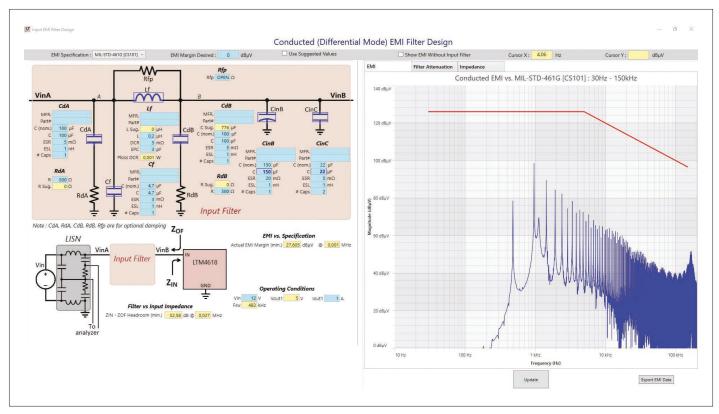
Störungsfreie Stromversorgung – aber wie?

Dieser Artikel betrachtet elektromagnetische Interferenzen (EMI) und Filter in Stromversorgungskonzepten.



Die meisten Elektroniksysteme benötigen eine Wandlung der Spannung der Stromversorgung auf die Spannung der Schaltung, die versorgt werden soll. Hierfür kennt man heute diverse Konzepte, die vom einfachen Linearregler über Ab- und Aufwärtswandler bis hin zu isolierenden Topologien reichen. Bestimmte Formen können jedoch schwer zu entwickeln sein und die Schaltfrequenz ist auch nicht fest, was manchmal zu EMV-Problemen führt.



Autor: Frederik Dostal, Field Applications Engineer Analog Devices Inc. www.analog.com

EMI-Betrachtungen

Elektromagnetische Interferenzen (EMI) sind immer ein wichtiger Punkt, den man bei der Entwicklung eines Schaltnetzteils beachten muss. Der Grund dafür ist, dass Schaltnetzteile hohe Ströme in sehr kurzen Zeitspannen ein- und ausschalten. Je schneller sie schalten, desto höher ist der Wirkungsgrad des Gesamtsystems. Schnelle Schaltvorgänge reduzieren jedoch die Zeitspanne, zu der ein Schalter

eingeschaltet ist. Während diesem Schaltübergang werden die meisten Schaltverluste erzeugt.

Bild 1 zeigt die Signalform am Schaltknoten eines Schaltnetzteils. Man stelle sich nun einen Abwärtsregler vor. Die hohe Spannung wird durch den Stromfluss durch den High-Side-Schalter definiert und die untere durch den fehlenden Stromfluss durch den High-Side-Schalter. In diesem Bild kann man erkennen, dass ein Schaltnetzteil nicht nur Störungen durch die eingestellte Schaltfrequenz erzeugt, sondern auch durch die Schnelligkeit der Schaltübergänge, die eine wesentlich höhere Frequenz aufweisen. Während die Schaltfrequenz üblicherweise zwischen 500 kHz und 3 MHz liegt, können die Schaltübergänge nur wenige Nanosekunden kurz sein. Bei einem Schaltübergang von 1 ns ergibt dies eine korrespondierende Frequenz von 1 GHz im Spektrum. Diese beiden Frequenzen treten meist als abgestrahlte und leistungsgebundene Emissionen auf. Weitere Frequenzen durch Schwingungen in der Regelschleife oder Interaktionen zwischen der Stromversorgung und möglichen Filtern können ebenfalls noch auftreten.

Der Autor

Frederik Dostal studierte Mikroelektronik an der Universität Erlangen in Deutschland. Er startete 2001 seine Tätigkeit im Bereich Powermanagement und hatte seither verschiedene Applikationsfunktionen inne, u.a. vier Jahre in Phoenix, Arizona, wo er an Schaltnetzteilen arbeitete. Er kam 2009 zu Analog Devices und arbeitet seither als Field-Applications-Engineer für das Powermanagement bei Analog Devices in München. Man erreicht ihn unter frederik.dostal@ analog.com.

hf-praxis 9/2021 41

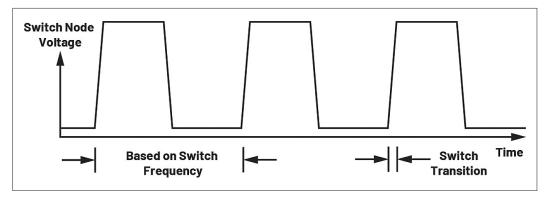


Bild 1: Geschwindigkeit der Schaltübergänge und Schaltfrequenz eines Schaltnetzteils

Zwei Gründe für die EMI-Minimierung

Es gibt zwei Gründe, warum die EMI reduziert werden sollte. Der erste ist der Schutz der Funktionsfähigkeit des Elektroniksystems, das eine bestimmte Stromversorgung mit Energie versorgt. Ein 16-Bit-A/D-Wandler, der im Signalpfad des Systems benutzt wird, sollte kein Schaltrauschen von der Stromversorgung aufnehmen. Der zweite Grund ist das Einhalten bestimmter Richtlinien zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), die von Regierungen weltweit erlassen wurden, um eine zuverlässige Funktion beim gleichzeitigen Betrieb unterschiedlicher Elektroniksysteme sicherzustellen.

