

# Auswirkung unterschiedlicher Kupferdicken auf die Kühlung eines SMD-Spannungsreglers

Gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Francesco P. Volpe, Professor für Mikrocomputertechnik und Digitaltechnik von der Hochschule Aschaffenburg wurde die Auswirkung der Kupferdicke und der Anzahl der Kupferlagen auf die Kühlung eines SMD-Spannungsreglers untersucht. Das Experiment wird im Folgenden beschrieben.

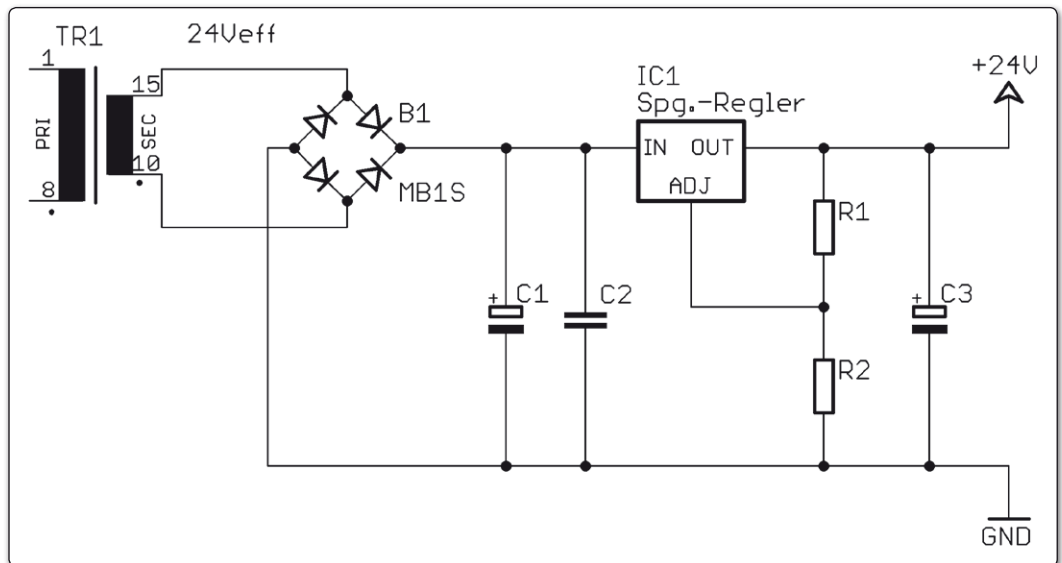


Bild 1: Linear geregeltes 24-V-Netzteil

Möchte man ein linear geregeltes Netzteil aufbauen, taucht sofort die Frage auf, wie man die Verlustwärme am linearen Spannungsregler ableitet. Weshalb dieses Problem auftritt, wird an einem einfachen Design gezeigt:

Es soll ein linear geregeltes Netzteil mit einer Ausgangsspannung von 24 V und einem maximalen Strom von 0,25 A entwickelt werden.

Dabei sollen hauptsächlich Bauteile in SMD zum Einsatz kommen. Ein solches Netzteil ist in Bild 1 als Prinzipschaltbild zu sehen.

Die Betrachtung erfolgt von der Ausgangsspannung in Richtung Transformator. Ausgehend von 24 V Ausgangsspannung müssen vor dem Spannungsregler 3 V mehr anliegen. Diese sogenannte Dropout-Spannung benötigt der Spannungsreg-

ler um zu arbeiten. Über den Brückengleichrichter gehen zusätzlich die Durchlass-Spannung von zwei Schottky-Dioden, also ca. 1 V verloren. Damit muss der Transformator an der Sekundärseite  $24\text{ V} + 3\text{ V} + 1\text{ V} = 28\text{ V}$  liefern.

Das ist dann die Spitze-Spitze-Spannung. Die Ausgangsspannung von Transformatoren wird üblicher-

