

English language: see page 6 !

MOSFET Hochstromschalter mit Überstromabschaltung für MOSFET/LDMOS AFU-Leistungsendstufen

Autor: Kurt Moraw, DJ0ABR
Bezugsquelle: www.helitron.de

Zur Versorgung von Leistungsendstufen werden Netzgeräte mit hohem Ausgangsstrom benutzt. Da es schwierig ist solch hohe Ströme zu schalten wird in der Regel nur die 230V Netzspannung über einen Schalter geführt und der Netzgeräteausgang dann direkt mit der Endstufe verbunden.

Dabei verlässt man sich auf die Strombegrenzung des Netzgerätes, welche in fast allen modernen Schaltnetzteilen eingebaut ist. Immer beliebter werden die 48V Servernetzteile weil sie zu extrem günstigen Preisen erhältlich sind und trotzdem Markenqualität (z.B. HP) haben.

Diese Servernetzteile lassen sich einfach auf 50V umstellen. Allerdings können sie Ströme bis 50 oder 60A liefern. Im Fehlerfall schalten sie also erst ab, wenn z.B. mehr als 60A fließen. Das klappt jedoch nur, wenn die Verdrahtung niederohmig ausgeführt wurde und wenn der Fehler (Kurzschluss) ebenfalls niederohmig ist. Andernfalls fließt ein sehr hoher Strom von vielleicht 40 oder 50A, das Netzteil schaltet nicht ab, und die Platine und Verdrahtung beginnen zu schmelzen.

Der zweite Grund für die Entwicklung dieser Platine waren die hohen Kosten der LDMOS Transistoren von um die 200.- €. Beim Bau einer PA passieren immer irgendwelche Fehler, daher sollte man eine Schutzschaltung haben welche diese Transistoren so gut wie möglich schützt.

Das dritte Problem bei der Versorgung einer Endstufe sind die Elektrolytkondensatoren auf der Endstufenplatine. Legt man eine kräftige Spannungsversorgung an, so laden sich diese Elkos schlagartig auf, es fließt der Kurzschlussstrom. Viele Netzteile erkennen das als Kurzschluss und schalten sich ab.

Dieser MOSFET Hochstromschalter kümmert sich um diese drei Punkte:

- 1) Ein-/Ausschalten hoher Ströme
- 2) Abschaltung bei Erreichen eines einstellbaren Maximalstroms
- 3) Vorladung der Elkos

Hinweis !

Natürlich kann auch diese Platine keinen 100% Schutz bieten. Während der Entwicklungszeit meiner Endstufen von ca. 6 Monaten hat diese Platine jedoch einige Male abgeschaltet und mich und die Transistoren vor Schaden bewahrt. Beispiel: ein BLF188XR verträgt maximal 35A. Wenn man also die Abschaltung auf 30A einstellt, so hat man bereits einen wichtigen Punkt abgedeckt.

Hinweis !

Bei der Arbeit mit hohen Strömen besteht immer ein Risiko von Kabelbränden. Das gilt es unbedingt zu vermeiden. Die beste Methode dafür ist es die Verdrahtung, sowie alle in der Stromversorgung liegenden Teile, so dick und großzügig wie möglich auszuführen. Nur wenn die Verdrahtung niederohmig ist kann im Fehlerfall ein Kurzschlussstrom fließen der hoch genug ist um die Abschaltung im Netzgerät auszulösen !

