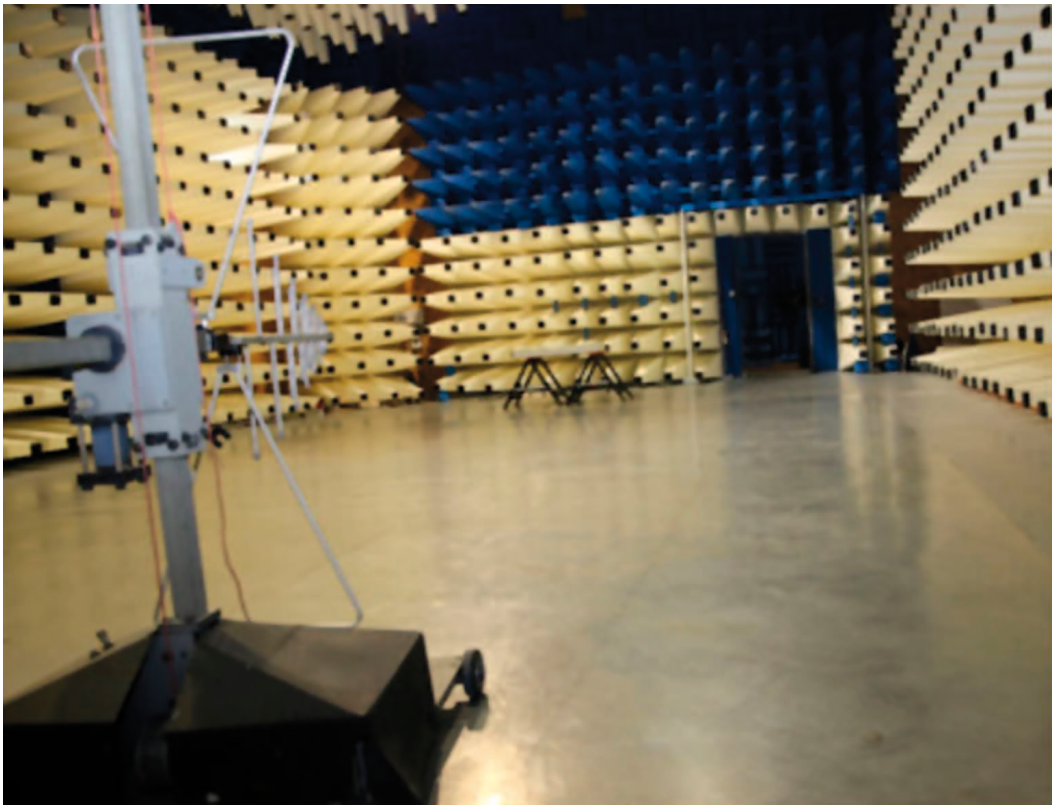
Den Abstrahlemissionstest bestehen:

Komplexe EMI-Störminderungstechniken vermeiden



Wie man komplexe EMI-Störminderungstechniken bei kompakten und kostengünstigen isolierten Schaltungen vermeiden kann, erläutert dieser Artikel.

In elektronischen Systemen ist eine galvanische Trennung aus unterschiedlichen Gründen erforderlich. Sie ist nötig, um Menschen und Ausrüstungen vor hohen Spannungen zu schützen, oder einfach, um unerwünschte Masseschleifen auf einer Baugruppe zu vermeiden. Sie ist ein essenzielles Schaltungselement in einer Vielzahl von Applikationen wie in der Fabrik- und industriellen Automatisierung, medizintechnischen Geräten sowie der Kommunikationstechnik und in Konsumelektronikprodukten.

Herausforderndes Design

Die Isolierung ist unbedingt nötig und ihr Design auch äußerst komplex. Wenn kontrollierte Leistungs- und Datensignale über die Isolationsbarriere übertragen werden, erzeugt dies elektromagnetische Interferenzen (EMI). Diese abgestrahlten Emissionen können die Leistungsfähigkeit von anderen Elektroniksystemen und Netzwerken negativ beeinflussen.

