
Contents

1. Specificaties	1
2. Schema	2
2.1 Van 220V naar 33V gelijk spanning	2
3. Specificaties Gestabiliseerde Voeding.....	4
4. Uitschakeling van de voeding.....	5
5. Stroom meten	6
6. Stroom begrenzer en regelbare instelling.....	8
7. Instelling van de stroom begrenzer.....	9
8. Uitlezing spanning	9

Een Laboratorium Voeding

1. Specificaties

Voor de hobbyist elektronica is een uiterst nauwkeurige voeding niet nodig, maar wel een degelijke robuuste en goedkope zelf te maken voeding is van groter belang. Daarenboven is het volledig begrijpen van het schema en het kunnen aanschaffen van de componenten van doorslaggevend belang. Maar dat betekent geenszins dat het niet moet voldoen aan bepaalde eisen.

Deze eisen zijn gebaseerd op een lange ervaring van hobbyisten die een compromis hebben gevonden tussen wat kan en wat haalbaar is.

In ECH heeft dit compromis tot het volgende geleid:

-Minimale tot maximale uitgangsspanning regelbaar van 0 tot 25 Volt

-Maximale stroom van 1 Ampère

-continu digitale uitlezing van de spanning en de stroom door de belasting

-Stroombegrenzing digitaal in te stellen van enkele mA tot maximale stroom.

-optioneel een switch die een regeling maakt van 0V tot 15V en van 0V tot 30V om onnodige warmteontwikkeling en dus stroomverspilling te voorkomen.

-Dit alles binnen een tolerantie van +- 2%.

2. Schema

2.1 Van 220V naar 33V gelijkspanning.

Het schema is afgebeeld in Figuur 1 AC/DC.

Voor een spanning te bekomen van 25V DC moet men minstens 33V DC hebben omdat ongeveer 6 volt nodig is om de rimpeling van de AC/DC omvorming te onderdrukken, bij maximale spanning en belasting.

Evenzo om 12V DC te bekomen moet men minstens 15V aan de input van de regelbare voeding hebben.

De verhouding tussen DC/AC is gelijk aan $DC[V] = AC[rmsV] \times \sqrt{2}$ en dus moet $AC[rmsV] = 24V\sim$ voor 33Vdc te bekomen en $11V\sim$ om 15V te bekomen.

Daarom is er voor de in de handel verkrijgbare toroïde transformator gekozen voor een $2 \times 12V\sim$.

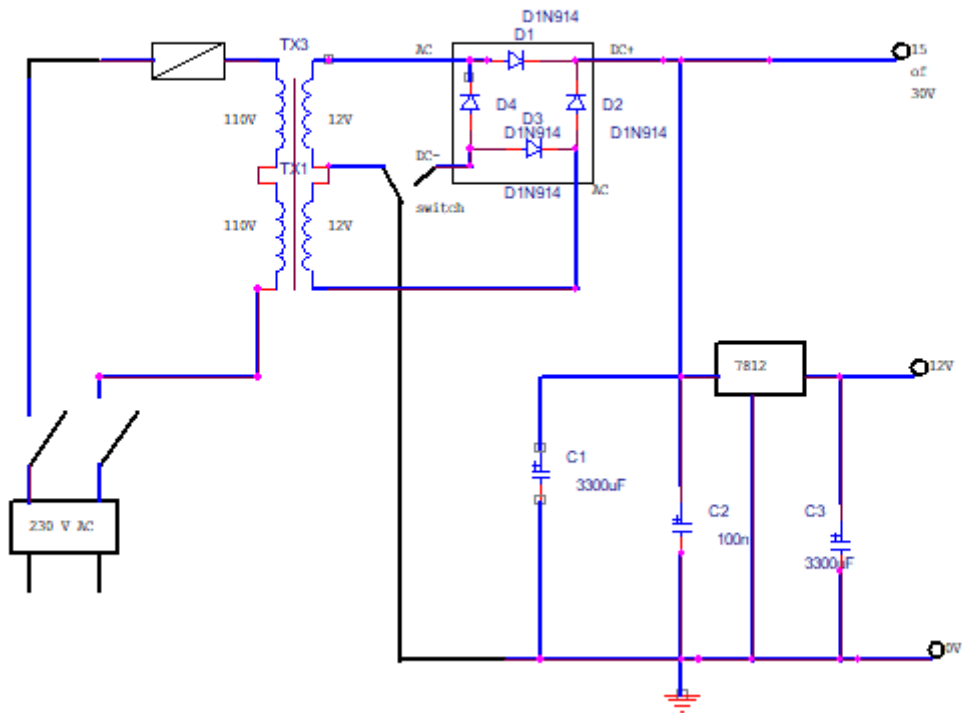
Na een dubbele aan/ uit switch (voor veiligheid worden beide draden uitgeschakeld) komt er een zekering.

