

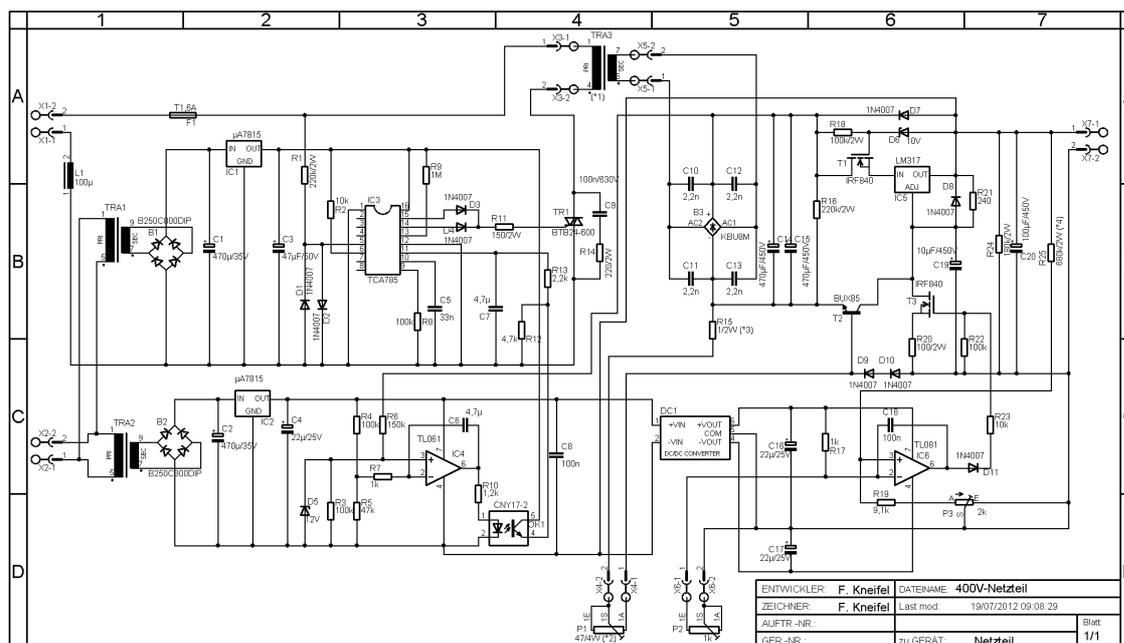
Baubeschreibung Hochspannungsnetzteil maximal 400V / maximal 1A

von Frank Kneifel

ACHTUNG - Bei diesem Projekt wird mit hohen Spannungen gearbeitet, Teile der Schaltung liegen direkt am 230V-Netz.

Es besteht bei unsachgemäßer Handhabung Lebensgefahr!

Das Netzteil ist ein verlustarmes Netzteil mit Triac-Vorregelung. Die Vorregelung arbeitet so, dass an der eigentlichen Regelung mit T1 und IC5 (LM317) immer nur ca. 12V abfallen. So könne die Verluste in Grenzen gehalten werden. Zusätzlich kann das Netzteil an eigene Bedürfnisse in Bezug auf maximale Ausgangsspannung und maximalen Ausgangsstrom angepasst werden. Die maximale Ausgangsspannung liegt bei 400V, der maximale Ausgangsstrom beträgt 1A.



Links oben ist die Triac-Ansteuerschaltung, links unten die Regelschaltung dazu.

Rechts oben ist der Längsregler, rechts unten ist die Steuerung des Längsreglers.

Die Spannungsversorgung für die Steuerung des Längsreglers wird von dem DC/DC-Wandler DC1 übernommen. Damit ist eine galvanische Trennung der einzelnen Module realisiert.

Es sind noch einige Bauteile zur Störminimierung wie L1, der Snubber C9 / R14 und die Kondensatoren C10 bis C13 eingefügt. Mit dem Trimpoti P3 kann der maximale Stellbereich des Potis P3 abgeglichen werden.

Das Triac-Modul schaltet in jeder Halbwelle die Netzspannung zu dem Zeitpunkt an den Netztrafo TRA3, dass der Spannungsabfall am Längsregler immer 12V beträgt. Die Verluste im Netzteil sind stark herab gesetzt.