Ein wichtiger Schritt in der Schaltungsentwicklung mit Isolierung ist es, die Versorgungsleistung über die Isolationsbarriere zu transferieren und die resultierenden Abstrahlungen zu vermindern. Obwohl traditionelle Methoden effektiv sein können, besitzen sie häufig auch Nachteile. Sie können den Ein-

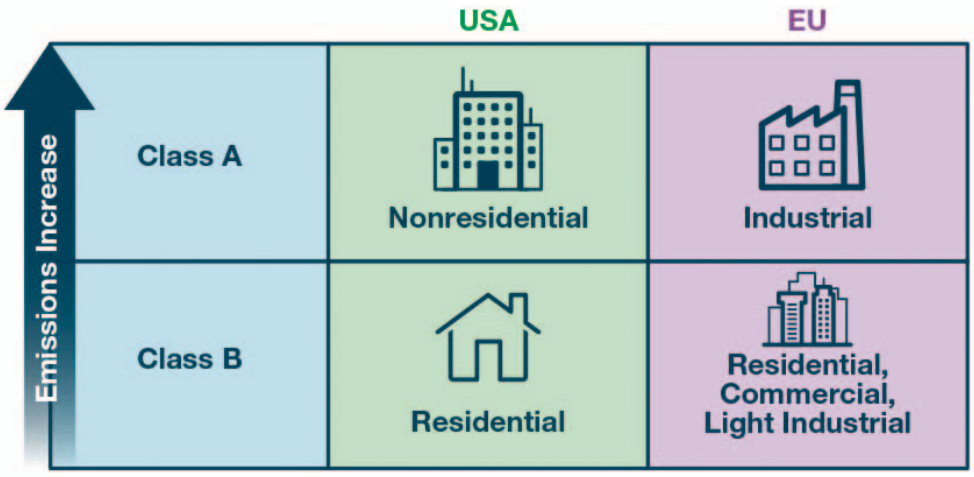


Bild 1: Beispiele für abgestrahlte Emissionen

Analog Devices, Inc.
www.analog.com

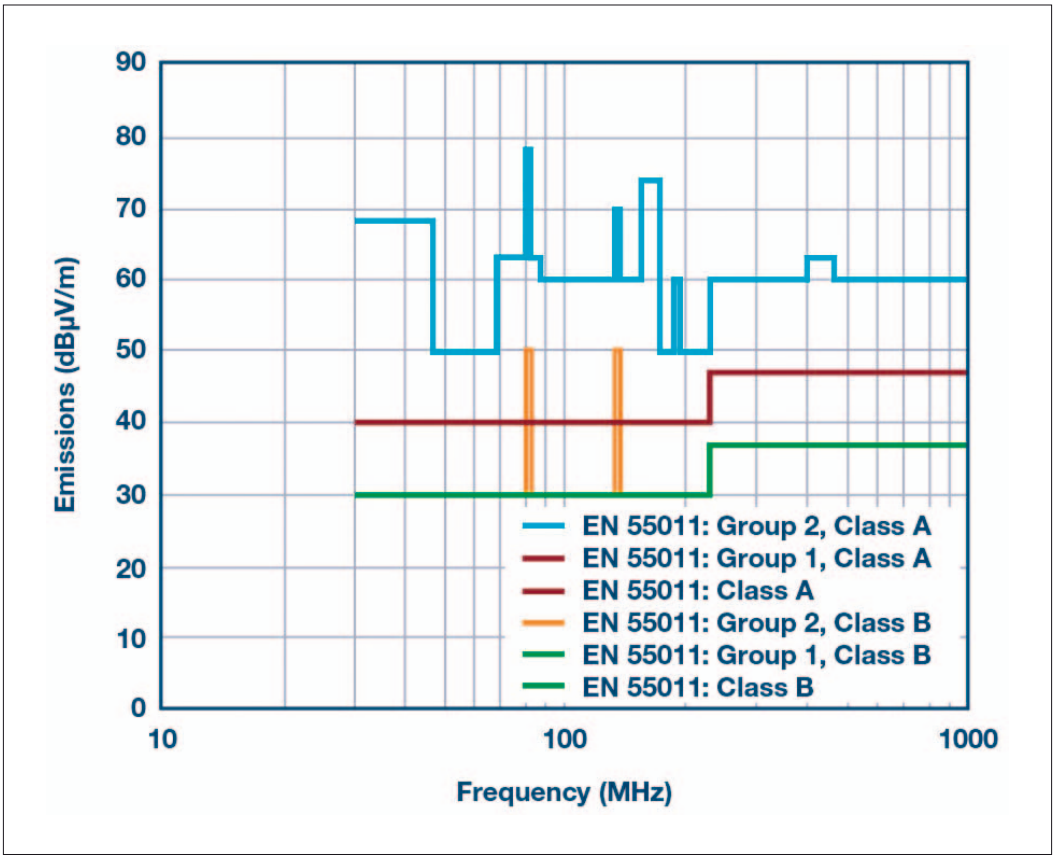


Bild 2: Standards für abgestrahlte Emissionen – Grenzwerte

satz von diskreten Schaltungen und Trafos für die Übertragung der Leistung erfordern. Dies ist eine umfangreiche, zeitaufwändige Methode, die wertvolle Leiterplattenfläche beansprucht – was zu insgesamt höheren Kosten führt. Kostengünstigere Lösungen integrieren die Trafos und nötige Schaltungen in kleinere Formate, wie Chipgehäuse.

