

# Deutsche Beschreibung für das 0 – 300 V Regelnetzteil Modul

(Alimentation Haute Tension Regulee Variable)

Mit freundlicher Genehmigung von Alain Ducrocq

Übersetzung: Frank Waffen / Thomas Albrecht (2012/02)

## Inhaltsverzeichnis

1. Sicherheitshinweise
2. Allgemeine Merkmale (Basisversion)
3. Anschluss der Platine
4. Erste Schritte
5. Schaltungsbeschreibung / Änderung der Ausgangsparameter
6. Probleme und Lösungen
7. Volt,- und Amperemetermodul

# 1 Sicherheitshinweise

An dieser Schaltung liegen gefährlich hohe Spannungen an, zum Zusammenbau und zur Nutzung sollten Sie über die notwendigen Kenntnisse verfügen und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen vor der Inbetriebnahme treffen.

Beachten Sie bei der Beschaffung des Transformators, dass dieser die erforderliche Leistung liefert. Der Trafo muss mindestens die 1,4fache Leistung liefern, die Sie der Schaltung entnehmen wollen. Dieser Umstand ist auch bei der Berechnung der erforderlichen Sicherungen zu berücksichtigen. In der Basisversion liefert die Schaltung 150 mA bei max. 300 Volt ( $300 \text{ V} \times 0,15 \text{ A} = \text{ca. } 45 \text{ W}$ ). Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 1,4, sollte der Transformator mindestens 60 VA liefern. Bei Verwendung eines 60 VA Trafos an 230 Volt Primärspannung, sollte dieser mit einer Primärsicherung von etwa 300 mA - 350 mA abgesichert werden.

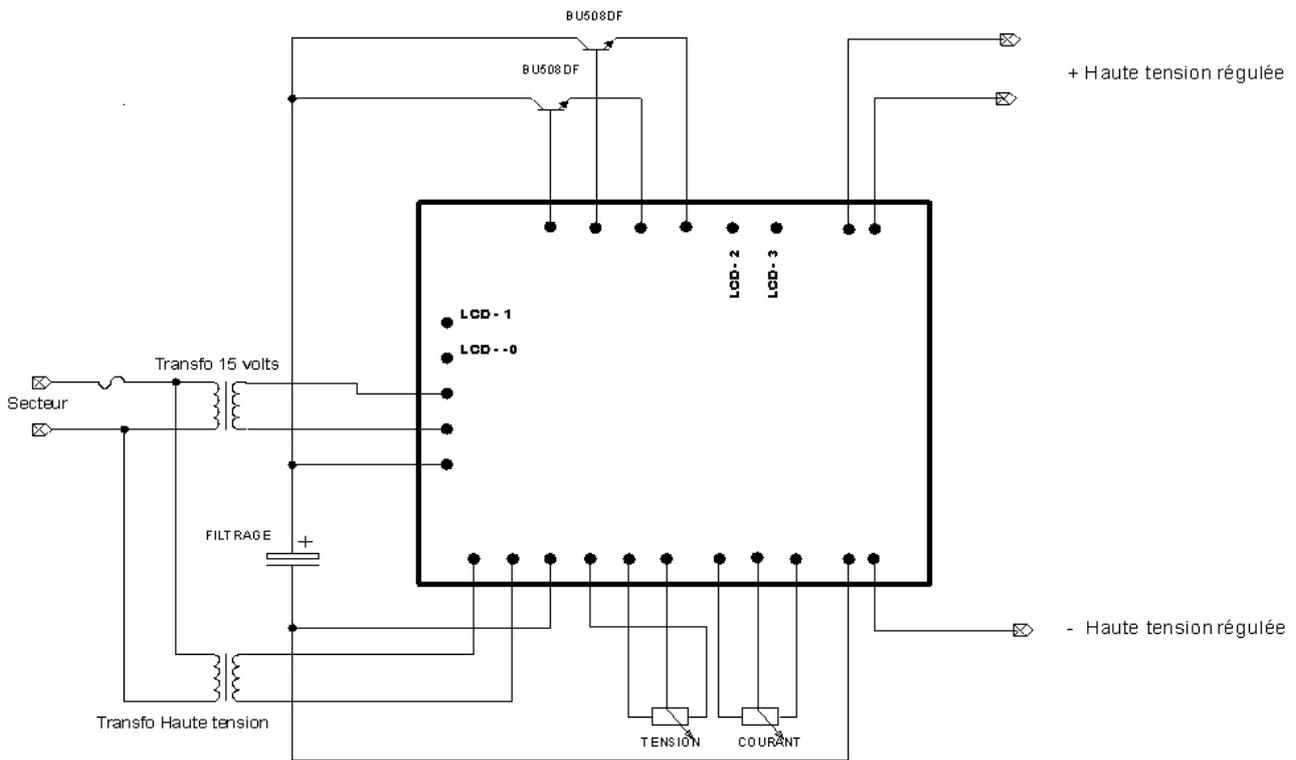
Es ist möglich, dass die Sicherung beim Einschalten durchbrennt. Die Ursache kann in einem Siebkondensator großer Kapazität begründet sein, der einen sehr hohen Einschaltstrom zur Folge hat. In diesem Fall verwenden Sie eine trägere Sicherung gleicher Stärke.

