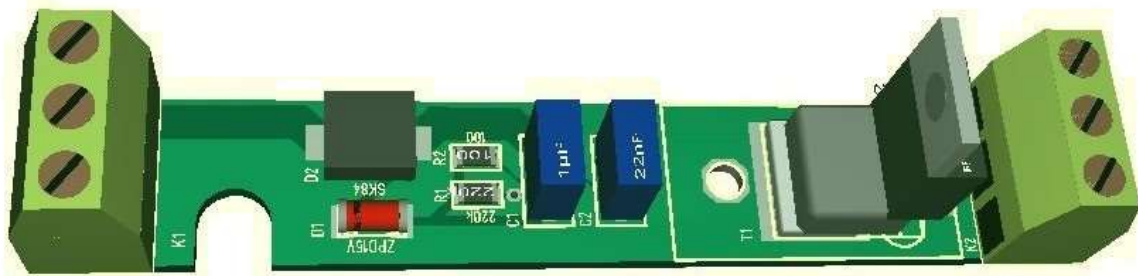


Beschreibung zum Einschaltstrombegrenzer 24V= @ 5A



DILLINGER-ENGINEERING

Wir verwirklichen Ihre Ideen

Inhaltsverzeichnis

I.	Vorwort	2
II.	Allgemeines	2
III.	Funktionsbeschreibung	3
IV.	Schaltplan	4
V.	Schaltungsbeschreibung	5
VI.	Modul Anschlüsse	6
VII.	Technische Daten	6

Vorwort

Einschaltstrombegrenzer für Gleichspannung finden ihre Verwendung um im Einschaltmoment vor hohen Pulsströmen zu schützen, denn schon beim Laden von Kondensatoren im Bereich um die 1000 uF können im Einschaltmoment kurzzeitig Ströme vom 10 – 20 Fachen des eigentlichen Nennstroms fließen. Um ein Auslösen vorgeschalteter Sicherungen zu verhindern und um hohe Pulsbelastungen für die eingebauten Kondensatoren fern zu halten, kommt diese DC-Einschaltstrombegrenzung zum Einsatz.

Allgemeines

Einschaltstrombegrenzer oder auch Einschaltoptimierer, sind in der Wechselstromtechnik weit verbreitet.

Genauso wie es dieses Problem auf der 230V - Wechselstromseite gibt, kommt es auch geräteintern zu solchen hohen Einschaltströmen.

Elektronische Geräte werden intern hauptsächlich mit Gleichspannung versorgt, deshalb sind hier meist die Kondensatoren der Spannungsversorgung für die hohen Einschaltströme verantwortlich.

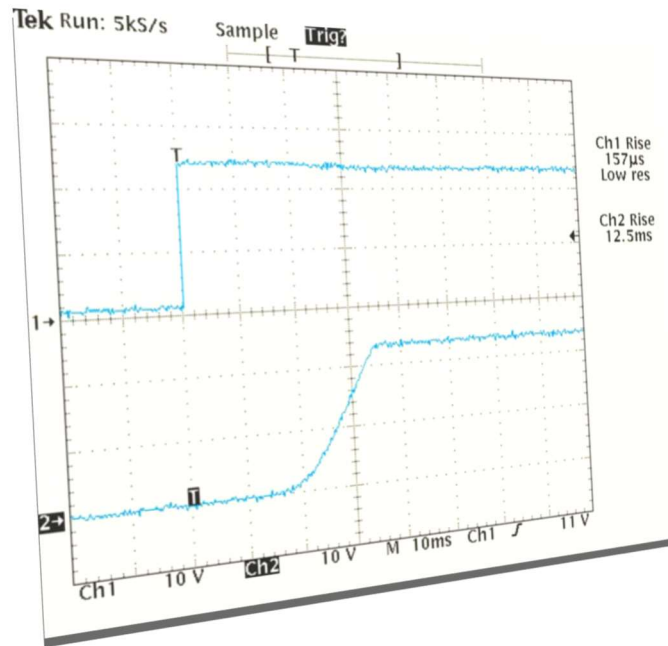
Im Einschaltmoment wirkt ein Kondensator wie ein Kurzschluss. Dessen Kurzschlussstrom hängt von der Güte (ESR = äquivalenter Reihenwiderstand), sowie von der Leistungsfähigkeit der speisenden Quellen und der Impedanz der Verbindungsleitungen ab. So können bereits bei kleinen Kapazitäten um die 1000uF Einschaltströme um die 100A fließen. Dieser Strom fließt zwar nur für den Bruchteil einer Sekunde, aber teilweise schon lang genug, um u. U. vorgeschaltete Sicherungen zum Auslösen zu bringen.