Vermits het totaal vermogen gelijk is aan het maximaal te leveren vermogen plus het opgeslorpt vermogen van de schakeling die we met ruime marge schatten op 10W wordt dit $30V \times 1A + 10W = 40W$. En dus de zekering heeft een waarde van $40W/220V = 180mA$. We kiezen hiervoor een 250mA zekering.

Om 220V te bekomen verbinden we de tweemaal 110V wikkeling in serie. Let er wel op dat beide wikkelingen in fase worden doorverbonden (en niet in tegenfase!).

In de secundaire zijde leggen we ook hier de $2 \times 12V$ spanningen in serie. De midden aftakking wordt door een switch naar grond gelegd als we de 15V optie kiezen, en naar de – output van de gelijkrichters brug als we voor de 30V optie kiezen.

AC/DC



Figuur 1 AC/DC

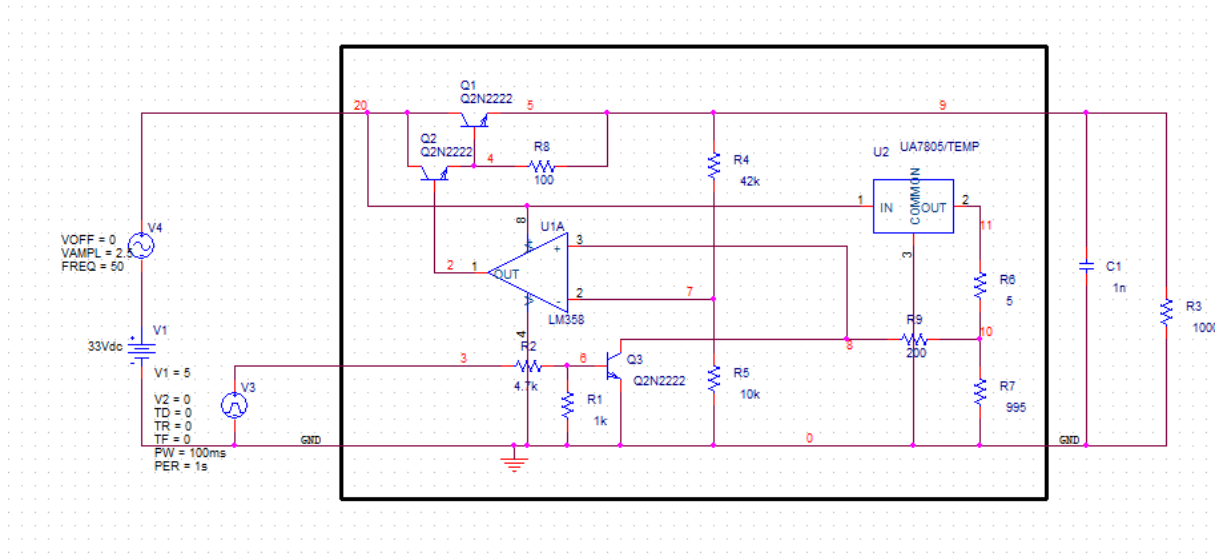
Als de switch met de midden aftakking naar grond is aangesloten dan zien we dat slechts 2 diodes van de gelijkrichtersbrug in gebruik zijn. Dit echter is volkomen juist om een dubbele gelijkrichting van beide sinus helften te bekomen.

