

ZELF VOEDINGEN ONTWERPEN EN BOUWEN

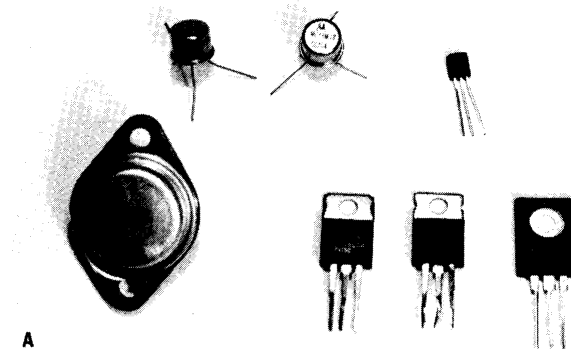
H. J. C. OTTEN

DRIE- EN VIERPENS IC SPANNINGSREGELAARS

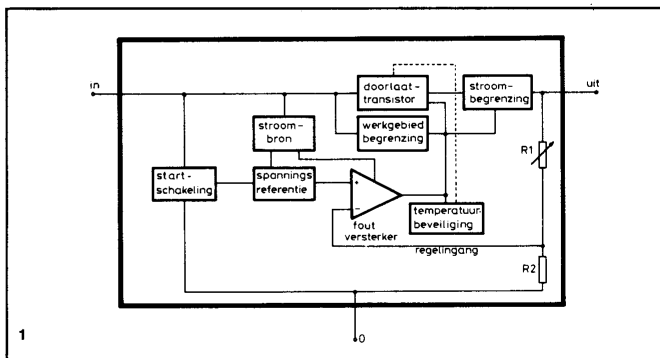
Een
marktoverzicht
met uitgebreide
informatie over
de toepassing

Het is alweer enige jaren geleden, om precies te zijn in oktober 1972, dat in Radio Bulletin de driepens spanningsregelaars van de 78XX-reeks werden geïntroduceert. Deze spanningsregelaars waren toen nog prijzig en slecht verkrijgbaar. Op het moment is de prijs behoorlijk gedaald en de verkrijgbaarheid geen probleem meer, als we de advertentiekolommen zo eens raadplegen. Ook is de serie uitgebreid met spanningsregelaars voor negatieve uitgangsspanningen, de 79XX-reeks, en zijn ook de vierpens spanningsregelaars geïntroduceerd die in plaats van de vaste uitgangsspanning een instelbare uitgangsspanning hebben.

Andere fabrikanten hebben ook IC-spanningsregelaars met interessante eigenschappen op de markt gebracht. Het is nu tijd om, in plaats van uit discrete componenten opgebouwde voedingen, geïntegreerde spanningsrege-



A



afb. A Enige drie-pens IC-spanningsregelaars.

afb. 1 Inwendige opbouw van de 78... en 79... IC-spanningsregelaars.

laars toe te passen. U zult merken dat voedingen rond deze IC-regelaars zeer eenvoudig zijn te bouwen, goed beveiligd en laag in prijs. Zoals de titel al doet vermoeden valt het artikel uiteen in twee delen, in het eerste gedeelte worden de driepens stabilisatoren met vaste uitgangsspanning besproken, in

het tweede gedeelte de vierpens regelaars met in te stellen uitgangsspanning.

Driepens IC-spanningsregelaars (zie afb. A)

Het marktaanbod van geïntegreerde spanningsregelaars is de laatste jaren enorm uitgebreid. Er zijn nu regelaars voor de meest gebruikelijke (vaste) uitgangsspanningen van 5 tot 24 V, zowel