Dieses Verhalten findet sich häufig bei Geräte mit längsgeregelte Netzgeräten wie Audio-Endstufen mit hoher Leistung usw. – im Prinzip jedes Gerät mit großen internen Kapazitäten.

Ein hoher Einschaltstrom hat prinzipiell erst mal keinen negativen Einfluss auf den Betrieb dieser Geräte. Der Geräteentwickler muss sich aber dem Problem annehmen und es bei der Entwicklung im Auge behalten. Zum einen muss verhindert werden, dass eine vorgeschaltete Sicherung im Einschaltmoment auslöst und zum anderen wirken sich hohe Pulsströme negativ auf die Lebensdauer der verbauten Kondensatoren aus. Das Auslösen der Sicherung ließe sich natürlich dadurch verhindern, dass einfach der Sicherungswert erhöht wird, dann ist aber die Schutzfunktion der Sicherung für den laufenden Betrieb oft nicht mehr ausreichend gegeben. Deshalb wird in vielen Schaltungen eine Einschaltstrombegrenzung für den DC-Zweig entwickelt und eingebaut.

Es gibt mehrere Möglichkeiten den Einschaltstrom zu begrenzen, die häufigste ist der Einsatz eines NTC's, der nach einer Zeit mit einem Relais oder eine FET überbrückt wird. Die hier beschriebene Schaltung möchte eine rein elektronische Lösung vorstellen, in der auf Mechanische Komponenten verzichtet werden kann, indem ein FET (Feld-Effekt-Transistor) die Aufgabe eines geregelten Widerstandes übernimmt, der nur im Einschaltmoment wirkt.

Die Aufgabe besteht darin, den FET so anzusteuern, dass damit sein Drain-Source-Widerstand dem geforderten Verlauf folgt.



Typischer Verlauf der Eingangsspannung, oben ohne Einschaltstrombegrenzung, unten mit Einschaltstrombegrenzung

Funktionsbeschreibung

Das Funktionsprinzip dieser Schaltung beruht darauf, dass im Stromweg ein regelbarer Widerstand den Strom im Einschaltmoment begrenzt und anschließend im stationären Betrieb durch einen Kurzschluss ersetzt wird.

Für den Gleichspannungsbereich bietet sich hierzu die Verwendung eines FET (Feld-Effekt-Transistor) an, da diese Bauelemente im voll durchgesteuerten Zustand einen sehr niedrigen Innenwiderstand und somit auch eine sehr geringe Verlustleistung besitzen.