Funktionsprinzip:

das Herzstück dieser Schaltung ist der BTS50085. Es handelt sich um einen einfachen kräftigen MOSFET der zur Schaltung hoher Ströme geeignet ist. Das besondere am BTS50085 ist, dass er außer des Mosfet-Schalters auch noch eine große Zahl von Schutzschaltungen eingebaut hat um sich selbst zu schützen. Im Datenblatt ist er mit maximal 58V und 44A angegeben und eignet sich daher besonders für 50 Volt LDMOS Endstufen. Durch seinen Haupteinsatzbereich

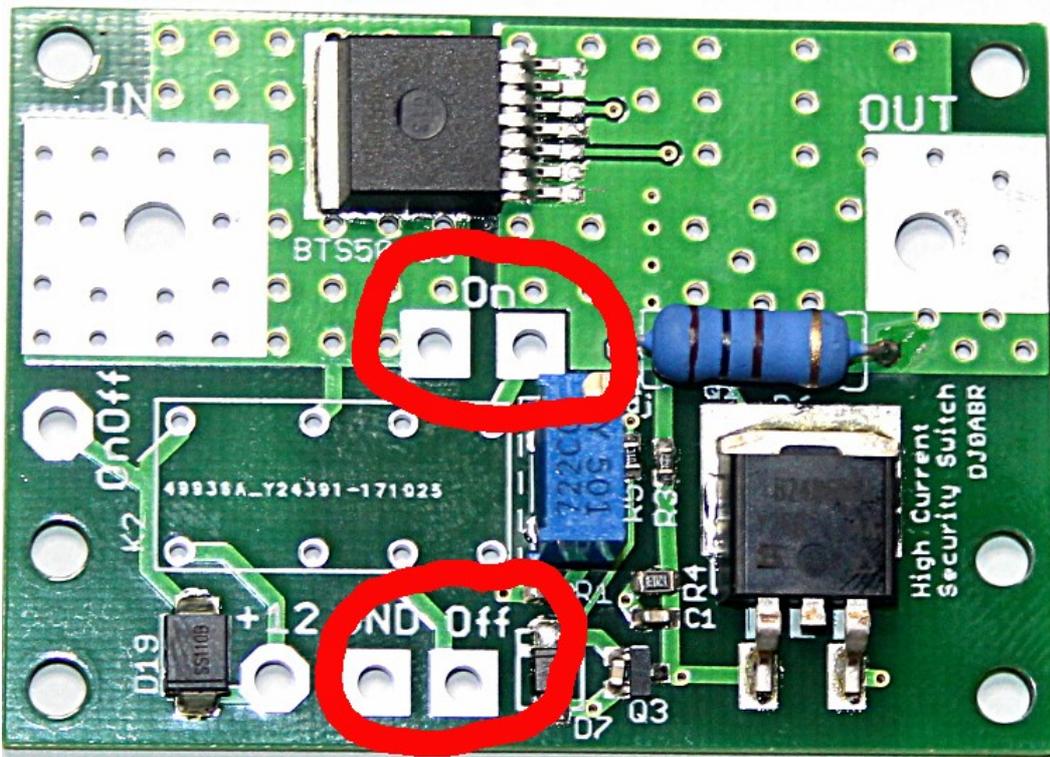
in der Automobilelektronik erfüllt er einen guten Qualitätsstandard.

Dieser BTS50085 wurde ergänzt mit einer Schaltung zur Überstromabschaltung und zur Elko-Vorladung.

Die Abschaltswelle kann mit dem Poti zwischen ca. 20 und 40A eingestellt werden. Eine Einstellung auf 30A ist meist passend, da die Endstufen dann schon die erlaubten 750W, und etwas mehr, abgeben können.

Bedienelemente:

Auf der Platine befinden sich vier Lötanschlüsse, zwei beschriftet mit ON und die anderen zwei mit OFF:



brückt man die ON Anschlüsse dann startet zunächst die Elko-Vorladung, solange muss man die Verbindung der ON Anschlüsse halten, das dauert ca. 0,5s (je nach Kapazität der Elkos). Danach schaltet der Schalter voll durch.

Brückt man die OFF Anschlüsse, so öffnet der Schalter.

An die folgenden Taster oder Schalter werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Eine Spannungsfestigkeit von 60V und Strombelastbarkeit von 0,1A ist ausreichend.