Dies spart Leiterplattenfläche ein und senkt damit die Komplexität und Kosten, führt zu kleineren Trafos mit weniger Windungen, die jedoch höhere Schaltfrequenzen (bis zu 200 MHz) benötigen, um die erforderliche Leistung auf die Sekundärseite zu transferieren. Bei diesen höheren Frequenzen können parasitäre Gleichtaktströme (Common Mode, CM) über die Wicklungen des Trafos kapazitiv von der Primär- in die Sekundärseite eingekoppelt werden. Wegen der Isolationssperre gibt es keinen physikalischen Pfad, diese CM-Ströme auf die Primärseite zurückzuleiten. Die Isolationsbarriere bildet somit einen Dipol, der Energie als CM-Strom abstrahlt und sie auf die Primärseite zurückleitet. Dies ist ein weiterer wichtiger Punkt, der beachtet werden muss, um einschlägige Vorschriften zu erfüllen.

Anforderungen an die EMV

Bevor ein Produkt vermarktet wird, muss es den Vorschriften der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) entsprechen. Die Integration der Trafos und notwendigen Schaltungen in kleinere Gehäuse resultiert in EMI, was wiederum komplexe und teure Techniken zur Verminderung der Emissionen nach sich zieht, um die gesetzlichen Vorschriften der elektromagnetischen Verträglichkeit zu erfüllen.

EMV-Vorschriften gibt es für unterschiedliche globale Regionen und stellen sicher, dass alle Produkte in Anwesenheit anderer Produkte korrekt arbeiten. Emissionen müssen unter einem spezifizierten Pegel liegen, der auf dem vorgesehenen Einsatz basiert. Die Prüfung und Zertifizierung der EMV wurde deshalb zum integralen Bestandteil der Markteinführung neuer Produkte. Produkte, die in de EU verkauft werden, benötigen ein CE-Zeichen und solche, die in den USA vertrieben werden eine FCC-Zulassung. Die Übereinstimmung mit diesen Zertifizierungen erfordert eine Reihe an EMV-Prüfungen. In industriellen, medizintechnischen, Kommunikations- und Konsumelektronik-Umgebungen müssen die abgestrahlten Emissionen typischerweise CISPR 11/EN 55011, CISPR 22/EN 55022 oder FCC Part 15 entsprechen.

CISPR 11/EN 55011 gilt für Geräte, die dazu entwickelt wurden, HF-Energie für industrielle, Forschungs- und medizintechnische (ISM) Aufgaben zu generieren. In diesem Standard kann die Ausrüstung in zwei Klassen eingeteilt sein (Bild 1). Class 2 ist dabei für sämtliche ISM-HF-Ausrüstungen gedacht, in denen HF-Energie absichtlich generiert und lokal verwendet wird. Class 1 enthält alle Geräte im Bereich dieses Standards, die nicht als Class 2 eingeordnet sind.

CISPR 22/EN 55022 umfasst Ausrüstungen der Informationstechnik (ITE) deren primäre Aufgabe eine Kombination aus Eingabe, Speichern, Anzeigen, Abfragen, Übertragen, Verarbeiten und Schalten oder Steuern von Daten und Telekommunikations-Nachrichten ist. Diese können auch mit einem oder mehreren Terminal-Ports ausgestatteten sein, die üblicherweise für den Informationstransfer verwendet werden.

Jede Klasse wird von einem eigenen Satz an Emissionsgrenzen bestimmt:

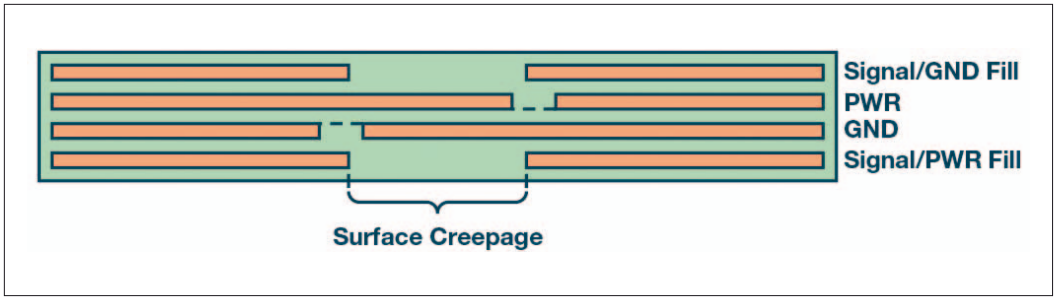


Bild 3: Interner Stitching-Kondensator, gebildet zwischen den internen Versorgungs- und Masselagen