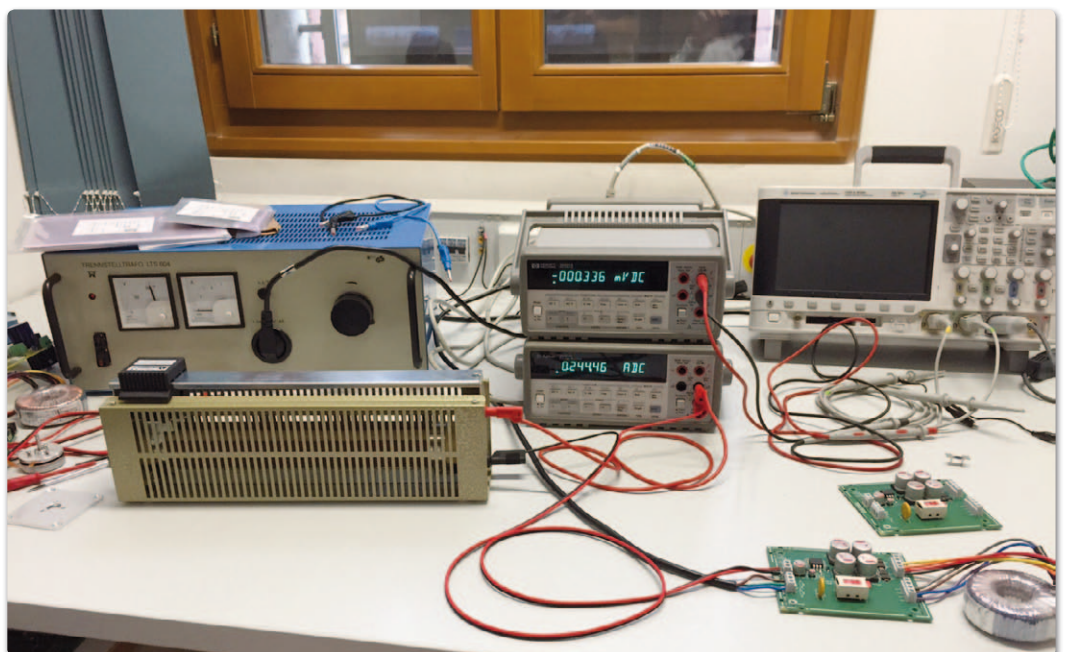


Bild 2: Der Messaufbau enthält einen Trennstelltrafo, um die Netzspannung zwischen 203 V und 253 V einzustellen

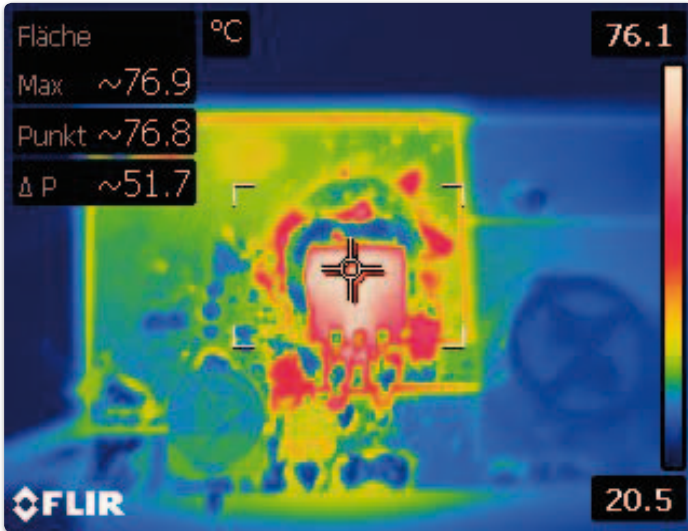


Bild 3a: IR-Bild der einseitigen Leiterplatte mit 35 µm Kupferdicke

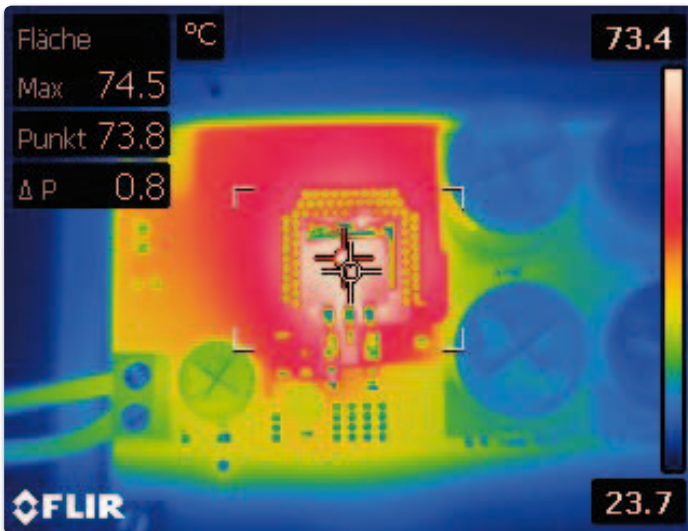


Bild 3b: IR-Bild der zweiseitigen Leiterplatte mit 35 µm Kupferdicke

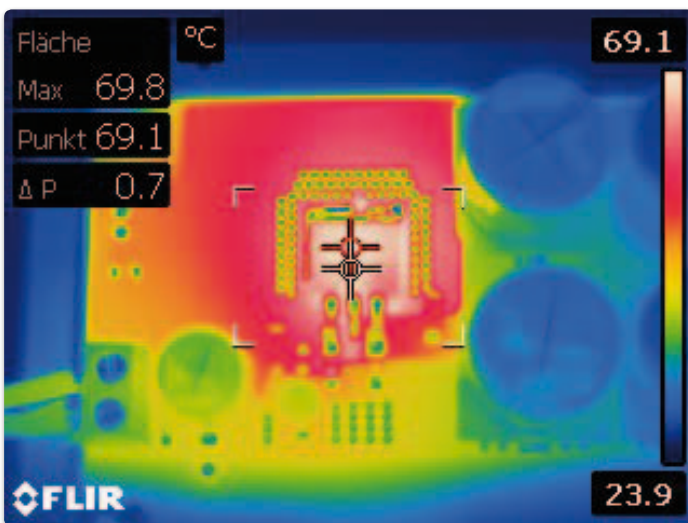


Bild 3c: IR-Bild der zweiseitigen Leiterplatte mit 70 µm Kupferdicke. Die Leiterplatte 1 ist mit einem Fräsbohrplotter und Leiterplatte 2 und 3 sind bei Eurocircuits hergestellt worden.