Tabel 1

Type nummer	Uitgangsspanning	Uitgangsstroom max	Ingangsspanning min.	Ingangsspanning max.	Ruist-stroom	Spanningsstabilisatie	Rimpelonderdrukking	Behuizing	Aansluitgegevens in afb.	Opmerkingen
78L05	5 V	0,14 A	7 V	30 V	3,8 mA	1 %	49 dB	T0-39, T0-92	2	
TBA625A	5	0,14	8	20	9	0,3	60	T0-39	3	X
78M05	5	0,5	7	30	4,2	1	62	T0-39, T0-220	2	
L129	5	0,85	7,5	20		1	60	T0-126	3	X
7805	5	1	7	30	4,2	1	62	T0-220, T0-3	2	
LM340-5	5	1	7	35	4,3	1	62	T0-220, T0-3	2	
LM309K	5	1	7	35	5	1	50	T0-3	2	
LM323	5	3	7,5	20	12	1	50	T0-3	2	
78H05	5	5	7	25	10	1	60	T0-3	2	
78L06	6,2	0,14	7,9	30	3,9	1	49	T0-39, T0-92	2	
78M06	6	0,5	7,9	30	4,3	1	59	T0-39, T0-220	2	
7806	6	1	7,9	30	4,3	1	59	T0-3, T0-220	2	
LM340-6	6	1	8,0	30	4,3	1	59	T0-3, T0-220	2	
78L08	8,2	0,14	10	30	4,0	1	38	T0-39, T0-92	2	
78M08	8	0,5	10	30	4,3	1	56	T0-39, T0-220	2	
7808	8	1	10	30	4,3	1	56	T0-3, T0-220	2	
LM340-8	8	1	10	35	4,3	1	50	T0-3, T0-220	2	
78L12	12	0,13	14	35	4,2	1	50	T0-39, T0-92	2	
TBA625B	12	0,12	15	27	10	0,5	60	T0-39	3	X
78M12	12	0,5	14	35	4,2	1	55	T0-39, T0-220	2	
L130	12	0,7	14,5	27		1	59	T0-126	3	X
7812	12	1	14	35	4,2	1	61	T0-3, T0-220	2	
LM340-12	12	1	14	35	4,3	1	61	T0-3, T0-220	2	
78H12	12	5	14	25	10	1	60	T0-3	2	
78L15	15	0,12	17	35	4,3	1	55	T0-39, T0-92	2	
TBA625C	15	0,12	18	27	10	0,7	60	T0-39	3	X
78M15	15	0,5	17	35	4,4	1	55	T0-39, T0-220	2	
7815	15	1	17	35	4,4	1	60	T0-3, T0-220	2	
LM340-15	15	1	17	35	4,5	1	60	T0-3, T0-220	2	
78H15	15	5	17	25	10	1	60	T0-3	2	
L130	15	1	17,5	27		1	60	T0-126	3	X
78L18	18	0,1	20	35	4,5	1	55	T0-39, T0-92	2	
78M18	18	0,5	20	35	4,6	1	60	T0-39, T0-220	2	
7818	18	1	20	35	4,5	1	60	T0-3, T0-220	2	
LM340-18	18	1	20	35	4,5	1	60	T0-3, T0-220	2	
78L24	24	0,1	26	40	4,8	1	56	T0-39, T0-92	2	
78M24	24	0,5	26	40	4,6	1	56	T0-39, T0-220	2	
7824	24	1	26	40	4,6	1	56	T0-3, T0-220	2	
LM340-24	24	1	26	40	4,6	1	56	T0-3, T0-220	2	

Tabel 2

Type-nummer	Uitgangsspanning min. (V)	Uitgangsstroom max. (A)	Ingangsspanning min. (V)	Ingangsspanning max. (V)	Ruist-stroom	Behuizing
7902	- 2	1	-18	- 4	4,3	T0-3, T0-220
7905	- 5	1	-20	- 7	4,3	" "
7905,2	- 5,2	1	-21	- 7,5	4,3	" "
7906	- 6	1	-25	- 8	4,3	" "
7908	- 8	1	-27	-10	4,3	" "
7912	-12	1	-30	-14	4,2	" "
7915	-15	1	-30	-17	4,1	" "
7918	-18	1	-32	-20	4,1	" "
7924	-24	1	-35	-26	4,0	" "

tabel 1 Gegevens van de positieve driepens spanningsregelaars.

tabel 2 Gegevens van de negatieve driepens spanningsregelaars. Ook in L-uitvoering (max. stroom 0,1 A) en in M-uitvoering (max. stroom 0,5 A) verkrijgbaar.