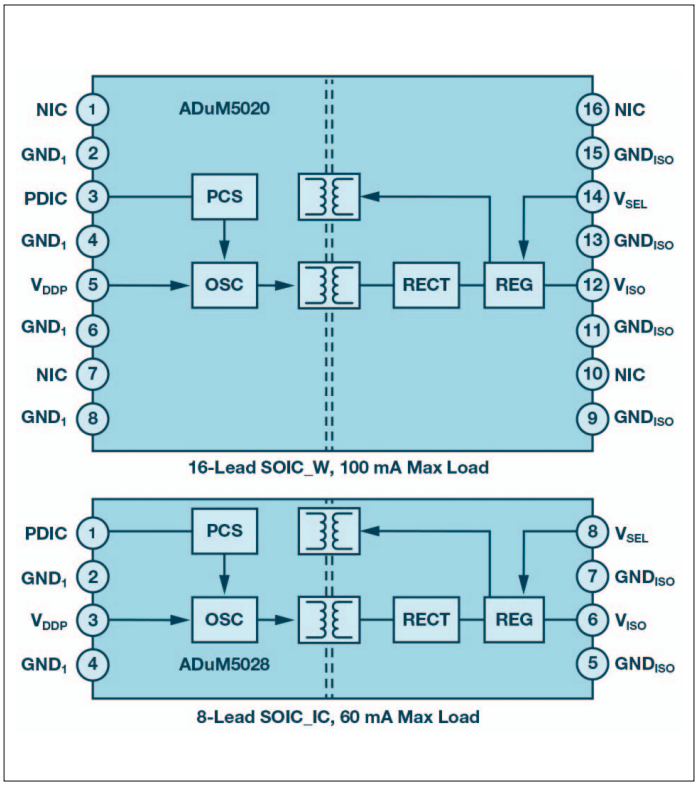


Bild 4: Blockaufbau der Bausteine

- Klasse A: Gerät, verwendet in industriellen Applikationen und gewerblichen Bereichen
- Klasse B: Gerät, das im Privatbereich betrieben wird

Die Grenzwerte von Klasse B sind bis zu 10 dB enger als für Klasse A. Bild 2 zeigt die Grenzwerte der CISPR 11/EN 55011 und CISPR 22/EN 55022 für beide Klassen als Graphen an. In diesem Frequenzbereich entspricht die Übereinstimmung mit CISPR 22/EN 5502 Klasse B auch der mit CISPR 11/EN 55011 Klasse B.

EMC am Beginn der Entwicklung beachten

Es wurde von Intertek berichtet, dass 50% der Produkte den ersten EMC-Test nicht bestehen. Dies kann auf Fehler beim Einsatz von EMV-Entwicklungstechniken früh im Entwicklungszyklus zurückzuführen sein. Ignoriert man die EMV, bis die funktionale Entwicklung abgeschlossen ist, führt dies häufig zu teurem Mehraufwand. Zudem gibt es immer weniger Techniken zur Lösung von EMV-Problemen, wenn man in der Produktentwicklung voranschreitet, da verschiedene Aspekte des Produktes dann ohne Zusatzkosten und Zeitüberschreitungen nicht mehr geändert werden können.

Die Auswahl und Platzierung der Komponenten sind sehr wichtig. Das Auswählen und Entwickeln mit Bausteinen, die bereits Industriestandards erfüllen, kann die Übereinstimmung mit der EMV erhöhen.

Störungsminderungstechniken

Verglichen mit konventionellen Methoden, die diskrete Trafos verwenden, führt die Integration eines Trafos und Schaltungen in ein IC-Gehäuse wegen der geringeren Anzahl an Komponenten zu deutlich größeren Platzeinsparungen, kann aber in höheren abgestrahlten Emissionen resultieren. Störungsminderungstechniken für abgestrahlte Emissionen können die Einsparungen bezüglich integrierter Trafos und Kosten wegen der höheren Entwicklungskomplexität der Baugruppe oder zusätzlicher Komponenten wieder zunichte machen.

