



Abb. 3.10: Platzierung Thermische Vias

3.3 Filterung

3.3.1 Eingangsfilter

Schaltregler erzeugen je nach Schaltungstopologie, bezüglich der Wechselstromanteile in ihrer Zuleitung, leitungsgebundene EMV-Störungen. Würth Elektronik Mag1³C Power Module sind auf eine geringe Störaussendung von leitungsgebundenen und gestrahlten Störungen optimiert und die Restwelligkeit weist einen vernachlässigbaren Wert auf. Ein Ausgangsfilter ist daher in den meisten Anwendungsfällen nicht zwingend notwendig.

Der Wechselstromanteil des Eingangsstromes kann in Abhängigkeit des Anwendungs- bzw. Einsatzbereiches Funkstörungen verursachen. In diesem Fall obliegt es dem Anwender zu prüfen, ob er hinsichtlich seiner Applikation einen Eingangsfilter am Power Modul oder an einer anderen Stelle seiner Schaltung vorsieht.

Wie entstehen die Störungen und wie kann man diese reduzieren? Bedingt durch die Taktung eines Abwärtswandlers, fließt im Eingangskreis, mit dem Verhältnis der Schaltfrequenz, ein pulsierender Strom. Der Wechselanteil dieses Stromes wird vom Eingangskondensator geliefert, der somit schon eine Filterung bewirkt. Damit ist der aus der Spannungsquelle (z.B. AC/DC-Netzteil oder Batterie) gelieferte Strom nahezu ein Gleichstrom. Abhängig von der Größe des äquivalenten Serienwiderstands (engl.: equivalent series resistance, ESR Ersatzserienwiderstand) des Kondensators ist dem Gleichstrom eine Restwelligkeit überlagert, die zu einem unerwünschten Spannungsabfall am Kondensator, wie auch an den Zuleitungsimpedanzen, führt. Diese symmetrische Störspannung (Gegentaktspannung (engl.: differential mode)) wird in der leitungsgebundenen Störaussendungsmessung am Messanschluss der Netznachbildung (engl.: artificial mains network, AMN) zum Teil sichtbar.

Eingangsfilter

Schaltfrequenz

ESR

Gegentaktspannung

Das aus Sicht der EMV wesentlich kritischere Störsignal tritt als asymmetrische Spannung (Gleichtaktspannung (engl.: common mode)) auf. Ursache hierfür ist die schnelle Änderung des Schaltknotenpotentials bezogen auf das Erdpotential der Umgebung. Zusammen mit parasitären Kapazitäten, wie z.B. zwischen dem Kühlkörper des Schalttransistors und dem Gerätegehäuse und weiter zur Erde, ist die Spannungsänderung die Quelle eines Gleichtaktstromes, der ebenfalls an der Messimpedanz der Netznachbildung als Störspannung auftritt. Je schneller die Halbleiterbauteile im Schaltwandler ihren Zustand (sperrend/leitend) ändern, umso höher ist das Störpotential.

Mit einem LC-Filter am Eingang des Wandlers lassen sich die unerwünschten Störpegel des Eingangsstromes soweit reduzieren, dass die Grenzwerte internationaler Normen eingehalten werden. Auch wenn bei einem Gerät mit Wechselspannungseingang auf der AC-Seite des ersten Schaltnetzteils ein EMV-Filter vorgesehen bzw. vorhanden ist, kann ein zusätzliches Filter am Eingang jedes nachgeschalteten DC/DC-Schaltwandlers notwendig sein.

Ein Filter, bestehend aus einer Spule und einem Kondensator, erreicht theoretisch eine Dämpfung im Sperrbereich von 40 dB/Dekade. Parasitäre Eigenschaften der Filterbauteile reduzieren jedoch diesen Wert. Zur Dimensionierung des Filters wird eine Eckfrequenz f_{co} gewählt, welche weit unter der Taktfrequenz des Power Moduls liegt. Ein gängiger Wert liegt bei einem Zehntel der Schaltfrequenz des Wandlers:

$$f_{co} = \frac{f_{sw}}{10} \quad (3.1)$$

Die Eckfrequenz eines LC-Tiefpassfilters entspricht der Resonanzfrequenz eines Serienschwingkreises:

$$f_{co} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_i \cdot C_i}} \quad (3.2)$$