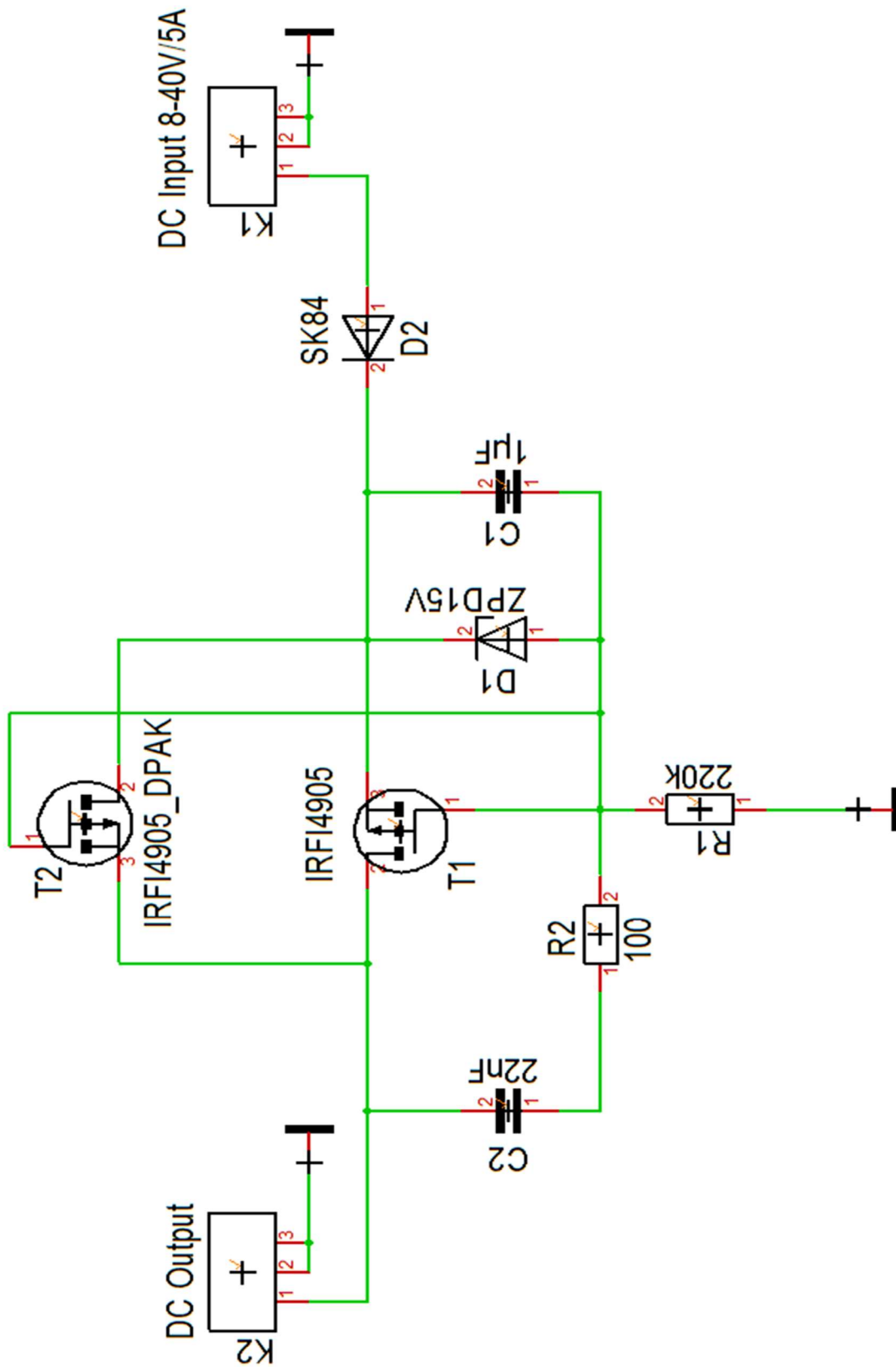
Vereinfacht lässt sich ein FET als steuerbarer Widerstand verstehen, der seinen Widerstandswert stufenlos zwischen einigen Giga- bzw. Megaohm im hochohmigen Zustand und einigen Milliohm im niederohmigen Zustand ändern kann.

Die Aufgabe der Schaltung besteht nun darin, den FET entsprechend anzusteuern, damit sein Drain-Source-Widerstand dem geforderten Verlauf folgt.

Direkt nach dem Anlegen der Spannung muss der FET seinen Widerstandswert langsam verkleinern, bis er nach einigen Millisekunden quasi einen Kurzschluss macht. Der anfänglich hohe Widerstand begrenzt den Stromfluss dann wie ein normaler ohmscher Vorwiderstand. Da dieser Vorgang nur wenige ms andauert, kommt es in diesem halb durchgesteuerten Zustand zu keiner kritischen Erwärmung des Transistors.

Der Transistor kann je nach der benötigten Verlustleistung in zwei Varianten bestückt werden. Die erste Variante ist ein TO-220 Gehäuse stehend oder liegend ggf. mit oder ohne Kühlkörper. Oder in der DPAK Variante, als SMD direkt auf der Platine, deshalb sind im Schaltplan zwei Transistoren zu sehen (T1/T2).