Bedienung mit 2 Tastern:

Einen Taster verbindet man mit den beiden ON Anschlüssen, den anderen mit OFF. Die Taster montiert man an der Frontplatte und kann damit die Versorgung ein- und ausschalten. Beim Einschalten ist wichtig, dass man den Taster etwas länger drückt (z.B. 1 Sekunde) damit die Vorladung der Elkos komplett ist, sonst schaltet der Schalter nicht ein.

Hinweis für Benutzer des Helitron-PA-Controllers:

der PA-Controller wird ebenfalls mit zwei Tastern ein- bzw. ausgeschaltet.

Wenn man 2-polige Taster benutzt, dann lässt sich sowohl der Controller als auch diese Platine damit ein- und ausschalten. Es müssen dazu unbedingt 2-polige Taster benutzt werden, eine direkte Verbindung dieser Schalterplatine mit dem Controller ist wegen der hohen Spannungen unzulässig.

Bedienung mit einem Wechselschalter:

Man kann einen 2-poligen Wechselschalter benutzen. In einer Stellung ist ON gebrückt, in der anderen Stellung ist OFF

gebrückt. Auch damit kann man ein- und ausschalten.

Im Vergleich zur Tasterbedienung gibt es einen Unterschied: Beim Taster ist ON nur verbunden solange man drückt, beim Schalter dauerhaft solange eingeschaltet ist.

Im Fall eines Überstroms wird in beiden Fällen ausgeschaltet. Wenn der Fehler (z.B. Kurzschluss) wieder behoben ist, dann wird beim Einsatz eines Wechselschalters sofort wieder eingeschaltet (falls er auf ON steht). Beim Taster nicht, da muss man neu drücken.

Bedienung mit Relais:

Wenn man das optionale Relais (Typ.: FIN 30.22.9 12V, siehe z.B. Reichelt) bestückt, hat es die gleiche Funktion wie der oben beschriebene Wechselschalter. Man kann das Relais mit einem ganz einfach Schalter bedienen.

Die beste Sicherheit vor Fehlbedienungen bietet der Einsatz von 2 Tastern, da hier das selbsttätige Wiedereinschalten nicht möglich ist.

Bedienung ohne Taster oder Schalter:

will man aus irgendwelchen Gründen die Ein-/Ausschaltfunktion nicht benutzen, so verbindet man die Lötäugen ON dauerhaft. Der Schalter ist dann immer eingeschaltet und schaltet sich nur bei einem zu hohen Laststrom aus. Wird die Ursache für diesen zu hohen Strom beseitigt, schaltet er sich sofort wieder ein.

Anschlüsse:

Verbindung zum Netzteil:

die mit IN beschriftete große Lötfläche wird mit einem ausreichend dicken Draht mit dem Pluspol des Netzteils verbunden.

Verbindung zur Endstufe:

die mit OUT beschriftete große Lötfläche wird mit einem ausreichend dicken Draht mit dem Pluspol der Endstufe verbunden.

Masseverbindung:

das mit GND beschriftete Lötauge wird mit dem Minuspol des Netzteils verbunden. Dieses Lötauge dient gleichzeitig auch dem Anschluss des OFF Tasters oder Schalters. Da hier kein hoher Strom fließt ist ein einfacher Draht ausreichend.

Anschluss bei Benutzung des optionalen Relais:

die ON und OFF Anschlüsse bleiben frei.

Man verbindet das Lötauge „+12“ mit der 12 Volt Stationsversorgung.

Das Lötauge „OnOff“ verbindet man über einen Schalter mit Masse.

Erste Inbetriebnahme:

Prüfung der Ein/Aus Funktion:

Anstelle der Endstufe schließt man an die OUT-Lötfläche einen Widerstand gegen Masse an, der Wert ist unkritisch, z.B. 1 kOhm. Er dient nur als Grundbelastung zum Test des Schalters. Hier schließt man auch ein Voltmeter an.

Ist das Netzgerät aktiv, so wird das Voltmeter trotzdem noch nichts anzeigen weil dieser Hochstromschalter ausgeschaltet ist (eine sehr kleine Anzeige ist normal, weil wir keine besondere Last haben).