EMI tritt in zwei unterschiedlichen Formen auf: abgestrahlte und leitungsgebundene Emissionen. Die effektivste Art, abgestrahlte Emissionen zu reduzieren ist es, das Leiterplatten-Layout zu optimieren und Optimierungstechniken wie Silent-Switcher von Analog Devices einzusetzen. Natürlich ist es auch effektiv, die Schaltung in einem abschirmenden Gehäuse unterzubringen, aber dies ist manchmal nicht möglich und in den meisten Fällen auch sehr teuer.

Die leitungsgebundene EMI wird normalerweise mit zusätzlicher Filterung gemindert.

Filter gegen EMI auf Leitungen

RC-Filter sind die üblichen Tiefpassfilter. In einem Stromversorgungssystem sind jedoch nur LC-Filter zu verwenden, da ein

Widerstand in Serie zu hohen Verlusten führen würde. Häufig genügt es nur eine Spule in Reihe zu schalten, da dies zusammen mit den Ein- oder Ausgangskondensatoren des Schaltnetzteils ein LC- oder CLC-Filter bildet. Manchmal werden auch nur Kondensatoren als Filter verwendet, aber wenn man die parasitären Induktivitäten von Stromkabeln oder leistungsführenden Leiterbahnen mit in Betracht zieht, bildet man mit einem Kondensator ebenfalls ein LC-Filter. Die Spule L kann einen integrierten Kern oder eine Ferrit-Perle haben. Die Aufgabe des LC-Filters ist es, einen Tiefpass zu erzeugen, sodass DC-Leistung fließen kann und Störungen mit höheren Frequenzen zum größten Teil gedämpft werden.

Ein LC-Filter besitzt zwei Pole, sodass man eine Frequenzdämpfung von 40 dB pro Dekade erzielt. Das Filter zeigt auch einen relativ scharfen Abfall. Die Entwicklung eines Filters ist keine große Wissenschaft, weil jedoch auch die parasitären Komponenten der Schaltung, wie die Induktivität der Leiterbahnen, Auswirkungen darauf haben, erfordert das Modellieren von Filtern gleichzeitig auch das der parasitären Hauptnebeneffekte. Dies kann das Simulieren eines Filters zu einer ziemlich zeitaufwendigen Angelegenheit machen. Viele Entwickler mit Erfahrung in der Filterentwicklung wissen, dass Filter auch früher schon gut funktionierten und sie ein bestimmtes Filter schrittweise für ein neues Design optimieren können.

In sämtlichen Filterentwicklungen muss man nicht nur das Verhalten bei kleinen Signalen beachten, wie die Übertragungsfunktion eines Filters im Bode-Diagramm, sondern man muss in einem LC-Filter auch die Auswirkungen großer Signale berücksichtigen. In jedem LC- Filter fließt Strom durch die Spule. Dieser Strom wird bei einer plötzlichen Lastspitze am Ausgang nicht mehr benötigt und die in der Spule gespeicherte Energie muss abgeleitet werden. Sie lädt dann den Kondensator des Filters auf. Ist er jedoch nicht für diesen Extremfall ausgelegt, kann die gespeicherte Leistung Spannungsspitzen hervorrufen, die möglicherweise die Schaltung schädigen.

Und schließlich besitzen Filter eine bestimmte Impedanz. Diese interagiert mit den Impedanzen der Leistungswandler, die mit dem Filter verbunden sind. Solche Interaktionen können zu Instabilität und Schwingungen führen. Simulationswerkzeuge wie LTspice und LTpowerCAD von Analog Devices sind eine große Hilfe bei der Lösung dieser Probleme und entwerfen ein passendes Filter.

Die Aufmachergrafik liefert Impressionen vom Entwickeln eines Eingangsfilters für einen Abwärtsregler mit LTpower-CAD. Dargestellt wird die grafische Benutzerschnittstelle, die den Filterdesigner in der Entwicklungsumgebung LTpower-CAD unterstützt. Mit diesem Werkzeug wird das Filterdesign sehr einfach.