positief als negatief, bij maximale stroomsterkten van 100 mA tot 5 A. Uit dit marktaanbod hebben we een selectie gemaakt waarbij gelet is op de verkrijgbaarheid en de prijs. In tabel 1 zijn de driepens spanningsregelaars voor positieve uitgangsspanningen verzameld, in tabel 2 die voor negatieve spanningen. De aansluitgegevens zijn te vinden in afb. 2, 3 en 4. Let op, van de behuizingen is het bovenaanzicht gegeven! Overheersend in de overzichten zijn de 78XX en 79XX reeksen, aanvankelijk ontwikkeld door Fairchild, maar nu door vrijwel iedere halfgeleiderfabrikant geproduceerd. De inwendige opbouw van onder andere de 78XX en 79XX spanningsregelaars is schematisch in afb. 1 te zien. Hierin is duidelijk de algemene opbouw van een precisie spanningsregelaar terug te vinden zoals die in het artikel 'Stabiliseren, hoe en waarom' is besproken: referentiespanning, foutversterker, doorlaattransistor en stroombegrenzing. De stroombegrenzing is hier van het fold-back current type. In de IC's zijn nog twee beveiligingen toegevoegd: een temperatuurbegrenzing tot ongeveer 165°C, en een werkgebiedbegrenzing voor de doorlaattransistor. De uitgangsspanning wordt bepaald door de spanningsdeler, gevormd door de weerstanden R1 en R2. Een meer gedetailleerde beschrijving is te vinden in het oktobernummer 1972 van RB.

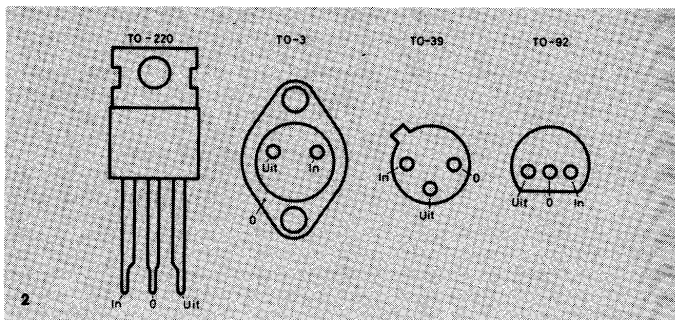
Keuze van een stabilisator

Welke spanningsregelaar gekozen moet worden uit tabel 1 of 2, is afhankelijk van de eisen die de te voeden schakeling stelt aan de stabilisator. De uitgangsspanning is de eerste keus en vandaar ook het eerste gegeven waarop de spanningsregelaars zijn gerangschikt in tabel 1 en 2. De tweede eis is de maximaal te verwachten uitgangsstroom, de tweede rangschikking in de

afb. 2 Aansluitgegevens van de positieve drie-pens spanningsregelaars, zoals de 78XX, 78LXX, 78MXX, 78HXX, LM340-XX, LM323.

afb. 3 Aansluitgegevens van de positieve drie-pens spanningsregelaars, zoals de L129, L130, L131 (in TO-126 behuizing) en de TBA625 A, B, C.

afb. 4 Aansluitgegevens van de negatieve drie-pens spanningsregelaars zoals de 79XX, 79MXX, 79LXX en de 79HXX.

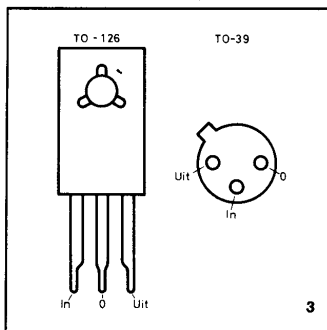


tabellen. Een derde eis is de piek-stroom die op kan treden, bijvoorbeeld bij het inschakelen. In het algemeen is een piek-stroom van 1,5 tot 2 maal de maximale uitgangsstroom toelaatbaar voor de driepens spanningsregelaars.

Een verdere eis is de kwaliteit van de stabilisatie, maar voor de meeste doeleinden is dit bij alle stabilisatoren meer dan voldoende. Omdat het van belang kan zijn of de voeding thermisch en/of werkgebied beveiligd is, is in tabel 1 met een X in de kolom opmerkingen aangegeven als dit **niet** het geval is.

Keuze van de ingangsspanning

De keuze van de spanningsregelaar ligt nu vast, vervolgens moet de ingangsspanning worden gekozen. In de tabellen is de minimale ingangsspanning vermeld. Dit is de laagste ingangsspanning die aan de regelaar aangeboden mag worden zonder de stabilisatie in gevaar te brengen, dit is dus niet de gelijkgerichte en afgevlakte spanning van de transformator, waarop namelijk nog een rimpelspanning is gesuperponeerd. In het algemeen volgt de benodigde transformatorspanning uit de volgende regels:



1. Begin met de minimale ingangsspanning uit de tabellen 1 of 2.
2. Tel hierbij de halve piek-piek rimpelspanning bij maximale stroomsterkte op.
3. Tel ook hierbij de spanningsval over de gelijkrichter op.
4. Bereken de effectieve waarde van de transformatorwisselspanning door het resultaat met 0,7 te vermenigvuldigen.
5. Rond de zo verkregen waarde naar boven af tot een standaardwaarde, een overwaarde van 10% is aan te raden in verband met netspanningsvariaties.