Berücksichtigen Sie auch, dass nach dem Trennen der Stromversorgung die Kondensatoren für lange Zeit auf hohe Spannung geladen sind. Entladen Sie die Kondensatoren vor dem Arbeiten an der Schaltung. Es ist eine gute Methode, die Siebkondensatoren mit einen Widerstand von 150 Ohm / 1 Watt zu entladen. Dies kann etwa 30 Sekunden dauern, prüfen Sie mit einem Voltmeter das sich die Spannung auf ungefährliches Niveau abgebaut hat.

## 2 Allgemeine Merkmale (Basisversion)

- Betrieb als Strom,- oder Spannungsquelle
- Bereich der Ausgangsspannung : 0 V bis 300 V für eine Eingangsspannung von 340 Volt DC geglättet, bzw.  $\sim 240 \text{ V AC}$
- Regelbereich des Ausgangsstroms : 0 bis 150 mA
- Regelgenauigkeit :  $> 0,2\%$

### 3 Anschluss der Platine



#### Anschlussplan

Das Modul wird mit angeschlossenen Potentiometern und Leistungstransistoren, abgeglichen und geprüft ausgeliefert. Sie müssen noch einen 15 Volt Transformator (min. 200 mA) zur Versorgung der Steuerelektronik, sowie den Hochspannungstransformator anschließen. Der Hochspannungstransformator wird je nach gewünschtem Ausgangsspannungsbereich gewählt. In der Grundversion mit 0 bis 300 Volt Ausgangsspannung, wird ein Transformator mit einer Sekundärspannung von 240 Volt (eff.) benötigt (ca. 330 Volt am Siebelko).

Der Siebkondensator wird aus Platzgründen außerhalb der Platine untergebracht, der Wert sollte 220 uF / 450 Volt betragen.

Die beiden Transistoren BU508DF müssen unbedingt auf einem Kühlkörper montiert werden. Wenn Sie ein Metallgehäuse verwenden, reicht es sie mit einer Schraube zu befestigen, die Transistorgehäuse sind isoliert. An den Transistoren liegt die Spannungsdifferenz zwischen Eingang und Ausgang an. Die mit der Potenz des Stroms anfallende Verlustleistung wird an den Transistoren in Wärme umgesetzt. Die stärkste Belastung ist der Kurzschluss des Ausgangs mit einem maximalen Strom von 150 mA, dann ist die maximale Verlustleistung erreicht. Grundversion:  $340 \text{ Volt} \times 0,15 \text{ A} = 51 \text{ Watt}$  - oder ca. 25 Watt pro Transistor! Die Transistoren müssen ausreichend gekühlt werden damit sie nicht zerstört werden.

Um eine optimale Funktion zu gewährleisten sind beim Anschluss des Siebkondensators einige Dinge zu beachten. Die beiden Minuskontakte des Moduls werden an den Minuspol des Elkos angeschlossen. Der Pluskontakt des Moduls wird zuerst mit dem Pluspol des Kondensators verbunden und danach mit den Kollektoren der BU508. Die beiden Ausgänge "+ Haute tension régulée" werden gemeinsam auf der Platine des Moduls verbunden.

**Warnung:** Der 15 Volt Transformator des Netzteilmoduls und die Anschlüsse der Potentiometer führen Hochspannungspotential. Arbeiten Sie nicht an der Platine, wenn Hochspannung anliegt!

