

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

VON CHRISTOPHER RICHARDSON & RANJITH BRAMANPALLI

1. Einleitung

Unter dem Begriff „Überschwingen“ versteht man ein unerwünschtes Nachschwingen, das auftritt, wenn ein Leistungshalbleiterschalter bei vorhandener parasitärer Induktivität und Kapazität ein- oder ausgeschaltet wird. In der parasitären Übergangskapazität des Schalters gespeicherte Energie wird beim Wechsel des Schaltzustands freigesetzt und überschwingt mit der von den Streufeldern diskreter Speicherdrosseln kommenden parasitären Induktivität sowie der durch die Verdrahtung von Leiterbahnen, Bauteilverbindungen, Steckverbindern usw. entstehenden Induktivität. Bei echten Schaltungen auf echten Leiterplatten sind parasitäre Elemente stets vorhanden, weswegen bei allen Schaltwandlern zumindest ein geringfügiges Überschwingen auftritt. Diese elektromagnetischen Störungen (EMV) bewegen sich normalerweise im Bereich zwischen 50 und 200 MHz, und in diesem Frequenzbereich agieren Leiterbahnen sowie Eingangs- und Ausgangsanschlüsse unerwünschter Weise als Antennen. Dies führt sowohl zu leitungsgebundenen Störungen, als auch zu Störabstrahlungen.

Die meisten Schaltwandler operieren bei Frequenzen von maximal 5 MHz, und ihre Schaltüberschwingungen sind, wenn sie die 50 MHz erreichen, bereits sehr leistungsschwach. Deswegen erscheint das Überschwingen in Messdiagrammen der Abstrahlungs-EMV als separate Grundrauschquelle. Des Weiteren können zwar die Schaltfrequenz und ihre Oberschwingungen mit diskreten L-C-Filtern ausgefiltert werden, doch sind im Bereich zwischen 50 und 200 MHz viele Filterinduktivitäten nicht mehr induktiv, sondern vielmehr kapazitiv und bieten deswegen nur noch eine geringe bis gar keine Abschwächung mehr. Umgekehrt sind Filterkondensatoren im Bereich zwischen 50 und 200 MHz häufig induktiv. SMD Ferrite sind dagegen wesentlich effektiver, denn sie weisen bei niedrigen Frequenzen (d. h. bei 10 MHz und darunter) eine sehr niedrige Impedanz auf. Oberhalb dieser Frequenz bis hin zu 1 GHz und mehr kann die Impedanz hingegen, abhängig von Konzeption und Bauweise, sehr hoch sein. Ferrite werden traditionell in Reihe mit den Eingangs- und Ausgangsverbindungen von Schaltwandlern angeordnet und können auch in Reihe mit dem Leistungsschalter platziert werden (Abb. 1).

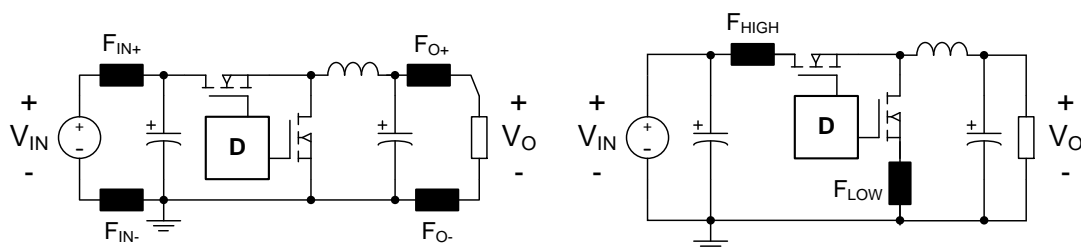


Abb. 1: Typische Anordnung von Ferritkernspulen in synchronen Buck-Wandlern

Der wesentliche Nachteil der in Abb. 1 gezeigten Anordnung der Ferrite besteht darin, dass sie von großen Stromstärken durchflossen werden, d. h., die Bauteile müssen so ausgelegt sein, dass sie die Ableitung durch diese Ströme in ihrem Gleichstromwiderstand ebenso bewältigen können, wie die Ableitung der, beim Wandeln des Hochfrequenzüberschwingens entstehenden, Wärme. Die Ableitung der Hochfrequenzströme ist schwierig abzuschätzen und zu simulieren, denn die Wellenformen hängen beinahe vollständig von parasitären Elementen ab. In der Praxis wird deswegen normalerweise eine Spule mit Ferritkern mit einem Nennstrom ausgewählt, der zweimal so hoch ist wie der höchste sie tatsächlich durchfließende Strom. Bei niedrigen Leistungen können auch oberflächenmontierte Bauteile verwendet werden. Allerdings ist zu beachten, dass ein Anstieg der Leistung unweigerlich zu größeren Ferriten führt, welche platz- und kostenintensiver sind.