In het andere geval is de totale spanning van 24V aan de brug gelegd en krijgen we ook een dubbele gelijkrichting en is de $DC_{max} = 24V \times \sqrt{2} = 33.9V$

Een 3300uF (60V) vlakt de halve sinusvormen af met een rimpel die maximaal gelijk is aan $V_r = 2 \times I_L / (C \times 2 \times f)$, en met $C = 3300\mu F$ wordt $V_r = 6V$ wat betekent dat de maximale spanning bij 1 ampère gelijk is aan $33.9V - 6V - 1.4V = 26.5V$.

3. Specificaties gestabiliseerde Voeding

Het schema van de gestabiliseerde voeding ziet eruit zoals in Figuur 2 Regelbare voeding.



Figuur 2 Regelbare voeding

De eisen gesteld aan deze regelbare voeding is samen te vatten als volgt.

- 1) Een rimpel van 6V bij allergrootste belasting moet onderdrukt worden.
- 2) De uitgang is regelbaar van (bijna) 0 V tot 25 V.
- 3) Bij overstroom moet de voeding uitgeschakeld worden tot (bijna) 0 V.

Een regelbare voeding is in feite een automatische regellus, die zodanig werkt dat als de spanning, door gelijk welke reden, over de belasting stijgt (daalt) dat dan het regel circuit automatisch dusdanig reageert dat het de spanning terug doet dalen (stijgen) zodat de spanning over de belasting constant blijft.

De spanning over de belasting wordt geregeld door een potentiometer welke de spanning regelt van (theoretisch) 0 V tot zijn maximale spanning.

Om dit mogelijk te maken heeft me een zeer constante referentie spanning nodig. In dit schema is dit bekomen door een goedkope 7805 IC dat een zeer constante uitgang van 5V geeft, onafhankelijk van de rimpel spanning aan de input. De input moet in alle omstandigheden minstens 3V hoger zijn dan de output.

Een potentiometer van 1 kOhm kan hierdoor aan zijn middenaftakking een regelbare spanning leveren tussen 0 en 5V die zeer stabiel blijft vermits de uitgangsstroom steeds dezelfde belasting van 1kOhm ziet, welke gelijk is aan $5V/1k = 5mA$.

Deze spanning wordt aan de – ingang van een opamp IC aangelegd. De 200Ω weerstand heeft praktisch geen invloed vermits de input stroom van een opamp bijzonder klein is. Waarom deze 200Ω weerstand hier staat zal verder uitgelegd worden.

De spanning over de belasting wordt door een potentiometer deling dusdanig gekozen dat als de potentiometer op zijn hoogste staat, en dus 5V aan de – input legt, de deling van de weerstanden R4 en R5 zodanig is dat de spanning dan ook precies 5V bedraagt bij een maximaal te regelen spanning (in ons geval 25V maximaal) En deze spanning wordt aan de +ingang van de opamp gelegd.

De weerstandswaarden zijn dan als volgt te berekenen.

$V_{out}/V_{+} = (R_4+R_5)/R_5$. Kiezen we één weerstand (bv. $R_5 = 10K$) dan is $R_4 = (V_{out}-V_{+}) \times 10k/V_{+} = 40k$.

Een normale weerstand van 42k is dan een goede keuze.

De opamp vermenigvuldigt het verschil tussen V+ en V- met minimaal 10000 tot meer dan 100000, zodat bij 1/10000 volt verschil aan de uitgang van de opamp een spanning van 1V verschijnt.

De LM358 Opamp is een speciale opamp, die zo ontworpen is dat hij een signaal van 0V tot een signaal dat (bijna) zijn Vcc spanning kan verwerken. Men noemt dat een "rail to rail" versterker.