#### Hinweis:

**Es ist auch möglich ein zur Schaltung passendes Modul zur Anzeige von Ausgangsspannung,- und Strom anzuschließen (siehe Kapitel 7). Das mit einem Mikroprozessor ausgestattete LCD-Display Modul ist zum Festpreis von 28,- € erhältlich.**

## 4 Erste Schritte

Das Modul sollte mit allen Bauteilen in ein Gehäuse eingebaut werden. Vor dem ersten Test sollte eine Überprüfung auf die richtige Verdrahtung und Kurzschlüsse durchgeführt werden.

Selbstverständlich kann man auch ein Voltmeter parallel und ein Amperemeter in Reihe zum Ausgang anschließen.

Eine Netzsicherung (mit entsprechendem Wert) muss vorhanden sein. Zusätzliche Sicherheit erhalten Sie, wenn Sie für den ersten Test eine Glühbirne 230 Volt / 40 Watt in Reihe zur Hochspannungswicklung des Transformators schalten. Die Glühlampe begrenzt den Strom und leuchtet im Falle eines Problems.

Überprüfen Sie noch einmal die Schaltung auf Kurzschlüsse und schließen Sie ein Voltmeter an den Ausgängen der Stromversorgung an. Berühren Sie während der Tests nicht die Anschlüsse der Potentiometer oder einen Teil der Schaltung.

Stellen Sie das Spannungs-Potentiometer auf Mittelstellung und schalten Sie das Modul ein, das Voltmeter sollte eine Spannung von etwa 150 Volt anzeigen.

Drehen sie nun das Potentiometer auf min. und anschließend auf die max. Position. Das Voltmeter sollte eine Spannung von 0 V (min. Position des Potentiometers) bis mehr als 300 V (max. Position des Potentiometers) anzeigen.

Schalten Sie die Stromversorgung aus.

Nun können Sie den Ausgang mit einer Last verbinden, z.B. eine Glühlampe 230V / 25 Watt (eignet sich perfekt für die Prüfung).

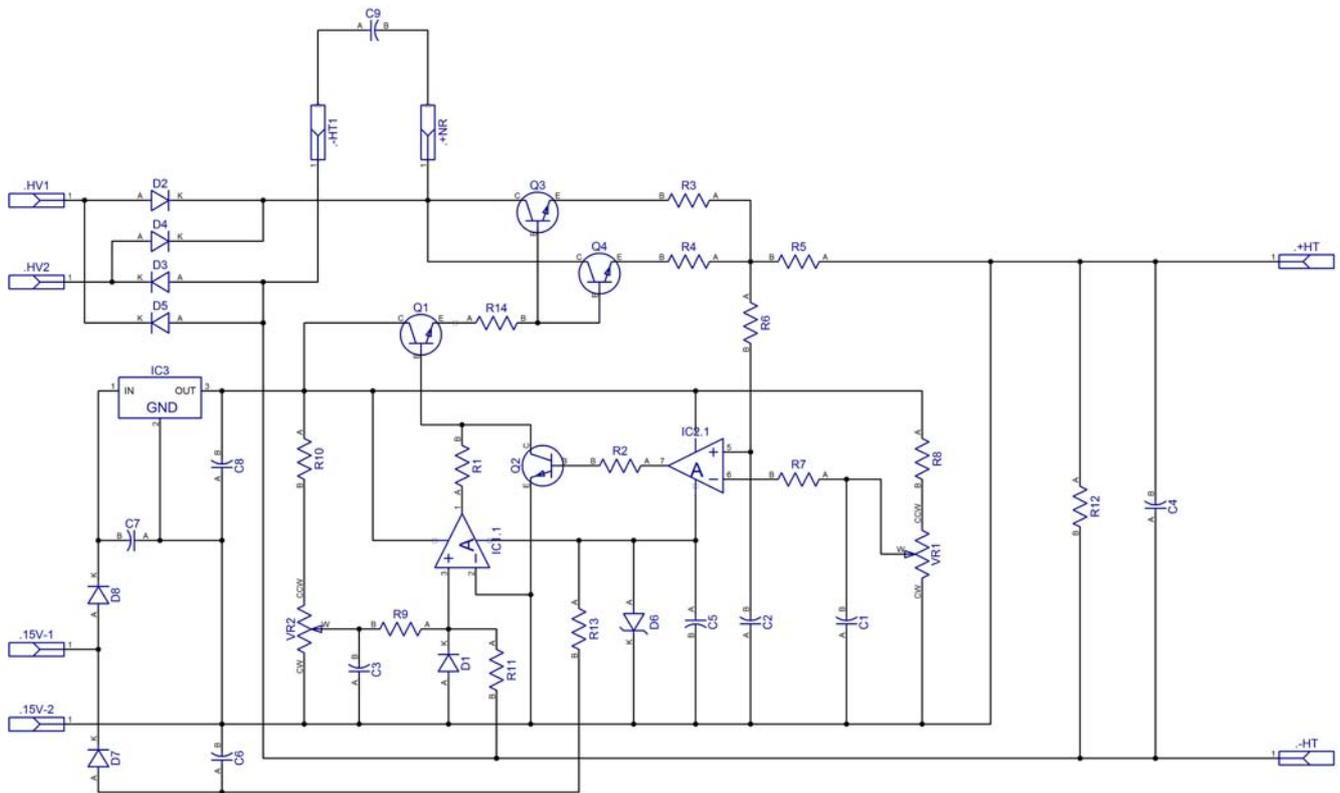
Schalten Sie die Stromversorgung wieder ein.