Jetzt brückt man die Anschlüsse ON, das Voltmeter wird die Netzteilspannung anzeigen.

Verbindet man kurz die Anschlüsse Off-GND, so wird wieder abgeschaltet.

Einstellung der Überstromabschaltung:

Hinweis !

Vor Auslieferung wird diese Platine geprüft und der Abschaltstrom auf ca. 30 A eingestellt.

Um den Abschaltstrom einzustellen dreht man das Poti im Uhrzeigersinn bis zum Anschlag. Damit ist die Überstromabschaltung auf den kleinst möglichen Abschaltstrom eingestellt (ca. 18 bis 20A). Jetzt nimmt man die Endstufe in Betrieb, am besten in FM (Dauerträger), erhöht langsam die Ausgangsleistung und beobachtet die Stromaufnahme. Der Schalter wird bei ca. 20A abschalten (das ist nur ein ungefähre Wert).

Benötigt die Endstufe mehr Strom, so dreht man das Poti entgegen dem Uhrzeigersinn um die Abschaltschwelle zu erhöhen.

Beispiel: meine Endstufe bringt bei ca. 28A die erlaubten 750 Watt. Ich erhöhe die Ausgangsleistung solange bis 28A fließen und drehe das Poti so, dass der Schalter noch nicht abschaltet, danach gebe ich noch eine Umdrehung zu damit die Abschaltschwelle sicher höher als 28A ist. Fertig.

FM und SSB:

obige Einstellung wurde in FM gemacht. Man wird sehr bald feststellen, dass im SSB Betrieb früher, also bei kleinerer Leistung, eine Abschaltung erfolgt. Das kommt daher, dass alle (auch moderne) Transceiver einen winzigen Überschwinger haben (auch bekannt als ALC Überschwinger) der ganz kurz eine höhere Leistung erzeugt als eingestellt ist, mit der Folge einer höheren Stromaufnahme.

Diese Platine hat daher eine leichte Abschaltverzögerung eingebaut welche die meisten dieser Überschwinger ignoriert. Trotzdem kann es notwendig sein das Poti noch eine Umdrehung entgegen des Uhrzeigersinns zu drehen um keine ungewollten Abschaltungen zu bekommen.

Wichtiger Hinweis !

Zu beachten ist dabei auch, dass normale Leistungsmessgeräte im SSB Betrieb nur ca. 30% der tatsächlichen Ausgangsleistung anzeigen. Spitzenwertmessgeräte zeigen fast 80 oder 90% der tatsächlichen Ausgangsleistung an, aber niemals 100%. Davon sollte man sich nicht täuschen lassen.

Wenn man die Leistung soweit aufdreht, dass das Instrument 750 Watt in SSB anzeigt, so hat man tatsächlich schon wesentlich mehr Spitzenleistung und entsprechende Stromaufnahme welche dann natürlich zu einer Abschaltung führt was auch gut so ist.

Will man die tatsächlich erreichte Spitzenleistung messen, so benötigt man eine 50 Ohm Dummyload und ein Oszilloskop welches man parallel zur Dummyload anschließt. Am Oszilloskop kann man kurze Leistungsspitzen erkennen. Am einfachsten ist das Ablesen der Spitze-Spitze Spannung U_{ss} . Die Leistung errechnet sich mit der Formel:
 $P = U_{ss}^2 / 400$

Betriebsbedingungen:

Das Produkt darf nur unter Einhaltung der technischen Daten betrieben werden, alle anderen, hier nicht beschriebenen, Anwendungen sind nicht zulässig.

Das Produkt ist ausschließlich für den Betrieb durch lizenzierte Funkamateure zugelassen, da nur diese die notwendigen Kenntnisse zu Aufbau und Betrieb haben. Jegliche kommerzielle Anwendung oder Benutzung durch andere Personen ist ausdrücklich untersagt !