Schaltplan



Schaltungsbeschreibung

Diese Schaltung kommt mit nur sehr wenigen Bauteilen aus. Ein FET übernimmt das langsame Einschalten der Gleichspannung.

T1 ist ein P-Kanal MOS-FET (Metalloxid-FET) vom Typ IRF4905, dieser Typ verhält sich so, dass bei einer Gate-Source-Spannung von 0 V der Transistor sperrt, also hochohmig ist.

Wird die Spannung negativ, wird also die Gate-Spannung kleiner als die Source-Spannung, beginnt der FET ab der Pinchoff Voltage (Schwellenspannung) zu leiten.

Beim IRF4905 liegt dieser Wert laut Datenblatt zwischen 2,0 V und 4,0 V.

Um ein langsames Einschalten des MOS-FETs zu erreichen, darf die Gate-Source-Spannung nur sehr langsam negativer werden.

Dies wird durch eine RC-Schaltung aus C 1 und R 1 erreicht, die für das langsame Absinken der Gate-Spannung verantwortlich ist.

Der Verlauf der Gate-Spannung lässt sich wie folgt beschreiben:

Im Einschaltmoment ist der Kondensator C 1 ungeladen und die Spannung zwischen den Anschlüssen ist 0 V, der Kondensator wirkt wie ein Kurzschluss. In diesem Moment ist die Gate-Spannung gleich der Source-Spannung ($U_{GS} = 0 \text{ V}$), der FET sperrt. Über die RC-Kombination aus C 1 und R 1 fließt ein Strom vom Source-Anschluss (DC-Eingang) zur Masse, der den Kondensator langsam auflädt.

Das langsame Aufladen des Kondensators bewirkt ein langsames ansteigen der Kondensatorspannung, was wiederum zu einem langsamen Absinken der Gate-Spannung führt.

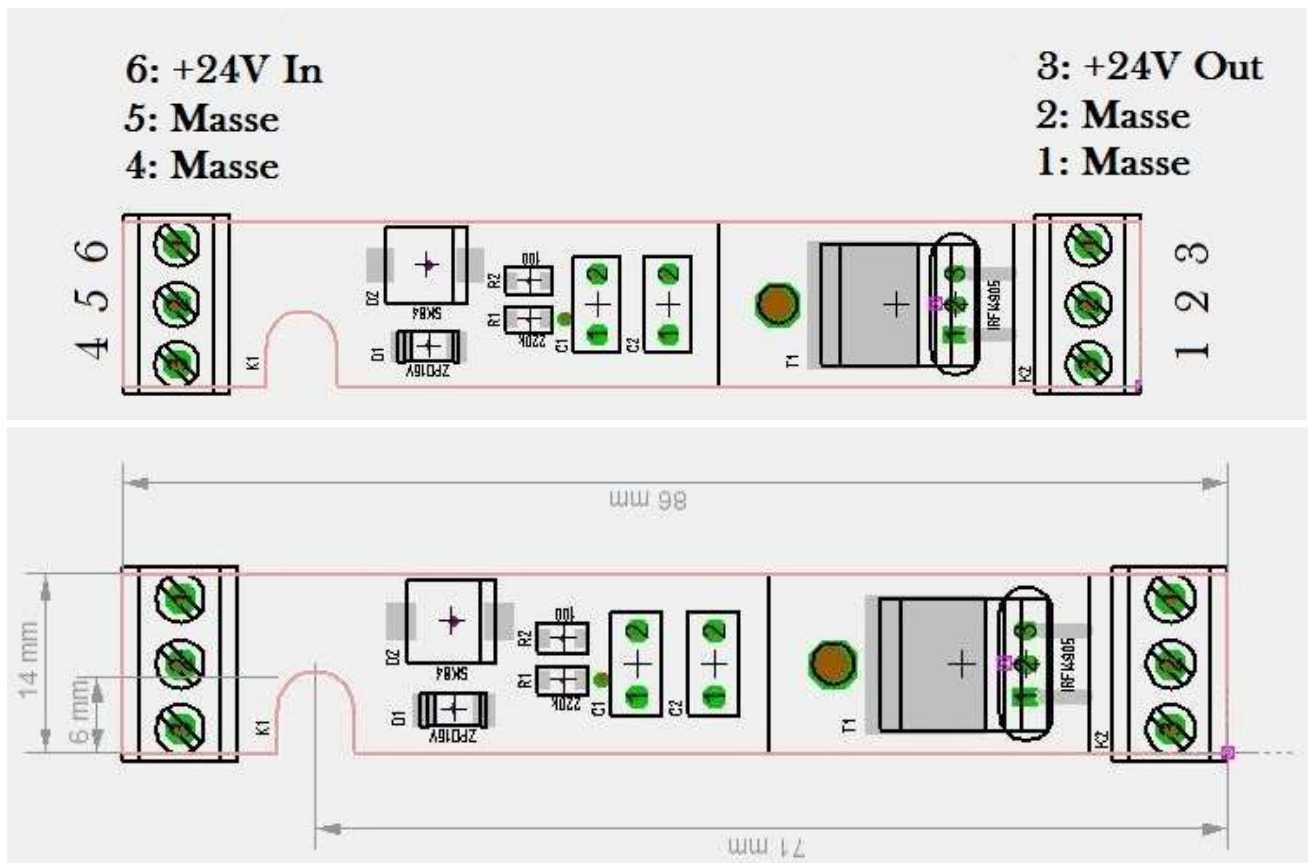
Wenn die Kondensatorspannung den Pinch-off-Wert des FETs erreicht, beginnt der FET zu leiten, er verringert seinen Drain-Source-Widerstand von einigen Megaohm in den Ohm-Bereich und die Ausgangsspannung steigt dabei entsprechend an.