Stellen Sie das Spannungs-Potentiometer zunächst auf minimale Ausgangsspannung (0 V) und drehen Sie anschließend das Potentiometer im Uhrzeigersinn bis die Glühlampe schwach leuchtet (ca. 110 V am Ausgang).

Drehen Sie nun das Strom-Potentiometer auf Minimum, die Helligkeit der Lampe wird bei Ansprechen der Strombegrenzung abnehmen.

Stellen Sie die Potentiometer auf Mittelstellung, das Modul ist jetzt einsatzbereit.

# Funktionsprinzip der Schaltung



**Blockschaltbild der Stromversorgung**

Liste der Bauteile:

R1	1,8 KOhm	D1	1N4148
R2	2,2 KOhm	D2 – D5	1N4007
R3	10 Ohm / 1 Watt	D6	ZDiode 5,1 Volt / 250 mW
R4	10 Ohm / 1 Watt	D7 – D8	1N4007
R5	10 Ohm / 1 Watt	Q1	2N2222
R6	10 KOhm	Q2	BC237
R7	10 KOhm	Q3 – Q4	BU508DF auf Kühlkörper
R8	68 KOhm Präzisionstrimmer	IC1 – IC2	TL062
R9	10 KOhm	IC3	78L12
R10	15 KOhm Präzisionstrimmer	VR1	Potentiometer 10 KOhm lin.
R11	1 MOhm / 1 Watt	VR2	Potentiometer 10 KOhm lin.
R12	150 KOhm / 1 Watt		
R13	1 KOhm		
R14	470 Ohm		
C1	0,1 µF / 50 Volt		
C2	0,47 µF / 16 Volt		
C3	10 nF / 50 Volt		
C4	22 µF / 350 Volt		
C5	0,1 µF / 50 Volt		
C6	47 µF / 25 Volt		
C7	470 µF / 25 Volt		
C8	0,1 µF / 50 Volt		
C9	220 uF / 450 Volt (nicht auf der Platine, siehe Text)		

## 5 Schaltungsbeschreibung:

Die Schaltung wird aus Sicht des Ausgangs analysiert, alle Hinweise stehen in Bezug auf die geregelte Ausgangsspannung '+ HT'. Die Schaltung erlaubt die Verwendung von Standardkomponenten für den Regelkreis.

Der Fehlerverstärker zur Spannungsregelung besteht aus dem Verstärker IC1.1. Dieser erhält einen Strombezug über den Widerstand R9 vom Spannungspotentiometer VR2. Gleichzeitig wird über R11 ein Strom umgekehrter Polarität injiziert, der proportional zur Ausgangsspannung ist.

Der Verstärker überwacht die Ausgangsspannung auf Nullsumme seiner Eingänge (+ Eingang, Pin 3 als Referenzeingang und das Potential des Bezugspunktes '+ HT' am - Eingang, Pin 2).

