft de inwendige weerstand niet zo laag (afb. 15). Dit is ook te merken aan de transient response. Een verbetering in het hoogfrequent gedrag krijgt men als men de uitgang overbrugt met een condensator, liefst een tantaalelco of een parallelcombinatie van een gewone elco met een keramische condensator. Lange aansluitdraden kan men ook beter op deze wijze ontkoppelen. Het gevaar van een niet ontkoppelde voeding is, dat hoogfrequent oscilleren via de voedingslijnen mogelijk is, omdat de hoogfrequente signalen niet kortgesloten worden via een lage inwendige weerstand.