Silent-Switcher-Bausteine

Abgestrahlte Emissionen sind nur schwer zu unterdrücken. Dazu ist eine spezielle Schir-

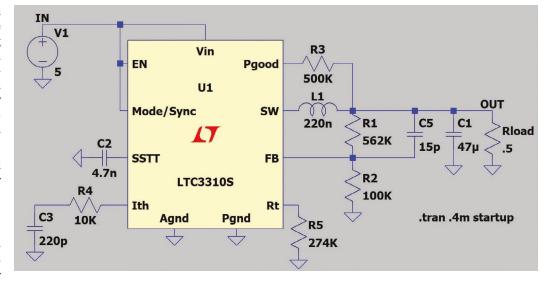


Bild 2: Diese Schaltung mit dem Silent-Switcher- Baustein LTC3310S zeigt nur geringste abgestrahlte Emissionen

42 hf-praxis 9/2021

mung mit metallischen Materialien nötig. Dies kann sehr kostenintensiv sein. Daher suchen Ingenieure seit langem nach Wegen, um die von Schaltnetzteilen generierten abgestrahlten Emissionen zu reduzieren. Vor einigen Jahren wurde dafür mit der Silent-Switcher-Technik ein großer Durchbruch erzielt. Durch das Vermindern der parasitären Induktivitäten in der "heißen Schleife" eines Schaltnetzteils und verteilen dieser heißen Schleifen auf zwei symmetrisch angeordnete, heben sich die meisten abgestrahlten

Emissionen gegenseitig auf. Heute sind viele Silent-Switcher-Bauteile am Markt verfügbar, die wesentlich geringere Emissionen abstrahlen als ihre Vorgängermodelle.

Das Reduzieren der abgestrahlten Emissionen erlaubt es, die Geschwindigkeit der Schaltflanken ohne ernsthafte EMV-Probleme zu steigern. Durch die steileren Schaltflanken reduzieren sich Schaltverluste, was wiederum höhere Schaltfrequenzen ermöglicht. Ein Beispiel für diese Innovation ist

der LTC3310S, der mit 5 MHz Schaltfrequenz arbeiten kann, was extrem kompakte Designs mit nur wenigen preiswerten externen Komponenten erlaubt (Bild 2).

Das Powermanagement ist notwendige Angelegenheit, kann aber auch erfreulich sein

In diesem Artikel wurden viele Aspekte der Entwicklung von Stromversorgungen beleuchtet, wie die unterschiedlichen Stromversorgungstopologien mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Für die Entwickler von Stromversorgungen mögen diese Informationen nur sehr grundsätzlich sein, aber sowohl für Experten als auch Nichtfachleute ist es hilfreich, Software-Werkzeuge wie LTpowerCAD und LTspice als Hilfsmittel in ihren Entwicklungsprozessen zu haben. Mit diesen Werkzeugen können Leistungswandler in sehr kurzer Zeit entwickelt und optimiert werden. Vielleicht inspiriert dieser Artikel ja dazu, sich auf die nächste herausfordernde Entwicklung einer Stromversorgung zu freuen. ◀

Fachbücher für die Praxis



Unser gesamtes
Buchprogramm
finden Sie unter
www.beam-verlag.de
oder bestellen Sie über
info@beam-verlag.de

Digitale Oszilloskope

Der Weg zum professionellen Messen

Joachim Müller Format 21 x 28 cm, Broschur, 388 Seiten, ISBN 978-3-88976-168-2 beam-Verlag 2017, 24,95 €

Das Oszilloskop ist eines der wichtigsten Messgeräte, das in allen Teilgebieten der Elektronik und auch darüber hinaus verwendet wird, um Signalverläufe über der Zeitachse darzustellen. Das in den 1930er Jahren erfundene Gerät hat, speziell in den zurückliegenden letzten zwei Jahrzehnten, eine rasante Weiterentwicklung vom ursprünglich reinen analogen zum volldigitalisierten Konzept erfahren. Mit der Digitalisierung konnten zusätzliche Funktionen realisiert werden, was dem Oszilloskop heute den Zugang zu seither noch nicht abgedeckten Applikationen eröffnet. Das dadurch für den Anwender deutlich gewachsene Hintergrundwissen vermittelt, auf praxisbezogene Weise, das neue Werk. Das digitale Oszilloskop arbeitet unter

völlig anderen Rahmenbedingungen, als das vergleichsweise einfache analoge Konzept. Durch die Analog-Digital-Wandlung entstehen Effekte, die bisher beim analogen Oszilloskop völlig unbekannt waren. Beispiele hierzu sind Aliasing oder Blindzeit. Beim Aliasing treten Geistersignale auf, die im ursprünglichen Signalverlauf nicht vorhanden sind. Durch Blindzeiten können relevante Signalereignisse unerkannt bleiben. Um diese und weitere Effekte zu beherrschen sind für den erfolgreichen Einsatz digitaler Oszilloskope entsprechende Kenntnisse ihres internen Funktionsprinzips essentiell.

Der inhaltliche Schwerpunkt und die Darstellung von Praxis-Demonstrationen basieren auf einem R&S High-End-Oszilloskop, womit auch Auswirkungen in Grenzbereichen aufgezeigt werden können. Liegen beim Leser Anwendungssituationen vor, die geringeren Anforderungen entsprechen, können die vorgeschlagenen Versuchsparameter auf ein entsprechend reduziertes Maß angepasst werden. Für die Umsetzung der vorgeschlagenen Praxis-Demonstrationen reichen in der Regel das vorhandene Oszilloskop und ein Laborgenerator.

hf-praxis 9/2021 43