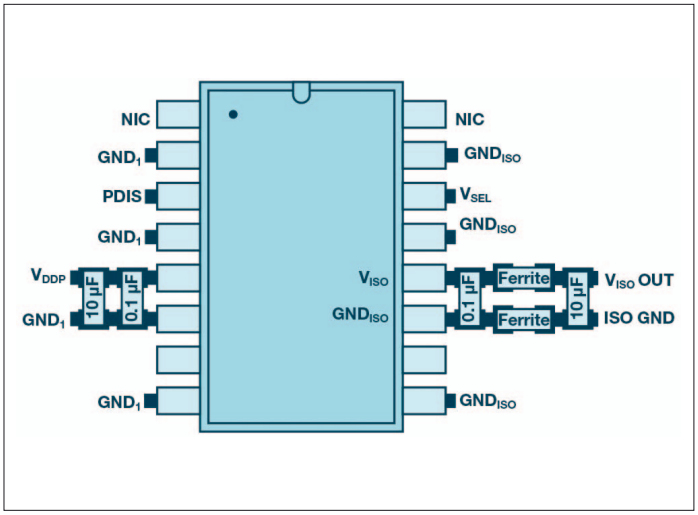


Bild 5: Konzept des ADuM5020 mit Ferriten

Ein üblicher Weg ist es, einen Pfad mit geringer Impedanz von der Sekundär- auf die Primärseite vorzusehen und damit den Pegel der Abstrahlungen zu mindern, etwa mit einem „Stitching"-Kondensator zwischen Primär- und Sekundärseite entweder diskret oder in der Zwischenlage eingebettet. Ein diskreter Kondensator ist die einfachere Lösung und kann entweder bedrahtet oder oberflächenmontierbar sein. Er ist auch für eine zweilagige Leiterplatte geeignet, jedoch voluminös. Eine andere nicht ideale Lösung nutzt einen eingebetteten Kondensator, der gebildet wird, wenn zwei sich Lagen in einer Leiterplatte überlappen (Bild 3). Diese Spielart hat einige sehr nützliche Eigenschaften, da die parasitäre Induktivität sehr gering ist. Sie bedeutet aber höhere Entwicklungskomplexität und Kosten wegen der spezifischen Auslegung der Lagendicke, um die korrekte Kapazität zu erhalten und benötigt mindestens eine vierlagige Platine. Eventuell können sich Leckwechselströme und Transienten über die Barriere von einer Masselagen in die anderen einkoppeln obwohl die Stitching-Kapazität in der Regel klein ist.

Eine ideale Störminderungstechnik benötigt keine Stitching-Kapazität, senkt damit die Kosten und reduziert die Design-Komplexität der Leiterplatte.

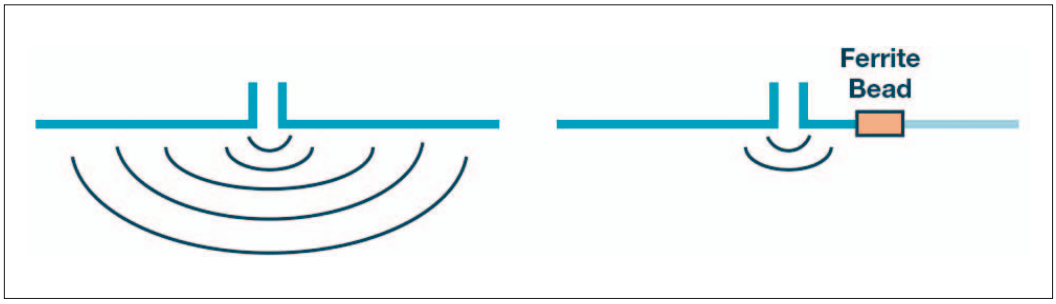


Bild 6: Ferrit mindert Effektivität des Dipols

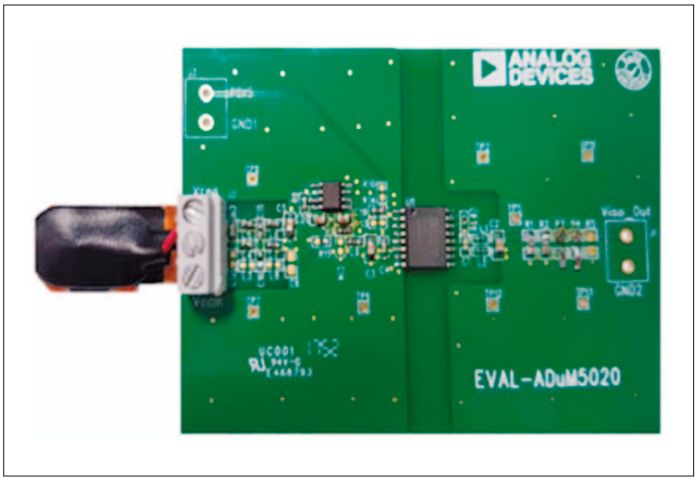


Bild 7: Evaluierungs-Board

Komplexe Störminderungstechniken eliminieren

Idealerweise sollte eine integrierte und isolierte Leistungskomponente bereits Maßnahmen zur Minderung der Emissionen innerhalb des Chips enthalten und garantieren, dass die Emissionen auf Systemebene die Standards erfüllen, ohne dass zusätzlich komplexe externe Maßnahmen ergriffen werden müssen. Dies ermöglich auch das Einhalten strenger Emissionstests ohne mehrfachen Prüfdurchlauf, nur durch das Platzieren der Komponenten auf eine einfache zweilagige Leiterplatte.