Een rekenvoorbeeld

Stel we hebben een voedingsspanning nodig van 15 V bij een maximale stroomsterkte van 1A. De spanningsregelaar 7815 is dan een goede keus. Uit tabel 1 blijkt de minimale ingangsspanning 17 V te zijn. Als we hier een halve rimpelspanning van 1,5 V bij optellen, komen we op 18,5 V. Toepassen van een bruggelijkrichter voegt hier nog 1,4 V aan toe, het totaal is nu 19,9 V. De effectieve trafospanning is dus $0,7 \times 19,9 = 13,9$ V. Afgerond op een standaardwaarde wordt dit een transformator van 15 V bij 1,5 A.

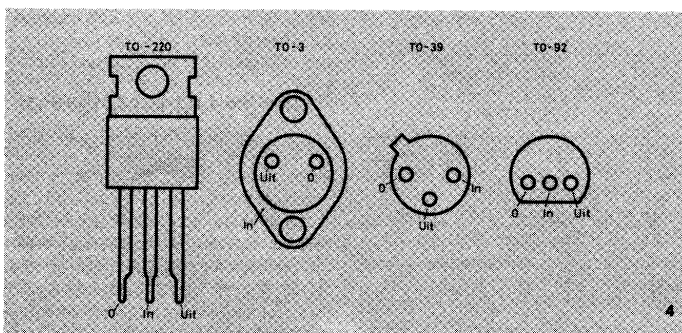
De waarde van de afvlakcondensator volgt uit de formule:

$$C = \frac{I_{uit}}{100 \times 3} = \frac{1}{300} = 3300 \mu F / 25 V$$

3 is de dubbele halve rimpelspanning, 100 de dubbele netfrequentie door de bruggelijkrichter. Meer informatie over rekenen aan transformatoren etc. is te vinden in het artikel: 'Transformatoren, gelijkrichters en buffercondensatoren'.

Keuze van de koelplaat

Zoals uit het bovenstaande blijkt is het voor een goede werking van de stabilisator nodig dat er minimaal een spanningsverschil tussen in- en uitgang bestaat van 2 V plus de halve rimpelspanning. De stabilisator moet zo een vermogen dissiperen ter grootte van $(U_{in} - U_{uit}) \times I_{max}$. Dit gedissipeerde vermogen wordt in warmte omgezet en moet via koeling worden afgevoerd. Van belang hierbij is de grootte van de thermische weerstand R_{J-C} tussen IC-chip en de behuizing bij toepassing van een koelplaat of de thermische weerstand R_{J-A} tussen chip en buitenlucht als bij geringe vermogensdissipatie de behuizing al voldoende is als koelplaat. In tabel 3 zijn deze gegevens verzameld voor de meest gebruikte behuizingen van IC-spanningsregelaars. Bij

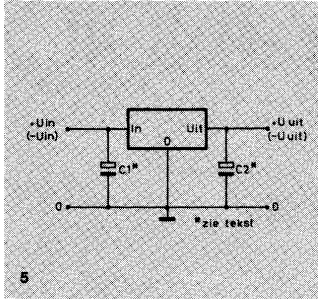


afb. 5 Basisschakeling rond een drie-pens spanningsregelaar.

afb. 6 Hoe de uitgangsspanning iets omhoog gebracht kan worden.

afb. 7 Kortsluitvaste uitbreiding voor grotere uitgangsströmen.

tabel 3 Thermische weerstand van veelgebruikte behuizingen voor drie-pens spanningsregelaars.