Das Netzteil ist so entwickelt, dass es sich schnell an vorhandene Trafos (TRA3) und gewünschte Ausgangsspannungen und Ströme angepasst werden kann.

Die maximale Ausgangsspannung beträgt 400V, sie wird durch die Spannungsfestigkeit der Siebelkos C14, C15, C19, C20 und der Spannungsfestigkeit des Transistors T2 bestimmt.

Der maximale sichere Ausgangsstrom beträgt 1A, er wird durch T1 bestimmt.

Die Verluste im Netzteil betragen ca.:

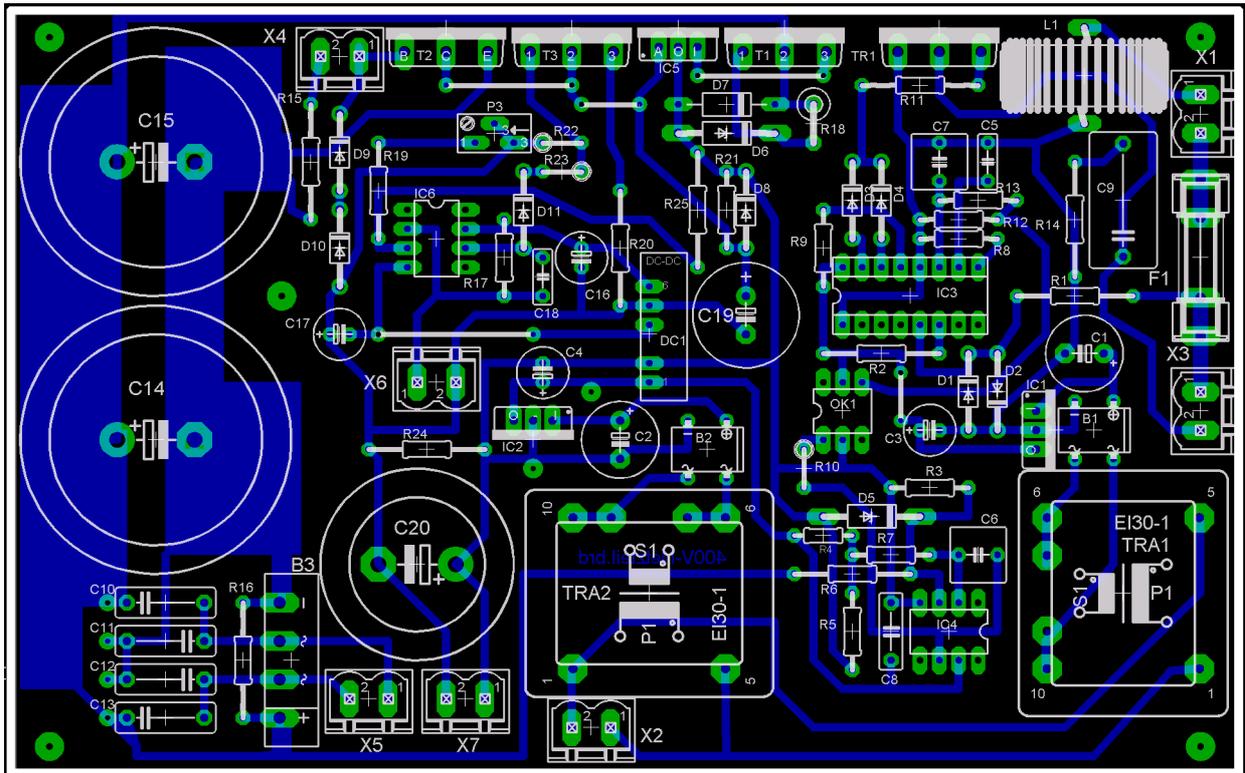
- Triac-Regelmodul - 15V bei 70mA macht 1,05W, gehe ich mal von einem Trafowirkungsgrad von 70% aus so macht das 1,5W.
- Der Stromverbrauch der Steuerschaltung um IC4 beträgt ca. 10mA, macht 0,15W. Bei 70% Trafowirkungsgrad sind das 0,21W.
- Der Stromverbrauch der Steuerschaltung um IC6 beträgt unter 1mA, ist also vernachlässigbar.
- Über den Transistor T3 fallen bei 400V Ausgangsspannung 2W ab ($400V \cdot 5mA$ Querstrom)
- Da der Spannungsabfall über den Längsregler immer 12V beträgt, ist die Verlustleistung bei 600mA Ausgangsstrom 7,2W
- Die Verluste über den Gleichrichter B3 bei Vollast, den Triac und sonstige Bauteile belaufen sich über den Daumen gepeilt auf ca. 4W.