Ist ein Bauteil, z.B. die Filterspule, bezüglich ihrer elektrischen Parameter (Induktivität, Nennstrom, Gleichstromwiderstand) ausgewählt, kann für das zweite Filterbauteil – in diesem Fall der Kondensator – die benötigte Größe (hier: Kapazität) berechnet werden:

$$C_i = \frac{1}{(2\pi \cdot 0,1 \cdot f_{sw})^2 \cdot L_i} \quad (3.3)$$

Der Filterkondensator kann gleichzeitig der Eingangskondensator des Schaltreglers sein. Für ihn gilt, dass er für die Anforderung bezüglich des Wechselanteils des Eingangsstromes ausgelegt ist, um eine unzulässige Erwärmung des Bauteils zu vermeiden. Dabei spielt der ESR die Hauptrolle. Je höher dieser Wert ist, umso größer

Gleichtaktspannung

LC-Eingangsfiler

sind die Wirkleistungsverluste im Kondensator. Flüssigelektrolyt-Kondensatoren haben bauartbedingt einen höheren ESR als Festelektrolyt- und Keramikkondensatoren. Wird ein Kondensator mit niedrigem ESR verwendet, besteht allerdings die Gefahr, dass bei Laständerung oder Änderung der Eingangsspannung der Regelkreis anfängt zu schwingen. Dies liegt an der zu hohen Güte des Eingangsfilters, die besonders bei der Filterresonanzfrequenz dazu führt, dass die Ausgangsimpedanz des LC-Filters betragsmäßig die Eingangsimpedanz des Schaltreglers übersteigt. Mit einem parallel zu schaltenden Dämpfungsglied, bestehend aus einem Widerstand (R_d) in Reihe zu einer Kapazität (C_d), wird die Güte des Eingangsfilters und damit das Ausgangsimpedanzmaximum reduziert. Berechnet wird der Dämpfungswiderstand (R_d) wie folgt:

$$R_d = \sqrt{\frac{L_f}{C_f}} \quad (3.4)$$

Die Kapazität des Dämpfungskondensators sollte ein Vielfaches der des Filterkondensators betragen. In der Praxis wird ein Wert gemäß der folgenden Vorlage gewählt:

$$5 \cdot C_f \leq C_d \leq 10 \cdot C_f \quad (3.5)$$

Alternativ kann ein einzelner Elektrolytkondensator verwendet und anstelle des Dämpfungsgliedes parallel zum Filterausgang geschaltet werden. Die Filterspule wird aus Sicht der Spannungsversorgung vor dem Filterkondensator platziert. Ist die Versorgungsnetzimpedanz eher hochohmig, kann ein weiterer Filterkondensator vor der Spule notwendig sein (Π -Filter).

Ausgangsfiler

3.3.2 Ausgangsfiler

Die Mag13C Power Module der Würth Elektronik weisen am Ausgang eine sehr geringe kleine Spannungswelligkeit auf und aus diesem Grund ist ein Ausgangsfiler im Normalfall nicht notwendig. Bei Applikationen zur Versorgung von sensiblen A/D-Wandlern, Sensorleitungen, analogen Schaltkreisen oder Funkmodulen kann jedoch ein Ausgangsfiler die Restwelligkeit auf ein Minimum reduzieren bzw. harmonische Schwingungen unterdrücken. Die Dimensionierung des Filters kann, wie bereits bei dem LC-Eingangsfiler beschrieben, erfolgen. Eine zusätzliche Dämpfung des Filters ist an dieser Stelle nicht notwendig.

3.4 Wärmemanagement

Bei Spannungswandlern führen unter anderem Schaltverluste sowie Spannungsabfälle an den Bauteilen (Bauteiletoleranz beachten) zu einem Leistungsverlust. Diese werden innerhalb der Schaltung in Wärme umgewandelt und hat im Zusammenspiel mit der Umgebungstemperatur einen großen Einfluss auf die Lebensdauer eines Schaltreglers und somit auch auf die Anwendung der Elektronikkomponente. Daher muss, wie bereits im Kapitel 3.2 beschrieben, für eine angemessene Wärmeabfuhr gesorgt werden.