Voornamelijk als men een regelspanning wil bekomen tot (bijna) 0 V, dan moet de potentiometer naar 0 Ω gedraaid worden. Maar dan staat op de +input ook 0 V en deze 0V moet ook vermenigvuldigd worden door de IC dusdanig dat aan de uitgang $0.7V + 0.7V = 1.4V$ staat. (Deze tweemaal 0.7V is de spanningsval over de twee transistoren in een Darlington schakeling.

Een darlington schakeling heeft het voordeel dat maximaal slechts 1/10000 van de belastingstroom door de IC moet geleverd worden.

4. Uitschakeling van de voeding

Wanneer er een stroom gemeten wordt die hoger is dan de ingestelde stroombegrenzer dan verschijnt er een spanning van ongeveer 11.8 V aan het punt 3 van de schakeling. Indien de stroom niet overschreden is staat dit punt op 0V. De werking van deze stroombeveiliging is verder in dit document uitgelegd.

Bij een spanning van 11.8V gaat transistor Q3 volledig in geleiding zodat zijn collector op minder dan 0.2V komt. Deze spanning komt rechtstreeks op de +input van de IC en legt dus ook de uitgangspanning op minder dan $0.2V \times (R4 + R5)/R5$ (Simulaties geven 0.8 bij maximale belasting).

Maar als de potentiometer op zijn hoogste niveau zou staan dan zou Q3 in geleiding de referentie spanning van 5V uit de 7805 IC gewoon kortsluiten indien die 200Ω weerstand er niet was tussen geplaatst.

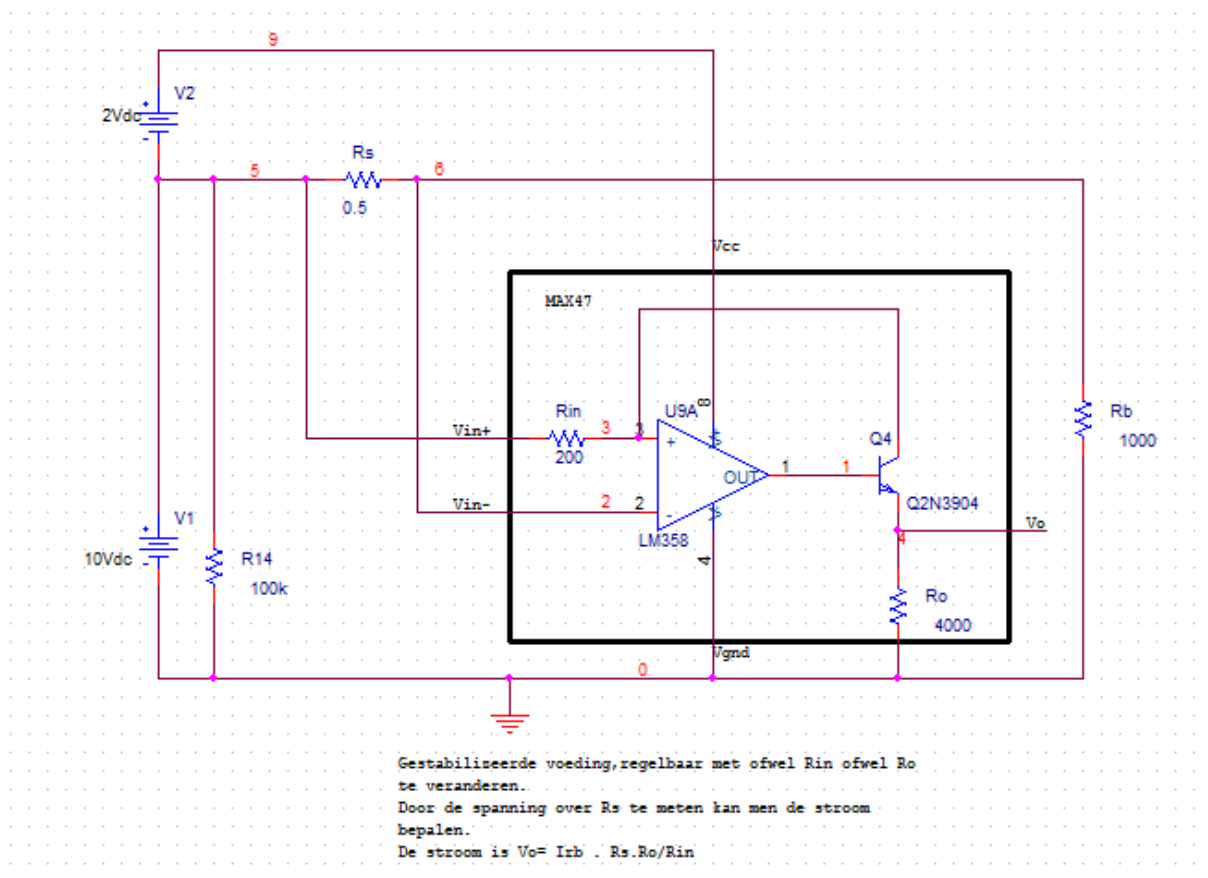
Vermits de basisstroom van de LM358 IC bijzonder klein is heeft deze weerstand van 200Ω praktisch geen invloed op de regeling.