Isolator mit geringen Emissionen

Die isoPower-Familie der letzten Generation von Analog Devices enthält innovative Design-Techniken, die das Erzeugen von abgestrahlten Emissionen mit hohen Pegeln selbst auf einer zweilagigen Leiterplatte ohne Stitching-Kondensator verhindern. Die Bausteine ADuM5020 und ADuM5028 (Bild 4) liefern 500 bzw. 330 mW Leistung über die Isolationsbarriere und liegen dabei mit deutlicher Marge unter den Grenzwerten der CISPR 22/EN 55022. Der ADuM5020 wird in einem Wide-Body-SOIC-Gehäuse mit 16 Anschlüssen geliefert, und das kleinste Gehäuse für den ADuM5028 ist ein SOIC-Gehäuse mit acht Anschlüssen. Beide Bausteine bieten sowohl 3- als auch 5-V-Stromversorgungsoptionen und eine Spannungsfestigkeit von 3 kV rms.

Um die abgestrahlten Emissionen zu reduzieren besitzen beide Bausteine eine exzellente Spulensymmetrie und Spulentreiberschaltungen, die helfen, die Übertragung von CM-Strömen über die Barriere zu minimieren. Spreizspektrumtechniken sind ebenfalls implementiert, um die Rauschbündelung bei einer bestimmten Frequenz zu reduzieren und die abgestrahlte Emissionsenergie über ein breiteres Frequenzband zu verteilen. Der Einsatz von preiswerten Ferriten auf der Sekundärseite reduziert Emissionen noch weiter. Diese Techniken verbessern sowohl die Pegel der Spitzen- und Quasi-Spitzenmessungen während der Abstrahlungs-Konformitätsprüfung.

Bild 5 zeigt die auf der Sekundärseite nahe dem VISO- und dem GNDISO-Pin platzierten Ferrite. Die für das Messen der Emissions-Plots im folgenden Abschnitt benutzten Ferrite waren BLM15HD182SN1 von Murata; diese besitzen eine hohe Impedanz über einen weiten Frequenzbereich (1800 Ohm bei 100 MHz und 2700 Ohm bei 1 GHz). Damit wird die effektive Strahlungsleistung des Dipols reduziert. Wie in Bild 6 dargestellt, ist der CM-Strom reduziert und die effektive Länge des Dipols wird signifikant verkürzt, was zu einem weniger effektiven