Leiterplatte	Kupferlagen	Kupferdicke / µm
1	1	35
2	2	35
3	2	70

Tabelle 1: Messungen mit unterschiedlichen Kupferlagen und -dicken

weise als Effektivwert angegeben. Die berechnete Spitze-Spitze-Spannung von 28 V muss noch durch den Faktor 1,4142 dividiert, um die effektive Sekundärspannung von  $28 \text{ V} / 1,4142 = 19,8 \text{ V}$  zu ermitteln. Also wird ein Transformator benötigt, der bei einer Netzspannung von 230 V eine Ausgangsspannung von ca. 19,8 V liefert. Leider ist das nicht die ganze Wahrheit. Die Netzspannung kann  $230 \text{ V} \pm 23 \text{ V}$  betragen. Also muss der Transformator bei der minimalen Netzspannung von 203 V bereits 19,8 V am Ausgang liefern. Deshalb wird ein 24-V-Transformator gewählt. Dieser ist in der Lage, auch die minimale Spannung von 19,8 V bei geringerer Netzspannung zu liefern.

#### Wie sehen die Spannungsverhältnisse bei dem gewählten Transformator aus?

Dieser stellt eine Spitze-Spitze-Spannung von

$24 \text{ V} \times 1,4142 = 33,94 \text{ V}$  am Brückengleichrichter bereit. Hinter dem Brückengleichrichter sind es immer 32,94 V, weil 1 V aufgrund der beiden leitenden Schottky-Dioden verbraucht wird. Der Spannungsregler setzt eine Verlustleistung von

$P_v = (32,94 \text{ V} - 24 \text{ V}) \times 0,25 \text{ A} = 2,24 \text{ W}$  um, die in Form von Wärme abgegeben wird. Dazu führt der Regler in SMD-Ausführung im SOT-263 Gehäuse die Wärme an das Kupfer der Leiterplatte ab. Anschließend wird die Erwärmung des Spannungsreglers gemessen, siehe Bild 2. Als Last wurde ein einstellbarer Widerstand verwendet. Anschließend wurden drei Leiterplatten mit unterschiedlicher Dicke und Anzahl an Kupferlagen hergestellt und die Schaltung aus Bild 1 aufgebracht (siehe Tabelle 1). Danach wurden alle drei Schaltungen auf den unterschiedlichen Leiterplatten gemessen. Dazu wurden am Eingang des Spannungsreglers 10 V angelegt und der Ausgang mit 0,25 A belastet. Damit ist sichergestellt, dass alle drei Messungen die exakt glei-

che Verlustleistung von 2,5 W aufwiesen. Die Erwärmung des Spannungsreglers und der Leiterplatte wurde mit einer IR-Kamera aufgenommen.

#### Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Bildern 3a bis 3c zu sehen: Bei der einseitigen Leiterplatte steht dem Spannungsregler weniger Kupferfläche zur Abführung der Wärme zu Verfügung. Die Kupferfläche beträgt bei dieser Leiterplatte ca. 1.000 mm<sup>2</sup> (siehe Bild 3a). Er erwärmt sich auf ca. 88 °C.

Bei der zweiseitigen Leiterplatte mit einer Kupferdicke von 35 µm sind beide Lagen über 70 Vias miteinander verbunden. Dadurch wird ein Teil der Wärme auch auf die untere Lage geleitet und die zur Verfügung stehende Kupferfläche ist ca. doppelt so groß (ca. 2.000 mm<sup>2</sup>). Es muss aber beachtet werden, dass durch die Vias die thermische Anbindung nicht optimal ist. Der Spannungsregler erwärmt sich auf knapp 74,5 °C (siehe Bild 3b).

Schließlich ist in Bild 3c die Messung für die zweiseitige Leiterplatte mit einer Kupferdicke von 70 µm zu sehen. Hier kann sich aufgrund der dickeren Kupferplatte die Wärme besser ausbreiten und der Spannungsregler erwärmt sich nur auf ca. 69,8 °C.

#### Fazit

Zur Kühlung des SMD-Spannungsreglers wird eine große Kupferfläche benötigt. Diese kann auch durch eine zweilagige Leiterplatte erfolgen, indem die zwei Kupferlagen mit vielen Vias durchkontaktiert werden, um die Wärme auf die untere Kupferlage zu bringen. Mit dieser Maßnahme konnte die Erwärmung des Spannungsreglers von 88 °C auf 74,5 °C gesenkt werden. Die Erhöhung der Kupferdicke von 35 µm auf 70 µm und damit des Querschnitts der Fläche brachte eine weitere Temperatursenkung auf 69,8 °C. ◀