5. Stroom meten

Het principe om stroom te meten is in feite niets anders dan de spanning te meten over een kleine weerstand die in serie staat met de belasting. Een kleine weerstand omdat de spanningsval over deze weerstand de gestabiliseerde uitgangsspanning noch het maximale vermogen van de schakeling mag beïnvloeden. Het is echter niet zo eenvoudig om een spanning over een “zwevende” weerstand voldoende nauwkeurig te meten en om te vormen tot een leesbare waarde op een eenvoudige (digitale) voltmeter.

Daarom zijn er speciale IC ontwikkeld (MAX 4173), die alle moeilijkheden, hebben opgelost.

Het principschema van zo een circuit is voorgesteld in Figuur 3 .



Figuur 3 Stroommeting

In deze simulatie is een 10V spanningsbron die een belasting Rb heeft en in serie een Rs.

Door het circuit rond de LM358 “rail to rail” versterker wordt de “zwevende” spanning over Rs gemeten en omgevormd tot een spanning Vo welke een uitlezing geeft van $V_o = R \cdot I_b$ waarin $R = 1$ zodat $V_o = 1 \cdot I_b = I_b$. (I_b is Stroom door de belasting)

Dit gebeurt als volgt. Indien men de schakeling goed bekijkt dan weet men dat door de tegenkoppeling van de uitgang naar de ingang de versterker punt 3 gelijk wil krijgen met punt 2, want als er een negatief verschil zou zijn tussen 3 en 2 dan zal de output 1 dalen en de collector van de transistor stijgen, totdat 3 (theoretisch) gelijkkomt met 2.

Maar als $V_2 = V_3$ dan is de spanning over Rs gelijk aan de spanning over Rin.

Dit betekent ook dat $R_s \times I_b = R_{in} \times I_c$ met I_c de stroom door de transistor. En dus $I_b \cdot R_s / R_{in} = I_c$.

Nu is $I_c \times R_o = V_o$, indien de basis stroom van de transistor verwaarloosbaar klein is ten opzichte van de I_c stroom, of $I_c = V_o/R_o$.