Das macht zusammen maximal 14,91W. Und es ist egal ob ich eine Ausgangsspannung von 400V oder 150V nutze.

Bei 100mA Last am Ausgang beträgt die Verlustleistung sogar nur 8,91W. Selbst bei voller Ausnutzung des Netzteils mit 1A beträgt die maximale Verlustleistung 19,71W.

Diese Verluste sind mit einem relativ kleinen Kühlkörper leicht abzuführen.

Die Platine hat eine Fläche von 100mm * 160mm.



Die unter- und rechts oberhalb von dem Spannungsregler IC2 liegenden Löt pads sind zur Abnahme einer 15V-Hilfsspannung vorgesehen. Damit kann z.B. ein Relais geschaltet werden.

An diesen Pads steht eine Spannung von 15V mit maximal 60mA zur Verfügung.

Die Mindestabstände der mit dem 230V-Netzspannung verbundenen Leiterbahnen betragen 2,5mm zum Rest der Schaltung. Bei der Gehäuseform der Transistoren wurde die Gehäuseform TO218 gewählt, da dort verschiedene Transistoren eingesetzt werden können. Die Anschlussbeine der Transistoren müssen evtl. passend nachgebogen werden.

Die Transistoren, der Triac und der LM317 müssen isoliert auf dem Kühlkörper befestigt werden.

Die 230V-Leiterbahnen von den Anschlussklemmen zum Triac TR1 sollten mindestens dick verzinkt, evtl. mit Kupferdraht verstärkt werden.

Sonst könnte im Kurzschlussfall nicht nur die Sicherung auslösen sondern auch die Leiterbahn verdampfen.

Die Verzinnung erhöht die thermische Trägheit (Wärmeaufnahmekapazität) der Leiterbahn, verringert den ohmschen Widerstand aber nur geringfügig.

Bei Sicherungen über 1A sollte die Leiterbahn mit einem Kupferdraht verstärkt werden.

Empfehlenswert ist auch ein zusätzlicher Netzfilter vor das Netzteil zu setzen. Abhängig vom verwendeten Trafo können doch recht hohe Störspitzen entstehen.

Bei Ausgangsströmen über 1A ist das Netzteil mit der angegebenen Bestückung nur noch bedingt kurzschlussfest, ggf. müssen andere Transistoren für T1 eingesetzt werden oder mehrere Transistoren sind parallel zu schalten.

Stückliste:

Kondensatoren		
C1, C2	470µF/35V	RM5
C3	47µF/25V	RM2,5
C4, C16, C17	22µF/25V	RM2,5
C5	33nF/63V	RM5
C6, C7	4.7µF/50V	RM5
C8	0.1µF/63V	RM7.5
C9	0.1µF/275V~	RM15
C10 - C13	2.2nF/400V~	RM10, Keramik
C14, C15 *	470µF/450V	RM10
C18	0.1µF/63V	RM5
C19 *	10µF/450V	RM5
C20 *	100µF/450V	RM10
Halbleiter		
IC1, IC2	µA7815	
IC3	TCA785	
IC4	TL061	
IC5	LM317	
IC6	TL081	
DC1	DCD-DC-Wandler 15V/12V	
T1 *	IKW25N120 / IRFP450 / IRF840	
T3	IRF840	
T2	BUX85	
D1 - D4, D7 - D11	1N4007	
D5	12V-Zener-Diode	
D6	10V-Zener-Diode	
B1, B2	Brückengleichrichter DIL	
B3	Brückengleichrichter	
TR1	Triac 600V/25A	
OK1	Optokoppler CNY17/2	
P1 *	Drahtpoti 470Ω/4W	
P2 *	10Gang-Poti 1kΩ	
P3	2kΩ	