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

In diesem Anwendungshinweis soll gezeigt werden, wie kleine Ferritkernspulen der Größen 0603 oder 0805 zur Senkung der Änderungsgeschwindigkeit von Schaltvorgängen bei High-Side-MOSFETs in einem synchronen Buck-Wandler eingesetzt und so Amplitude und Dauer des Überschwingens verringert werden können. Vor allem führt die Verringerung der Änderungsgeschwindigkeit zu hervorragenden Ergebnissen, während die Schaltverluste geringfügig sind. Zu diesem Zweck wird normalerweise sorgfältig ein Widerstand ausgewählt und abgestimmt und wahlweise mit dem Gate des MOSFET oder der positiven Versorgungsspannung der Ansteuerungsschaltung für das Gate verschaltet. Allerdings funktioniert ein SMD Ferrit derselben Baugröße wie ein vergleichbarer, konventioneller Widerstand, mindestens ebenso gut, und kann direkt auf Basis der Angaben im Produktdatenblatt ausgewählt werden, wobei der erforderliche Zeitaufwand am Labortisch wesentlich geringer ist.

2. Reihenschaltung einer Ferritkernspule mit der Bootstrap-Schaltung

In Abb. 2 werden zwei mögliche Positionen für ein Element zur Senkung der Änderungsgeschwindigkeit gezeigt: in Reihe mit dem Gate des High-Side-MOSFET oder in Reihe mit der Bootstrap-Schaltung. Dabei ist die Bootstrap-Anordnung aus drei Gründen zu bevorzugen: Erstens wird nur die steigende Änderungsgeschwindigkeit beschränkt. Dies spart Energie, da bei jedem Zyklus nur ein Schaltwechsel verlangsamt wird und die Schaltverluste sich bei abnehmenden Änderungsgeschwindigkeiten erhöhen. Zweitens kann eine Verlangsamung der fallenden Änderungsgeschwindigkeit des Steuer-MOSFET in synchronen Buck-Wandlern einen Shoot-Through provozieren, wenn beide MOSFETs gleichzeitig ON sind – und das ist keinesfalls wünschenswert. Drittens ist, während der Gate-Widerstand nur verwendet werden kann, wenn der Leistungs-MOSFET vom Steuer-IC getrennt ist, der Bootstrap-Kontakt bei den meisten Buck-Reglern mit internen MOSFETs für den Benutzer zugänglich. Dies ermöglicht die Anwendung dieses Verfahrens auf zahlreiche weitere Steuer-ICs.

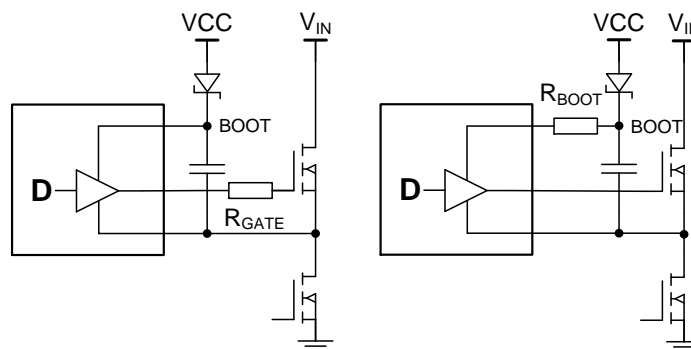


Abb. 2: Gate-Widerstände verlangsamen Anstieg und Abfall, während Bootstrap-Widerstände nur die steigende Flanke verlangsamen.

3. Auswählen der passenden Ferritkernspule

Die hier verwendete Beispielschaltung für die folgenden Messungen besteht aus dem Demoboard DC501A, in Verbindung mit dem synchronen Abwärtswandler LTC3703 von Linear Technology. Abb. 3 zeigt ein vereinfachtes Schaltungsdiagramm; das vollständige Schaltbild ist in Anhang I enthalten.