Der gepufferte Ausgang von IC1.1 steuert den Transistor Q1 an, der genügend Strom für die beiden Leistungstransistoren Q3 - Q4 liefert. Der Ausgleich erfolgt durch die Widerstände R3 und R4.

Für die Strombegrenzung wird der zweite Verstärker IC2.1 verwendet. Der Eingang + (Pin 5) erhält eine Spannung, die proportional zum Strom durch R5 ist. Die Spannung wird mit dem Sollwert von Potentiometer VR1 und einem Referenzwert verglichen. Dies bewirkt, dass der Transistor Q2 die Driftspannung der Steuertransistoren kontrolliert.

### Ändern der Ausgangsspannung und / oder Strombegrenzung :

Der Widerstand R10 und das Potentiometer VR2 + R9 bilden einen Spannungsteiler. Die Ausgangsspannung hat den 100fachen Wert der Spannung am Potentiometer VR2 (innerhalb von 5 % aufgrund der Toleranzen der R9 und R11).

Die maximale Spannung am Potentiometer VR2 wird wie folgt berechnet:

$$VR2 \text{ max. (in Volt)} = 12 \times 5000 / R10 \text{ (in Ohm)} + 5000$$

Wenn Sie also den Wert von R10 verringern, sinkt die maximale Spannung des Hochspannungsausgangs.

Der Widerstand R8 in Reihe mit VR1 bilden auf dieselbe Weise einen Spannungsteiler, der den Schwellwert für den Komparator IC2.1 bestimmt. Wenn der Spannungsabfall am Widerstand R5 den Schwellwert überschreitet, begrenzt Schaltung den Strom des Ausganges.

Der maximale Strom in mA beträgt  $100 \times V$  am Potentiometer VR1 (innerhalb 10%).

Beispiel:  $I \text{ max.} = 150 \text{ mA}$ , wenn  $V \text{ max.} = 1,5 \text{ V}$  an VR1

Wenn Sie den Wert von R8 verringern, sinkt der maximale Ausgangsstrom des Hochspannungsausgangs.

$$V_{\text{max an VR1}} = 12 \times VR1 / R8 + VR1 \text{ (alle Werte in Ohm und Volt)}$$

Natürlich gibt es auch absolute Grenzen in Bezug auf die Transistoren BU508. Nicht mehr als 30 Watt pro Transistor (60 W gesamt) und 500 Volt max. Ausgangsspannung (550 Volt am Eingang). Lesen Sie dazu ggf. noch einmal die erste Seite der Beschreibung. Bei mehr als 350 Volt am Eingang, ist der maximale Strom auf 50 mA pro Transistor zu begrenzen.

Wenn Sie mehr als 300 Volt Ausgangsspannung einplanen, ist für C4 auch ein Kondensator mit höherer Spannungsfestigkeit erforderlich.

## 6 Probleme und Lösungen:

### Keine Hochspannung am Ausgang :

- Überprüfen Sie die Sicherung(en)
- Überprüfen Sie den Siebkondensator
- Überprüfen Sie die 15 Volt Stromversorgung
- Stellen Sie die Potentiometer auf Mittelstellung
- Überprüfen Sie die Verdrahtung des Moduls

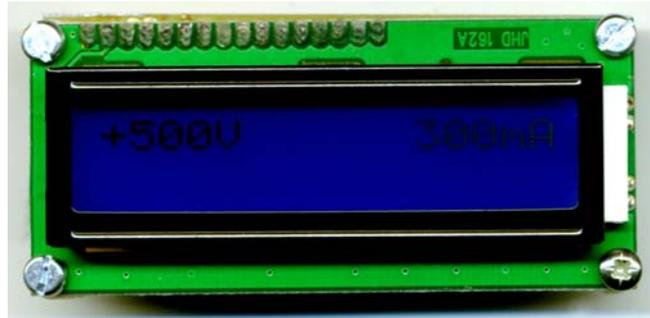
### Ausgangsspannung unzureichend, oder schlechte Regelung :

- Stellen Sie das Potentiometer auf das aktuelle Maximum
- Achten Sie auf den maximalen Ausgangsstrom (150 mA in der Basisversion)
- Prüfen Sie, ob Spannung am Siebkondensator anliegt (mindestens 15 Volt höher als die benötigte Ausgangsspannung)