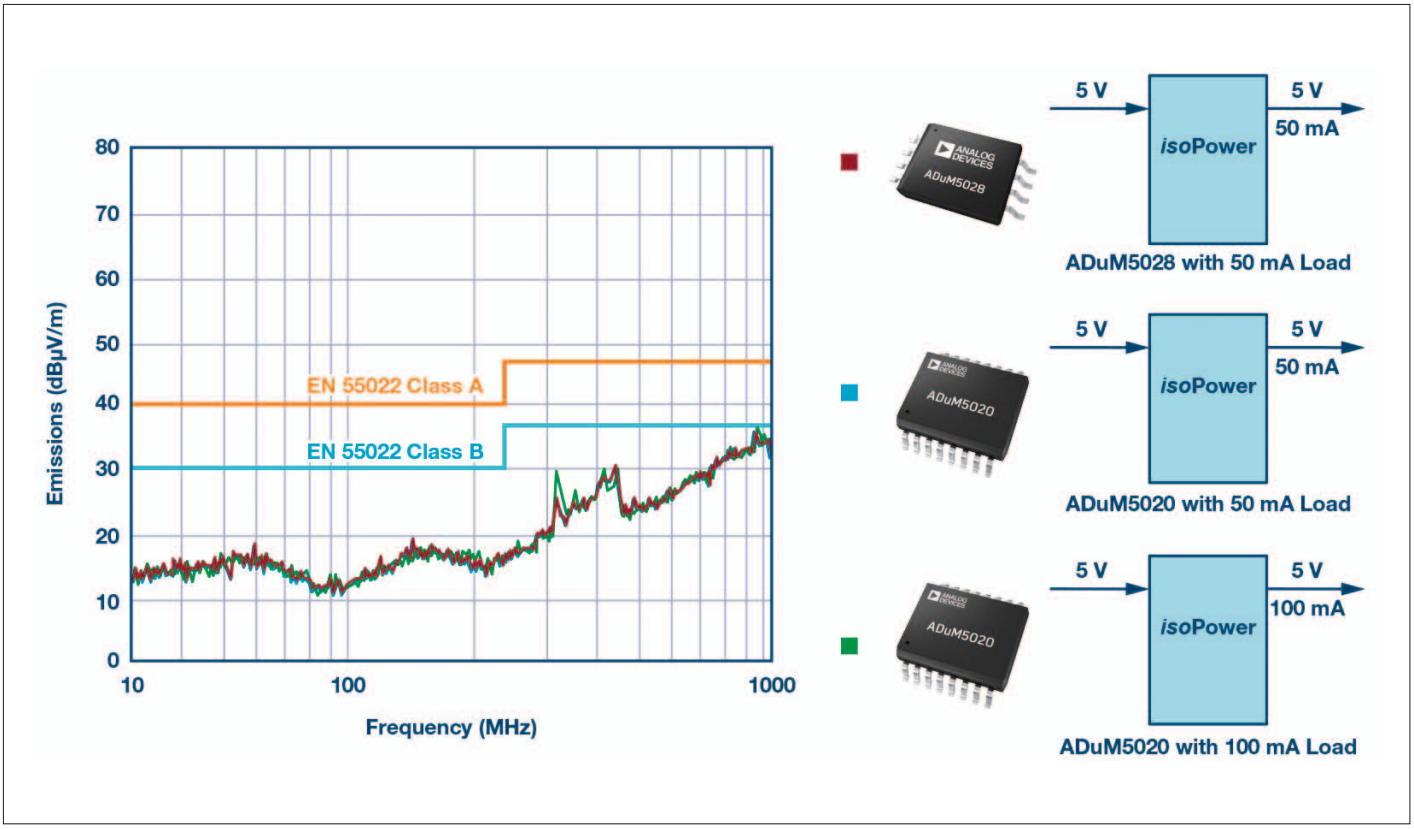


Bild 8: Darstellung der Spitzenwerte des ADuM5020/ADuM5028

V_{IN}/V_{ISO} 5 V/5 V	Ausgangsstrom (mA)	Worst-Case-Quasi-Peak-Frequenz (MHz)	CISPR 22 Klasse B Quasi-Peak dBµV/m Klasse B Marge (dB)
ADuM5028	50	920	erfüllt mit -6,3
ADuM5020	50	935	erfüllt mit -6,9
ADuM5028	100	915	erfüllt mit -5,1

Tabelle 1: Testergebnisse

Dipol und reduzierten Emissionen führt.

Die Bausteine ADuM5020/ADuM5028 sind eine Drop-in-DC/DC-Stromversorgung. Mit ihrem kleinen Flächenbedarf und exzellentem Abstrahlungsverhalten sind sie eine kostengünstige Lösung mit geringer Komplexität, die sämtliche EMV-Vorschriften erfüllt, wenn sie von Beginn der Entwicklung in das Endprodukt eingeplant werden.

Ergebnisse aus der Testkammer

Die Bausteine wurden gemäß den Prüfrichtlinien der CISPR 22/EN 55022 in einer 10 m großen Halbschall-Dichtkammer getestet (Aufmacherfoto). Das Evaluierungs-Board (Bild 7) wurde in 10 m Entfernung vom Kalibrierpunkt der Antenne platziert. Es ist dabei wichtig, dass keine weiteren leitenden Oberflächen in der Nähe des Prüflings sind; daher wurde eine Batterie benutzt. Bild 8 zeigt die Darstellung der Spitzenwerte. Waren diese Punkte lokalisiert, erfolgten Quasi-Spitzenmessungen, dabei rotierte der Prüfling um 360° und die Antennenhöhe wurde von 1 auf 4 m angehoben. Der schlechteste Wert wurde mit den Grenzwerten verglichen.

Bild 8 zeigt die für die ADuM5020/ADuM5028 in unterschiedlichen Konfigurationen aufgezeichneten Spitzenwerte. Man beachte die Verteilung der Energie über ein breites Band aufgrund der Spreizspektrumtechniken in den Bausteinen. Tabelle 1 nennt Messwerte. Bild 9 zeigt die Marge des schlechtesten Werts der Quasi-Spitzenmessung gegenüber den Grenzwerten der CISPR 22/EN 55022. Der ADuM5020 mit einer Last von 100 mA und einer 5-V-Ausgangsversorgung (500 mW) zeigte dabei eine Marge von über 5 dB bis zu den CISPR 22/EN 55022-Grenzwerten. Diese ist nützlich und wird empfohlen, da es Abweichungen in der Qualität der Prüfkammer, der Kalibrierung und Genauigkeit der Ausstattung in unterschiedlichen Versuchsanlagen geben kann.