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

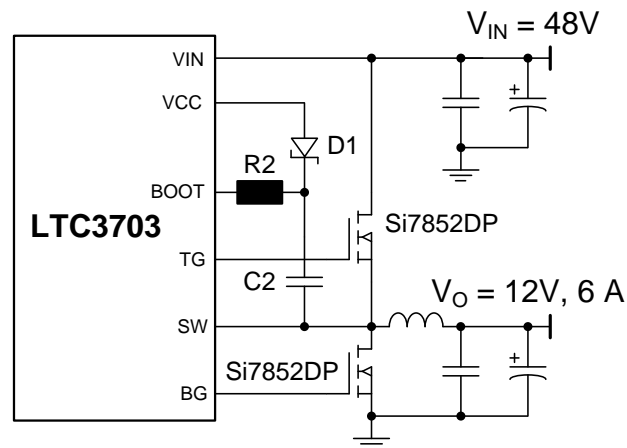


Abb. 3: Vereinfachtes Demoboard DC501A mit Bootstrap und Änderungsgeschwindigkeitselement R2

3.1. Schritt 1: Überschwingungsfrequenz messen

Zuerst richtet man, – zunächst noch ohne Elemente zur Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit – den Wandler auf die typische Eingangsspannung und den maximalen Ausgangsstrom ein. Entsprechend der in Abb. 3 angegebenen Werte sind dies 48 V für die Eingangsspannung, 12 V für die Ausgangsspannung und ein Ausgangsstrom von 6 A. Damit erfasst man die steigende Flanke des Schaltknotens. Dabei ist darauf zu achten, dass das Oszilloskop auf maximale Bandbreite eingestellt ist. Optimale Ergebnisse werden erzielt, mit der im Zubehör enthaltenen Federspitze, die den meisten Spannungsfühlern für Oszilloskope beiliegt. Hiermit wird die Abnahme von Energieemissionen, die im Kreis durch die Fühlerspitze und den Erdungsdraht erzeugt werden, minimiert. Eine exzellente Prüfvorrichtung entsteht durch Verwendung eines Abschnitts einer trennbaren Stiftleiste mit drei Stiften, die jeweils einen Abstand von 2,54 mm voneinander haben, wobei der mittlere Stift abgetrennt ist. Sollte die Federspitze nicht zur Hand sein, dann empfiehlt sich alternativ ein Stück 0,5-0,75 mm starker Blankdraht, der um den freiliegenden Außenleiter des Spannungsfühlers gewickelt wird.

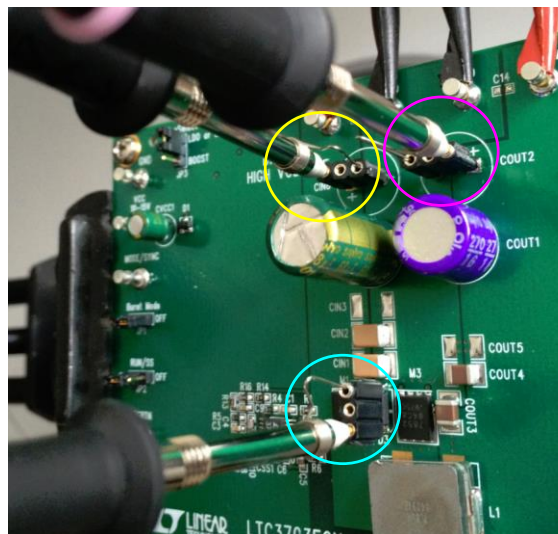


Abb. 4: Ordnungsgemäße störungsarme Spannungsmessung. Die Eingangsspannung ist gelb, die Ausgangsspannung pinkfarben und der Schaltknoten blau gekennzeichnet.

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingssteuerung in Schaltreglern

Nun wird noch die Oszilloskop-Darstellung eingestellt, bis die Überswingperiode gemessen werden kann (Abb. 5). In diesem Beispiel beträgt die Überswingfrequenz fast exakt 150 MHz.