Beschädigte oder feuchte Geräte dürfen nicht in Betrieb genommen werden. Defekte oder abnormal erscheinende Geräte dürfen nicht verwendet werden. Ein Betrieb in Fahrzeugen, Luftfahrzeugen oder unter gefährlichen Bedingungen ist nicht zulässig. Aufbau, Installation, Betrieb und Verwendung dieses Produkts kann nicht überwacht werden. Daher liegt die volle Verantwortung im Umgang mit dem Produkt beim Betreiber. Das Produkt darf nur in Betrieb genommen werden, wenn sich der Anwender über Risiken und Gefahren die aus dem Betrieb resultieren können im Klaren ist. Der Hersteller übernimmt keinerlei Haftung für Personenschäden, Sachschäden, Verluste oder Kosten, die sich aus fehlerhafter Verwendung oder Betrieb dieses Produkts ergeben oder in irgendeiner Weise damit zusammenhängen. Das gilt insbesondere für Schadensersatzansprüche, die durch Ausfall oder Fehlfunktion ausgelöst wurden. Sollte der Anwender nicht die notwendigen Kenntnisse zum Aufbau, zur Installation oder zur Inbetriebnahme haben oder sollte er mit diesen Betriebsbedingungen nicht einverstanden sein, darf das Produkt nicht benutzt werden. Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsfristen. Alle weitergehenden Ansprüche sind ausgeschlossen.



WEEE-Reg.-Nr.:DE75652825

MOSFET high current switch with overcurrent shutdown for MOSFET / LDMOS HAM-RADIO power amplifiers

Author: Kurt Moraw, DJ0ABR

Supplier: www.helitron.de

Power supplies with high output current are used to supply power amplifiers. Since it is difficult to switch such high currents, usually only the 230V mains voltage is passed through a switch and the power supply output is then connected directly to the amplifier.

It relies on the current limit of the power supply, which is installed in almost all modern switching power supplies. The 48V server power supplies are becoming increasingly popular because they are available at extremely low prices and still have brand quality (e.g., HP).

These server power supplies can easily be switched to 50V. However, they can deliver currents up to 50 or 60A. In the event of a fault, they therefore only switch off if the current is more than 60A. However, this only works if the wiring has been carried out with low resistance and if the fault (short circuit) is also low-resistance. Otherwise, a very high current of perhaps 40 or 50A will flow, the power supply will not turn off, and the board and wiring will start to melt.

The second reason for the development of this board was the high cost of the LDMOS transistors of about \$200.- . When building a PA, there are always some errors, so you should have a protection circuit that protects these transistors and of course yourself.

The third problem in the supply of an amplifier are the electrolytic capacitors on the power amplifier board. If you apply a strong power supply, then these electrolytic capacitors charge up suddenly, the short-circuit current flows. Many power supplies detect this as a short circuit and turn off immediately.

This MOSFET high current switch takes care of these three issues:

- 1) Switch on / off high currents
- 2) Shutdown when reaching an adjustable maximum current
- 3) slow precharge the electrolytic capacitors

Note !

Of course, this board can not provide 100% protection. However, during the development time of my power amplifiers of about 6 months, this board has shut down several times and kept me and the transistors from harm. Example: a BLF188XR can tolerate a maximum of 35A. So if you set the shutdown to 30A, you have already covered an important point.

Note !

When working with high currents, there is always a risk of cable fires. It is important to avoid this. The best method for doing this is to make the wiring, as well as all parts in the power supply, as thick and low-impedance as possible. Only if the wiring is low-impedance the short-circuit current flow in the event of a fault that is high enough to trigger the fuses in the power supply unit!