### Plötzlicher Ausfall der Ausgangsspannung :

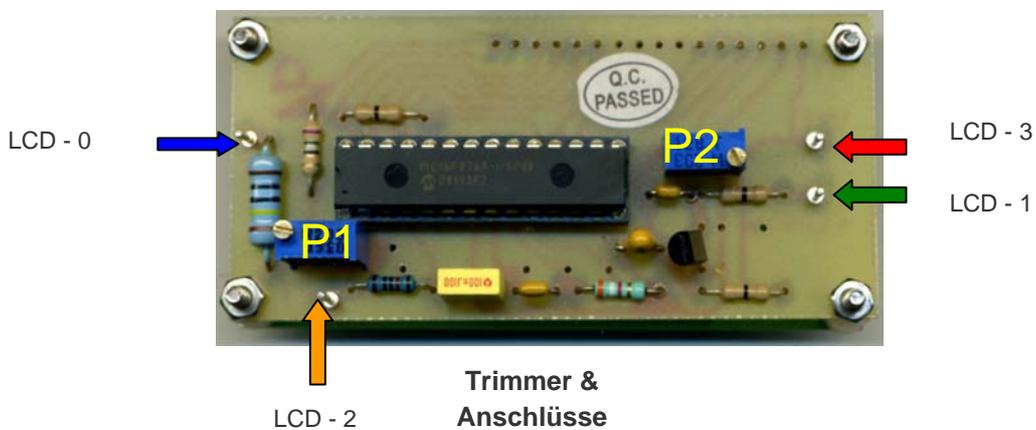
- Überprüfung der beiden Transistoren BU508 (möglicher Ausfall eines oder beider Transistoren durch Überhitzung)

# 7 Volt,- und Amperemetermodul (MODULE VOLTMETRE – AMPEREMETRE)



Ansicht im Messbetrieb

Anmerkung: Bei mehr als 160 mA Strom erscheint in der 2.Zeile 'OVERLOAD' s '



Trimmer & Anschlüsse

LCD – 0 : Ausgang [- Haute tension] (- Hochspannung)

LCD – 1 : Display-Versorgung + 8 V bis + 15 V \*

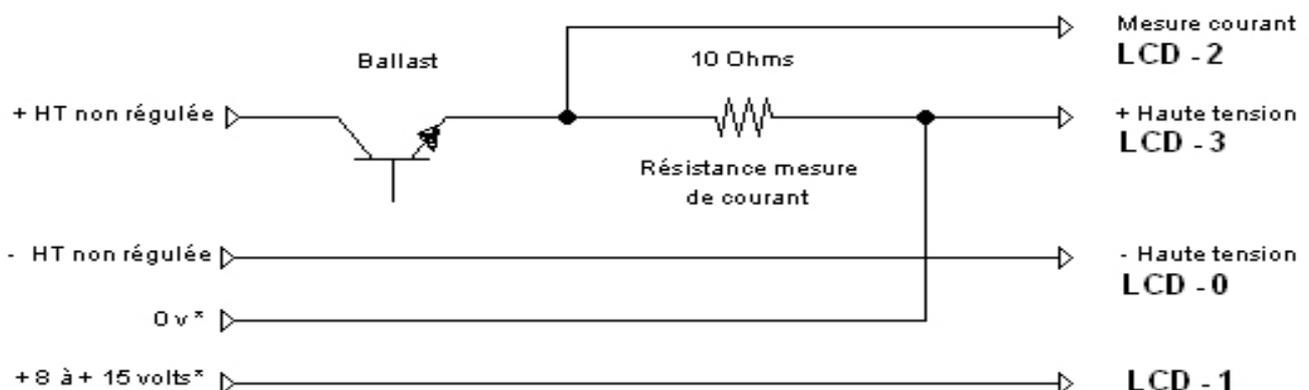
LCD – 2 : Shunt-Widerstand zur Strommessung (hinter den Leistungstransistoren)

LCD – 3 : Ausgang [+ Haute tension] (+ Hochspannung) und 0 V Display-Versorgung

P1 : Einstellen der Anzeige des Spannungswertes

P2 : Einstellung des Displaykontrasts

\* Anmerkung: Die + 8 V bis + 15 V Versorgung des Displays ist schwebend! (Potential der Ausgangsspannung)



Beispiel für den Anschluss