Durch die sinkende Gate-Source-Spannung verkleinert sich der Drain-Source-Widerstand, die Ausgangsspannung steigt wiederum langsam an. Ab etwa -10 V U_{GS} geht der FET in die Sättigung, der Drain-Source-Widerstand liegt nun bei seinem Minimalwert von ca. 10 mOhm. Der Ladevorgang des Kondensators wird dadurch nicht beeinflusst, so dass die Gate-Source-Spannung noch weiter ansteigt.

Lt. Datenblatt liegt die Maximale Gate-Source-Spannungen bei -20 V, weshalb diese Spannung begrenzt werden muss um den FET nicht zu zerstören. Deshalb liegt parallel zum Kondensator eine 15V Z-Diode, die die Spannung auf 15 V begrenzt.

Der Einfluss der zweiten RC-Kombination aus R 2 und C 2 besteht darin, dass sich im Einschaltmoment C 2 im Vergleich zu C 1 sofort auf den Betriebsspannungswert auf läd. Während C 1 langsam Ladung aufnimmt und die Kondensatorspannung steigt, entlädt sich der Kondensator C 2, er arbeitet deshalb dem Absinken des Gate-Potenzials entgegen, dieser Einfluss wirkt sich anfangs aber nur gering aus. Beginnt nun der FET zu leiten, steigt die Ausgangsspannung und damit auch das Potenzial an einem Kondensatoranschluss von C 2. Dieses bewirkt ein schnelleres entladen von C2, der fließenden erhöhte Entladestrom versucht das Potenzial am Gate zu „stützen“. Damit verlangsamt sich der Abfall der Gate-Spannung und verzögert somit den Vorgang des Durchsteuerns des FETs nochmals.

Modul Anschlüsse



Technische Daten

Eingangsspannung:	8 – 40 VDC
Max. Laststrom:	5 A
Anstiegszeit:	10 ms bis 50 ms, typ. 13 ms @ 24 V
On-Widerstand:	max. 50 mOhm, typ. 20 mOhm @ 24 V
Verlustleistung:	max. 1,25 W @ 5 A, typ. 500 mW @ 24 V, 5 A
Gehäusebauform:	HUT 1-C, 71 x 35 x 90 mm, 1 TE