

## 2.6.2 Strombegrenzung mit Sicherung

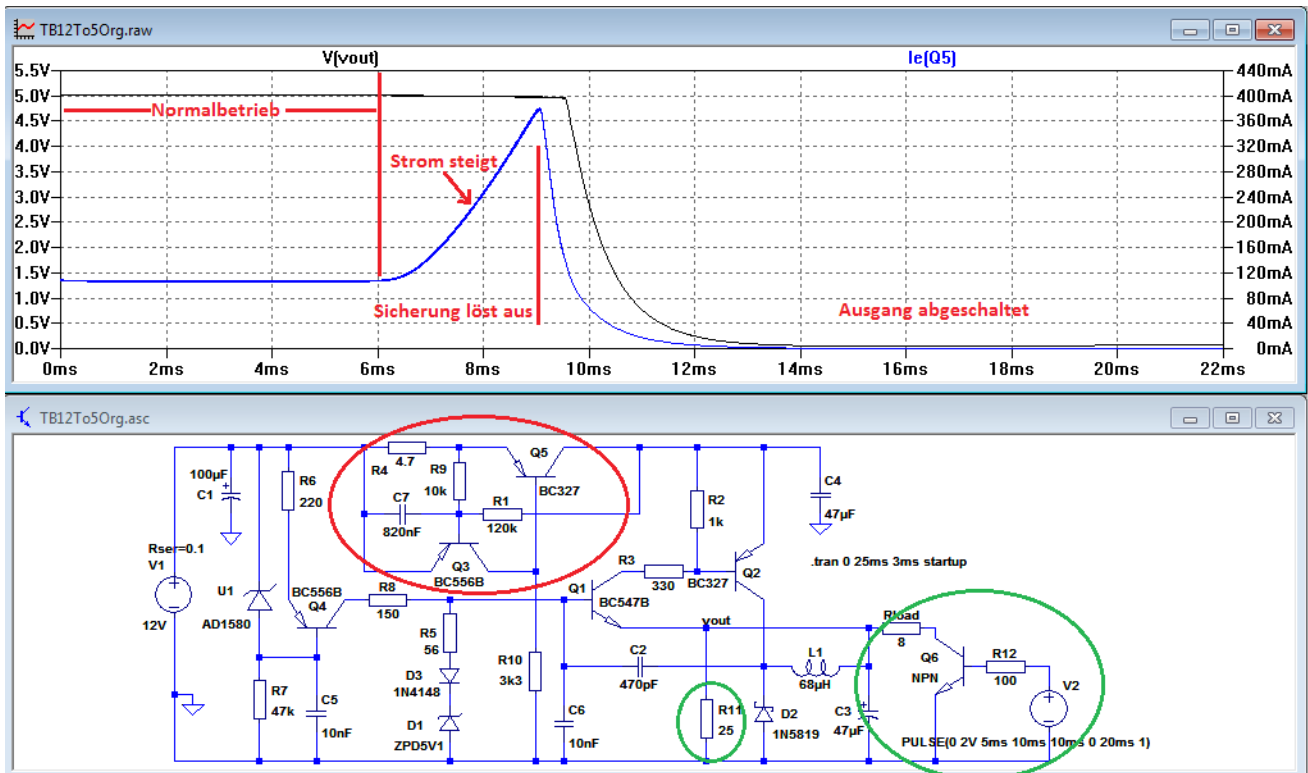
Die Strombegrenzung ist gut geeignet bei einem kurzen versehentlichen Kurzschluss den Schalttransistor zu schützen, für Dauerkurzschluss ist sie nur bedingt brauchbar. Bei Kurzschluss fließt der durch die Strombegrenzung eingestellte Strom, die Ausgangsspannung ist 0V. Am Shuntwiderstand zum messen des Stromes fallen ca. 0,7V ab, die restliche Spannung steht am Schalttransistor. Bei 12V Eingangsspannung sind dies ca. 11,3V. Ist die Strombegrenzung auf 300mA so ist die Leistung „P“ im Transistor ( $P = U \times I$ )  $11,3V \times 300mA = 3390mW = 3,39W$ . Das ist für den BC327 mit seinen 625mW maximaler Verlustleistung zu viel, er wird sich stark erhitzen und thermisch zerstört.

Um den BC327 nicht zu überlasten muss für einen Dauerkurzschluss die Strombegrenzung auf einen ungefährlichen Wert eingestellt sein. Bei 12V Eingangsspannung sind das ca. 55mA ( $11,3V \times 55mA = 621,5mW$ ). Wird mehr Laststrom benötigt, bei Strombegrenzung und Dauerkurzschluss, ist ein Transistor mit mehr Leistung zu verwenden.

Eine sinnvolle Ergänzung ist das verwenden einer Schmelzsicherung. Bei Kurzschluss brennt diese durch, bevor der Transistor zu heiß wird. Die Sicherung macht nur Sinn, wenn sie zusammen mit der Strombegrenzung eingesetzt ist, sonst brennt der Schalttransistor vor dem ansprechen der Sicherung, durch den unbegrenzten Strom, durch. Nun kann wieder mit einem höheren Strom gearbeitet werden, da bei Kurzschluss die Sicherung durchbrennt bevor der Transistor überhitzt. Bleibt zu überlegen ob man lieber die Sicherung oder den Transistor wechselt. Das führt mich zur nächsten Möglichkeit.

## 2.6.3 Elektronische Sicherung

Eine elektronische Sicherung schützt den Schalttransistor vor Überstrom und Überhitzung, ohne dabei selbst durchzubrennen und dann ausgewechselt werden zu müssen.