Tabel 3

Behuizing	R _{J-C}	R _{J-A}
TO-92	—	200 °C/W
TO-39	40	200
TO-220	6	55
TO-3	5	45
TO-3 bij 78Hxx en LM323	2,5	40

toepassen van een koelplaat volgt de maximale thermische weerstand van de koelplaat, R_{HS-A} , uit de formule:

$$R_{HS-A} = \frac{T_J - T_A}{P_t} - R_{J-C} - R_{C-HS}$$

Hierin is P_t de maximale vermogensdissipatie, gelijk aan $(U_{in} - U_{uit}) \times I_{max}$ en R_{C-HS} de thermische weerstand tussen behuizing en koelplaat, meestal in de grootte-orde van 0,5 °C/W. T_J is de maximale chiptemperatuur die toegestaan is, meestal 150 °C en T_A de temperatuur van de omgeving. Een goede keuze voor T_A is 50 °C. Als de thermische weerstand is berekend, kan de koelplaat worden gekocht of zelf gemaakt aan de hand van het artikel: 'Koelplaatberekeningen'. Zonder koelplaat volgt het maximaal te dissiperen vermogen uit de formule:

$$P_t = \frac{T_J - T_A}{R_{J-A}}$$

Voor een TO-3 behuizing is bijvoorbeeld het maximale vermogen:

$$P_t = \frac{150 - 40}{45} = 2,4 \text{ W}$$

De TO-92 behuizing raakt de warmte hoofdzakelijk kwijt via de aansluitdraden. Aan te raden is daarom de aansluitdraden in te korten en vast te solderen aan grote koperprintbanen. De TO-92 kan dan vermogens van 0,5 W goed verdragen.

De driepens IC-regelaar in een schakeling

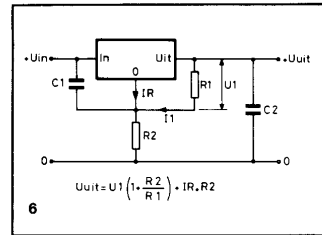
In afb. 5 is de basisschakeling rond de driepens regelaar gegeven. Buiten de spanningsregelaar zijn soms maar twee condensatoren nodig voor een complete stabilisator, eenvoudiger kan het niet! De condensator C1 is alleen nodig als de spanningsregelaar verder dan 5 cm van de afvlakcondensator wordt toegepast en moet dan een waarde van 1 tot 10 μF hebben. C2 verbetert het gedrag van de stabilisator bij sterk wisselende belastingen, de

zogenoemde 'transient response'. Ook hier is een waarde van 1 tot 10 μF nodig. C1 en C2 moeten bij voorkeur tantaalco's zijn, gewone elco's zijn ook bruikbaar, eventueel met parallel en keramische schijfcondensator.

De gespecificeerde uitgangsspanning van de driepens regelaars kan tot 5% naar beneden of naar boven afwijken. Soms is een afwijking naar beneden ontoelaatbaar, een oplossing daarvoor is in afb. 6 te zien. Door de spanningsdeler R1 en R2 wordt de nulaansluiting op een hogere spanning dan 0 V gelegd. Daar de spanningsregelaar de spanning tussen nulaansluiting en uitgang constant houdt, wordt de uitgangsspanning verhoogd met de spanning die op het knooppunt R1/R2 staat. Als de spanningsregelaar een ingestelde spanning U_1 heeft, is de stroom door R1 gegeven door $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$. De spanning over R1 volgt uit $(I_1 + I_R) R_1$, waarbij I_R de ruststroom is van de spanningsregelaar die uit de nulaansluiting stroomt. De ruststroom gegevens zijn daarom in de tabellen 1 en 2 opgenomen. De verhoogde uitgangsspanning volgt nu uit:

$$U_{uit} = U_1 + (I_1 + I_R) \times R_2 = U_1 + \left(\frac{U_1}{R_1} + I_R \right) \times R_2 = U_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_R \times R_2$$

De stroom I_1 moet in dezelfde grootte orde worden gekozen als I_R , in het algemeen zo'n 10 mA.



Uitbreiding voor grotere uitgangsströmen

Als de maximaal toegestane uitgangsstroom niet voldoende is, kan afb. 7 hier een kortsluitvaste oplossing voor geven. De kortsluitstroom wordt beperkt tot $0,85/R_s$. Bij deze schakeling wordt de stroom verdeeld tussen spanningsregelaar en transistor. De meeste fabrikanten adviseren een verhouding van 4:1 tussen transistorstroom en spanningsregelaar uitgangsstroomsterkte. Deze verdeling wordt door weerstand R1 geregeld. Over de weerstand R1 staat de spanning $0,8 I_{max}$ plus de basis-emitter spanning van de transistor, bij een uitgangsstroom I_{max} . Door weerstand R1 loopt een stroom ter grootte van $0,2 I_{max}$. De waarde van R1 volgt nu uit:

$$R_1 = 4 R_s + \frac{0,65}{0,2 I_m} = 4 R_s + \frac{3,25}{I_m}$$

(wordt vervolgd)