How it works:

the heart of this circuit is the BTS50085. It is a simple powerful MOSFET suitable for switching high currents. The special thing about the BTS50085 is that in addition to the mosfet switch, it also has a large number of protection circuits to protect itself. It is specified in the data sheet with a maximum of 58V and 44A and is therefore particularly suitable for 50 volts LDMOS power amplifiers. Due to its main application in automotive electronics it fulfills a good

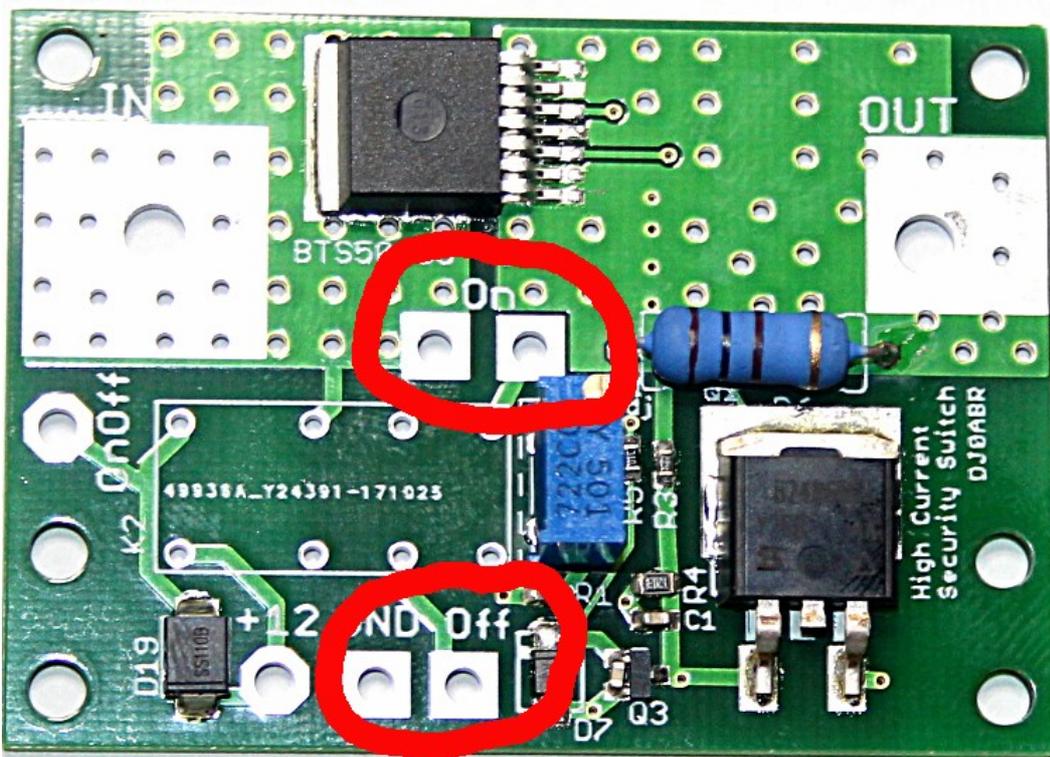
quality standard.

This BTS50085 has been supplemented with a circuit for overcurrent switch-off and for pre-charging.

The switch-off threshold can be set with the potentiometer between approx. 20 and 40A. A setting on 30A is usually suitable.

Connections:

There are four solder terminals on the board, two labeled with ON and the other two with OFF:



If you bridge the ON terminals then the electrolytic capacitors precharge starts, you must hold the connection of the ON terminals for approx. 0.5s (depending on capacity of the electrolytic capacitors). After that, the switch will be turned on.

If you close the OFF terminals, the switch opens.

There are no special requirements for the following buttons or switches. 60V and 0.1A buttons or switches are sufficient.

Operation with 2 buttons:

One button is connected to the two ON terminals, the other to the OFF terminals. The buttons are mounted on the front panel and can thus switch the supply on and off. When switching on, it is important that you press the button a little longer (for example, 1 second) so that the pre-charging of the capacitors is complete, otherwise the switch does not turn on.

Note for users of the Helitron PA controller:

the PA controller is also switched on or off with two buttons.

If you use buttons with two switches inside, then both the controller and this board can be switched on and off. It is absolutely necessary to use 2-pole pushbutton, a direct connection of this switchboard to the controller is not allowed because of the high voltages.