Widerstände	
R1, R16	220k/2W
R2, R23	10k
R3, R4, R8, R22	100k
R5	47k
R6	150k
R7, R17	1k
R9	1M
R10	1.2k
R11	150/2W
R12	4.7k
R13	2.2k
R14	220/2W
R15 *	1/2W
R18	100k/2W
R19	9.1k
R20	100/2W
R21	240
R24	180k/2W
R25 *	680k/2W
Sonstige	
TRA1, TRA2	Trafo 15V / 120mA, EI30
TRA3	Trafo nach Bedarf (siehe Text)
L1	Enstördrossel 100µH/6A
X1 - X7	Anschlussklemmen RM5
X1' - X7'	Anschlussklemmen Gegenstück
F1	Sicherungshalter 20mm
F1' *	Sicherung Träge 1.6A
Kühlkörper mit höchstens 4k/W	

Alle mit „*“ bezeichneten Bauteile müssen nach Auslegung des Netzteils bemessen werden. Die angegebene Stückliste bezieht sich auf ein Trafo TRA3 mit 300V/1A für eine Ausgangsspannung von 400V und einem Ausgangsstrom von 0,6A

Anpassung der Ausgangsstrom (R15):

Die Strombegrenzung wird durch den Widerstand R15 und dem Poti P1 bestimmt. Der maximaler Ausgangsstrom berechnet sich aus $0,6V : R15 = I_{max}$, der minimale Ausgangsstrom berechnet sich aus $0,6V : (R15 + P1) = I_{min}$.

Anpassung der Ausgangsspannung (R25):

Der Spannungsregelbereich wird durch R25 festgelegt und berechnet sich aus $R25 = (U_{aus} * 10k\Omega : 6V) - 10k\Omega$ (U_{aus} ist die gewählte maximale Ausgangsspannung).

Hier wird der nächste Widerstand aus der R12-Reihe genommen, Feinabgleich erfolgt über dem Trimpoti P3.

Große Freiheit hat man auch mit dem Spannungsregelpoti P2. Dieses kann einen Wert von 1kΩ bis 100kΩ haben. Der Widerstand R17 muss nur den gleichen Wert wie das Poti haben.

Auswahl des Transistors T1:

Der Transistor T1 richtet sich nach dem maximalen Ausgangsstrom. Bis 200mA kann der IRF840 verwendet werden. Von 200mA bis 500mA ist der IRFP450 geeignet, von 500mA bis 1A sollte der IKW25N120 benutzt werden. Mit dieser Bestückung ist das Netzteil kurzschlussfest. Einsatz andere Transistoren mit ähnlichen Daten ist möglich, eine Parallelschaltung kann auch genutzt werden.

Es kann auch z.B. für 500mA Ausgangsstrom ein IRF840 genutzt werden. Dann ist das Netzteil aber nur noch bedingt Kurzschlussfest. Bei voller Ausgangsspannung und Kurzschluss kann der Transistor zerstört werden. Der SOA-Bereich aus dem Datenblatt des Transistors darf nicht überschritten werden.

Dimensionierung der Elkos C14, C15, C19 und C20:

Die Spannungsfestigkeit (U_C) der Elkos C14, C15, C19, C20 orientiert sich an der gewählten maximalen Spannung. Sie sollte mindestens 50V über der maximalen Gleichausgangsspannung des Netztrafos TRA3 liegen und berechnet sich aus:
Wechselausgangsspannung des Trafos TRA3 (U_{TRA3}) mal Wurzel aus 2 (1,414) plus der 50V Sicherheitsreserve.

$$U_{TRA3} * 1,414 + 50V = U_C$$

Die Kondensatoren C14 und C15 werden anhand des gewählten maximalen Ausgangsstrom ausgewählt. Die Gesamtkapazität sollte pro 100mA Ausgangsstrom ca. 100 μ F betragen.

Der Ausgangskondensator C20 bestimmt die Trägheit der Strombegrenzung. Er kann einen Wert von 1 μ F bis 100 μ F annehmen. Je größer, umso träger reagiert die Strombegrenzung.

Sicherung F1':

Die Sicherung F1' ist nach verwendeten Trafo TRA3 zu bemessen. Sie sollte ca. 20 bis 30% über dem primären maximalen Dauerstrom des Trafos TRA3 liegen. Setze ich z.B. einen 230VA-Trafo ein, so zieht dieser maximal 1A, hier ist dann eine 1,25A-Sicherung einsetzbar.