Dan wordt men vorige formule

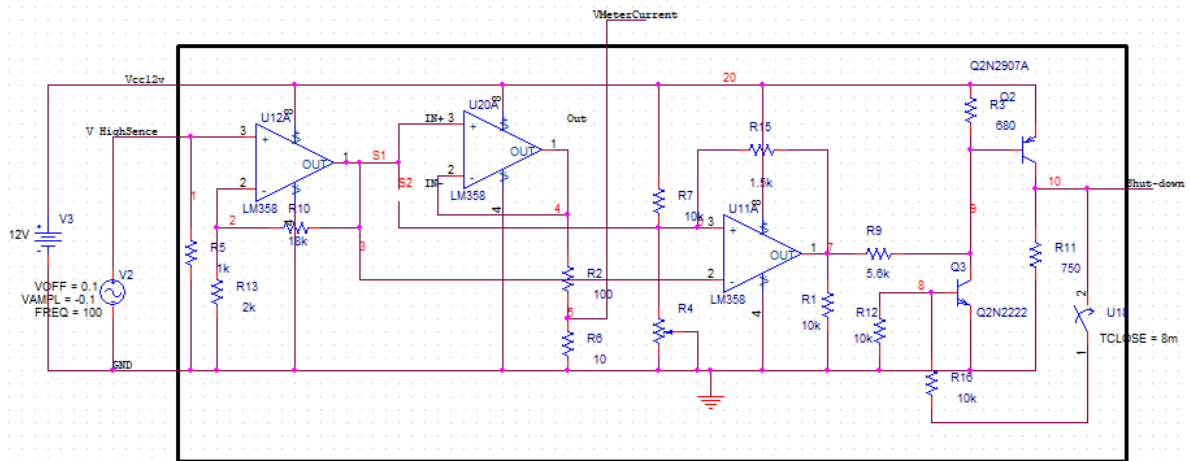
$I_b \cdot R_s / R_{in} = V_o / R_o$ of anders geschreven $V_o = I_b \cdot R_s \cdot R_o / R_{in}$.

Maken we de combinatie $R_s \cdot R_o / R_{in} = 1\Omega$ bijvoorbeeld door $R_s = 0.5\Omega$ te nemen en $R_o / R_{in} = 2$ dan is $V_o = 1\Omega \cdot I_b$.

De weerstandswaarden van de MAX4173 zijn echter zo gekozen dat de V_o uitgang 1/10 volt geeft van de I_b dat wil zeggen dat $R_s \cdot R_o / R_{in} = R_s \cdot 12000 / 600$ en met $R_s = 5m\Omega$ wordt $R_s \cdot R_o / R_{in} = 1/10$.

6. Stroom begrenzer en regelbare instelling.

De schakeling is zoals afgebeeld in Figuur 4 stroom meter en begrenzer.



Figuur 4 stroom meter en begrenzer

Deze stroommeter en begrenzer moet aan de volgende eisen voldoen:

- 1) Continu de stroom meten die door de belasting gaat van enkele mA tot de maximale stroom van 1A.
- 2) Bij voorbaat de maximale toelaatbare stroom door de belasting instellen, en op gelijk welk ogenblik deze maximale waarde aanpassen en toonbaar maken op een digitale display.
- 3) Met een "Rsense" van enkele mΩ ingeschakeld in de Vo+ kabel maar zodanig dat deze "Rsense" de regelbare voeding niet beïnvloedt wanneer de belasting varieert.
- 4) Wanneer de ingestelde stroom overschreden wordt moet de voeding afgesloten worden door de spanning tot bijna 0V te doen dalen.
- 5) Eens de ingestelde stroom overschreden is blijft de voeding op bijna 0V totdat de overschreden stroom verwijderd is en een druk op een switch de schakeling terug normaal laat verlopen.

De Vo van vorige schakeling wordt eerst aan de + input van een LM358 gelegd en met de weerstanden R10 en R13 wordt het signaal met precies 10 vermenigvuldigd zodat de output precies de spanning aangeeft.

Tegelijkertijd is deze versterker een buffer met een zeer grote input impedantie en een zeer kleine output impedantie.

Alzo wordt Vo niet beïnvloedt door de rest van de schakeling en wordt er een spanningsbron met kleine inwendige weerstand aan de daaropvolgende Schmitt trigger circuit gekoppeld.

Het doel van de Schmitt trigger is, dat als er een spanning aan de ingang wordt aangeboden die hoger is dan de spanning over de potentiometer de uitgang van de schmitt trigger naar (bijna) grondniveau zakt, en in deze toestand blijft totdat de input spanning beneden een ondergrens zakt.