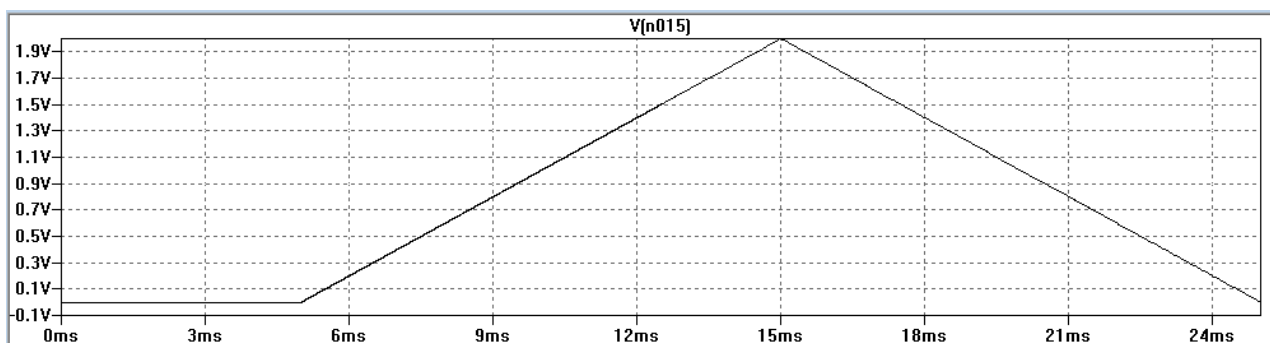
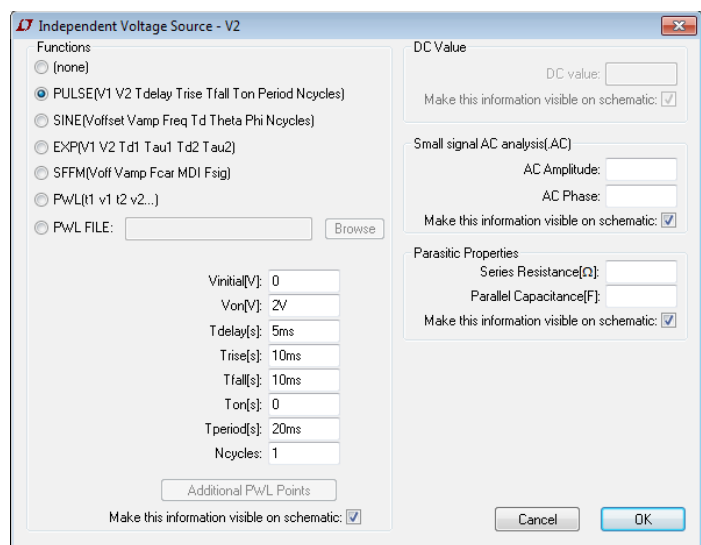
Die Bauteile im roten Kreis erweitern die Strombegrenzung zur Sicherung. Die Bauteile in den grünen Kreisen werden nur für die Simulation gebraucht, sie sind der feste und veränderliche Teil der Last.

Im Diagramm ist zu sehen, dass die Schaltung mit ca. 110mA Emitterstrom Q5 wie gewohnt läuft. Ab 6ms wird der Emitterstrom höher, von 110mA auf ca. 380mA, dort löst die Sicherung aus. Der Emitterstrom und damit der Ausgangsstrom und die Ausgangsspannung fallen auf annähernd 0 zurück und die Schaltung befindet sich in einem gesicherten Zustand.

Die Sicherung funktioniert durch die Mitkopplung über Spannungsteiler R9/R1. Wird der strombedingte Spannungsabfall über R4 größer als die Basis-/Emitterspannung von Q3, beginnt dieser zu leiten. Dadurch entzieht er dem Längstransistor Q5 Basisstrom wodurch dessen Ausgangsspannung fällt. Dieser Abfall wird über R1 rückgekoppelt und führt zu einer Verstärkung. Dadurch schaukelt sich der Effekt auf und sperrt Transistor Q5 – Die Sicherung hat ausgelöst.

Kritisch ist der Wert des Kondensators C7 der Sicherung. Er muss groß genug sein, dass sie nicht schon beim einschalten, durch die Ladeströme der Kondensatoren am Ausgang, auslöst. Er darf aber auch nicht zu groß sein, damit die Trägheit nicht zu groß wird. Sollte bei angeschlossener Lastplatte die Spannung des DC/DC-Wandlers ausgeschaltet sein, kann das an den Kapazitäten der Last liegen. Durch die hohe Kapazität löst die Sicherung schon beim Einschalten aus. In diesem Fall muss Kondensator C7 vergrößert, oder die Lastkapazität verkleinert werden.

Der variable Teil der Last für die Simulation wird durch Rload, R12, Q6 und V2 gebildet. Q6 braucht kein spezielles Model, ich brauche nur seine Funktion. V2 ist ein Dreiecksgenerator mit den Werten „PULSE(0 2V 5ms 10ms 10ms 0 20ms 1)“. Er gibt 0V bis 2V Steuerspannung, 5ms verzögert, für Q6 aus. Die Spannung steigt 10ms und fällt 10ms mit einer Periode.



Ist der DC/DC-Wandler einschließlich Last unzugänglich in einem Gehäuse verbaut und ein versehentlicher Kurzschluss unwahrscheinlich, kann überlegt werden auf die Strombegrenzung/Sicherung zu verzichten. Jede Schutzschaltung verschlechtert den Wirkungsgrad merklich.