Operation with a changeover switch:

You can use a 2-pole changeover switch. In one position, ON is bridged, in the other position OFF is bridged.

There is a difference in comparison with the pushbutton operation: with the pushbutton ON is only connected as long as it is pressed, while with the switch it is permanently switched on.

In the case of an overcurrent it turns off in both cases. If the fault (for example, short circuit) is corrected again, then a changeover switch is immediately switched on again (if it is set to ON). While the push button is not, you have to press it again.

Operation with a relay:

If you equip the optional relay (type .: Finder 30.22.9 12V or similar), it has the same function as the changeover switch described above. You can operate the relay with a simple switch.

The best safety against incorrect operation is provided by the use of 2 buttons, since automatic restarting is not possible here.

Operation without button or switch:

if you do not want to use the on / off function for any reason, you connect the pads ON permanently. The switch is then always switched on and only switches off when the load current is too high. If the cause for this too high current is eliminated, it will switch on again immediately.

Connections:

Connection to the power supply:

the large solder pad labeled IN is connected to the positive pole of the power supply unit with a sufficiently thick wire.

Connection to the power amplifier:

The large soldering pad labeled OUT is connected to the plus pole of the power amplifier with a sufficiently thick wire.

Ground connection:

the GND-labeled pad is connected to the negative terminal of the power supply. This pad also is used to connect the OFF button or switch. Since no high current flows here, a simple wire is sufficient.

Connection when using the optional relay:

the ON and OFF connections remain free.

Connect the pad "+12" to the 12 Volt station supply.

The pad "OnOff" is connected via a switch to ground.

First commissioning:

Checking the on / off function:

Instead of the power amplifier, connect the OUT pad via a resistor to ground, the value is not critical, e.g. 1 kOhm. It serves only as a basic load for testing the switch. Connect a voltmeter in parallel to this resistor.

If the power supply is active, the voltmeter will still not show anything because this high current switch is off (a very small display is normal because we have no special load).

Now you bridge the connections ON, the voltmeter will display the power supply voltage.

If you connect the pins Off-GND, it will be switched off again.

Setting the overcurrent cutoff:

Note !

Before delivery, this board is tested and the shutdown current is set to approx. 30 A.

To set the cut-off current, turn the potentiometer fully clockwise. This sets the overcurrent switch-off to the smallest possible switch-off current (approximately 18 to 20A). Now you put the power amplifier into operation, preferably in FM (continuous carrier), slowly increase the output power and monitors the power consumption. The switch will turn off at about 20A (that's just an approximate value).

If the power amplifier requires more current, turn the potentiometer counterclockwise to increase the switch-off threshold.

Example: my power amplifier generates 750 watts at approx. 28A. I increase the output power up to a load current of 28A and turn the potentiometer clockwise until the switch turns off, then I give one more turn so that the switch-off threshold is certainly higher than 28A. Finished.

FM and SSB:

above adjustment was done in FM mode (continuous carrier). You will notice that in SSB operation the shutdown occurs at a lower output power. This is because all (even modern) transceivers have a tiny overshoot (also known as ALC overshoot) that generates a higher power, resulting in a higher power consumption.

Therefore this board has a slight turn off delay which ignores most of these overshoots. Nevertheless, it may be necessary to turn the potentiometer one more turns clockwise to avoid unwanted shutdowns.

Important NOTE !

It should also be noted that normal power meters in SSB mode show only about 30% of the actual output power. Peak meters indicate nearly 80 or 90% of the actual output, but never 100%. You should not be fooled by that. If you increase the power output to i.e. 750 watts SSB on the instrument, then you have actually much more peak power and corresponding current consumption which of course leads to a shutdown which is good.

If you want to measure the real peak power, you need a 50 ohms dummy load and an oscilloscope which you connect in parallel with the dummy load. The oscilloscope can detect short power peaks. The easiest way is to read the peak-to-peak voltage U_{pp} . The power is calculated using the formula: $P = U_{pp}^2 / 400$