ADuM5020/ADuM5028 sind eine direkte Austauschstromversorgung für isolierte Designs, die die Emissionsstandards der folgenden Emissions- und Produktstandards erfüllen sollen:

- CISPR 22/EN 55022 (Klasse B): Informationstechnisches Equipment
- CISPR 11/EN 55011 (Klasse B): Industrielle, Forschungs- und medizintechnische (ISM) Ausrüstungen
- IEC 61000-6-4: Fachgrundnormen, Emissionsstandards für industrielle Umgebungen
- IEC 61000-6-3: Fachgrundnormen, Emissionsstandards für private, kommerzielle und Leichtindustrie-Umgebungen
- IEC 61131-2: Programmierbare Controller, Teil 2: Anforderungen an das Equipment und seine Prüfung
- IEC 621326: Elektrisches Equipment für den Einsatz in Messtechnik, Steuerung und im Labor
- EMV-Anforderungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- IEC 60601-1-2: Elektrische Medizintechnische Ausrüstungen, Teil 1-2: Allgemeine Anforderungen für die grundlegende Sicherheit und essentielle Leistung
- IEC 61800-3: Elektrische Antriebssysteme mit regelbarer Geschwindigkeit, Teil 3: EMV-Anforderungen und spezifische Testmethoden
- IEC 63044-5-1: Elektrische Systemtechnik für Heim und Gebäude (ESHG) und Systeme der Gebäudeautomation (GA), Teil 5-1: EMV-Anforderungen, Bedingungen und Testaufbau

Reduzieren der Komplexität und der Kompromisse beim Design

Die Entwicklung einer isolierten Stromversorgung kann einer der anspruchsvollsten Aspekte im Entwicklungsprozess sein. Das Erstellen einer Lösung erfordert das Abwägen von Schaltungsanforderungen mit der Notwendigkeit der Übereinstimmung mit behördlichen Vorschriften in unterschiedlichen globalen Regionen. Als Ergebnis müssen häufig Kompromisse geschlossen werden, die sich negativ auf Größe, Gewicht und Leistung auswirken oder die Fähigkeit einschränken, den EMV-Standards zu entsprechen.

Um die EMV erfolgreich zu implementieren, sollte man Bausteine einsetzen, die erwiesenermaßen die Industriestandards bereits früh in der Entwicklungsphase erfüllen. Die EMV sollte integraler Bestandteil der Entwicklung und nicht erst nachträglich ausgeführt werden. Der Einsatz von Störminderungstechniken wie Stitching-Kondensatoren reduziert die Störfestigkeit elektrischer Systeme auf Transienten und erhöht die Kosten und Designkomplexität.

Die letzte Generation der isoPower-Familie von Analog Devices bietet Störminderungstechniken für abgestrahlte Emissionen, die die Notwendigkeit des Einsatzes eines Stitching-Kondensators eliminieren und dennoch die Norm EN 55022/CISPR 22 Klasse B erfüllen. Die Bausteine ADuM5020/ADuM5028 enthalten Spreizspektrumtechniken, die den Energiepegel bei jeder einzelnen Frequenz reduzieren. Exzellentes Design, Wicklungssymmetrie des Trafos und der Einsatz von zwei kleinen billigen Ferriten reduzieren den Fluss des CM-Stroms über die Isolationsbarriere und in die Masselage auf der Sekundärseite. Die Bausteine ADuM5020/ADuM5028 senken die Kosten, indem sie die CISPR22/EN 55022 Klasse B mit einer signifikanten Marge auf einer zweilagigen Leiterplatte erfüllen, ohne dass teure Abstrahlungs-Verminderungstechniken auf Leiterplattenebene notwendig sind. ◄

Der Autor

James Scanlon erhielt 2001 seinen Titel B.E. in Electronic Engineering vom University College Dublin. Anschließend vollendete er 2008 seinen M. Eng. in VLSI-Systems an der University of Limerick. James kam 2001 als junger Ingenieur zu Analog Devices in Limerick, Irland, wo er in der Design-Evaluierung arbeitete. Derzeit arbeitet er als Applikationsingenieur in der Isolation-Technology-Group und beschäftigt sich mit einem umfangreichen Portfolio an Produkten, die für die EMV spezialisiert sind. Man erreicht ihn unter: james.scanlon@analog.com.