Deze ondergrens is de te berekenen als volgt:

$V_{cc}/R_p//1.5K = V_{in}/R_p//1.5K$ hierin betekent $R_p//1.5K$ de parallel weerstandswaarde van de potentiometer (in ons geval 500Ω) en $R15 = 1.5KΩ$.

Na wat rekenwerk bekomt men dat $V_{in} < V_{cc} \cdot R_p / (R7 + R_p)$ of maximaal kleiner dan ongeveer 0.57V.

Wanneer de output (1) laag is (bijna 0V), (en dit gebeurt als de maximaal ingestelde stroom overschreden wordt) zal ook transistor Q2 in geleiding komen en zijn collector stijgt naar $V_{cc} - 0.2V$.

Hierdoor zal de rode LED gaan branden maar ook zal deze spanning naar de ingang van de schakeling "uitschakelen van de voeding" gaan zoals in die voorgaande paragraaf is uitgelegd.

Nu komt er wel een eigenaardig verschijnsel. Immers als de voeding wordt naar beneden getrokken zal ook de stroom door de belasting naar beneden gaan en komt de ingang van de stroommeting onder de 0.57V. Hierdoor zou de schakeling terug opstarten tot zijn volle spanning en opnieuw zou de schmitt trigger omslaan. Dit blijft zich herhalen, met ander woorden de schakeling begint te oscilleren. Het resultaat is dat weliswaar de overstroom wordt afgesloten gedurende een korte periode maar telkens weer opkomt gedurende een korte periode. Deze korte periode hangt af van de capacatieve waarde van de belasting. Maar als men dit laat aanslepen kan de belasting stuk geraken of zelfs de gestabiliseerde voeding extreem warm worden, en ook stuk gaan.

Daarom is er een extra schakeling bijgevoegd rond transistor Q3.

Wanneer de switch U1 in normale stand gesloten is dan zal bij een te grote stroom ook transistor Q3 in geleiding komen. En door R9 zo de kiezen zal, wat ook de toestand van de schmitt trigger is (Output hoog (bijna 12V) of laag (bijna 0V) de transistor Q2 blijft in geleiding. Men stelt vast dat Q3 de eenmaal vastgestelde overstroom "locked" of blijft onthouden.

Alleen wanneer de te grote stroom verdwenen is hetzij door de instelwaarde met de potmeter te verhogen, of de belasting te verhogen (meestal betekent dit de kortsluiting of fout herstellen) en dan even op de switch te drukken dat de gestabiliseerde voeding terug normaal werkt.

7. Instelling van de stroom begrenzer

Natuurlijk wensen we, als we met de potentiometer de maximale toelaatbare stroom instellen, dat we dit ook op een display kunnen zien, anders blijft het een giswerk.

Dit wordt verwezenlijkt door de schakelaar (S1,S2).

In normale omstandigheden is de switch S1 doorgeschakeld en is de stroomindicatie spanning aangelegd aan de IC die als impedantie transformer is geschakeld om dezelfde reden als de vorige IC. Aan de uitgang is een (tienslag) potentiometer opgenomen waarmee de uitgang kan bijgetrimd worden om een juiste uitlezing op de stroom meter display te bekomen.

Wanneer echter de switch is in stand S2 geschakeld dan leest die in feite de spanning af over de potentiometer aan de Schmitt trigger waarmee juist de maximale stroomwaarde wordt ingesteld.

Dus vooraleer de belasting wordt aangesloten, maar ook gedurende dat de belasting is aangesloten maar niet over de maximaal ingestelde stroom verbruikt, kan men dus de maximaal ingestelde stroom meten en visualiseren op de stroommeter display.

8. Uitlezing spanning

Een digitale voltmeter wordt aangesloten tussen output 9 van Figuur 2 Regelbare voeding en de grond. Noteer dat de uitlezing gebeurt na de R_s en dus de spanning over R_s is hierin niet opgenomen alleen de zuivere spanning over de belasting.

Jan Spaenjers