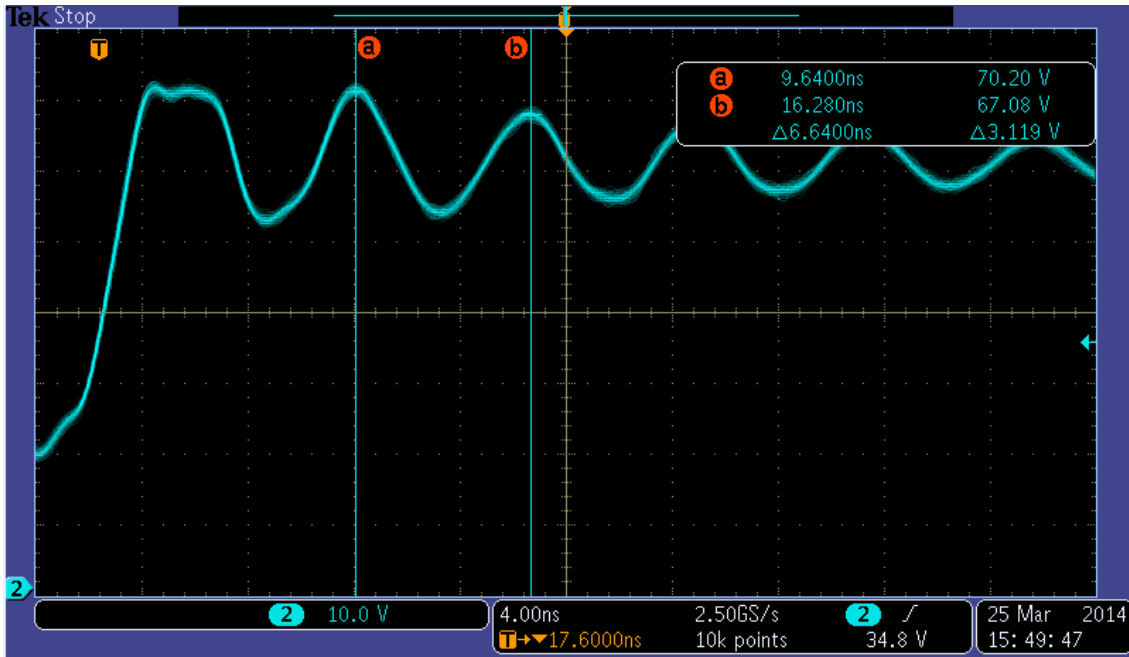


Abb. 5: Die sorgfältige Messung der Schaltung ohne Regelung der Änderungsgeschwindigkeit zeigt eine Überswingperiode von 6,64 ns, was einer Überswingfrequenz von 150 MHz entspricht.

3.2. Bootstrap-Durchschnittsstrom berechnen oder messen

Der mittlere Bootstrap-Strom für einen High-Side-Leistungs-MOSFET lässt sich wie folgt berechnen:

$$I_{g_DRIVE} = 0,5 \times Q_{G-MAX} \times f_{SW} \quad \text{GL. 1}$$

Im Beispiel arbeitet der Wandler mit 260 kHz, und das Datenblatt für den Leistungs-MOSFET Si7852DP gibt eine maximale Gateladung von 41 nC an. Rechnet man mit einer Anstiegszeit von 1% der Periodendauer, um 41 nC zuzuführen, so erhält man einen mittleren Strom während der Ein-Phase des MOSFET von ungefähr 5,3 mA.

$$I_{g_DRIVE} = 0,5 \times 41\text{nC} \times 260\text{kHz} = 5,3\text{mA} \quad \text{GL. 2}$$

Der Bootstrap-Strom beinhaltet auch Stromspitzen von 1 A oder mehr, welche durch die Schaltvorgänge des MOSFET verursacht werden. Diese sind typischerweise deutlich kürzer als 100 ns. Ihr Einfluss auf die Eigenerwärmung des SMD-Ferrits ist minimal und kann somit prinzipiell vernachlässigt werden.

3.3. Ferrit mit dem höchsten Widerstand bei f_{RING} auswählen

Oberflächenmontierte Ferritkernspulen der Baureihe WE-CBF von Würth Elektronik sind in Baugrößen zwischen 0402 und 1812 erhältlich. Besonders kostengünstig sind dabei Exemplare der Formate 0603 und 0402, die in großen Stückzahlen hergestellt werden. (Hinweis: In der Baureihe WE-TMSB gibt es außerdem extrem kleine 0201-Ferritkernspulen.) Trotz ihrer geringen Abmessungen können sogar Exemplare des Formats 0603 mit Maximalimpedanz bei 150 MHz einen Durchschnittsstrom von 50 mA bewältigen – für den in diesem Beispiel auftretenden Treiberstrom von ca. 5 mA ist dies mehr als ausreichend dimensioniert. Die Abbildungen 6 bis 9 gestatten den Vergleich der Originalschaltung ohne Regelung der Änderungsgeschwindigkeit mit Varianten, bei denen ein Standardwiderstand von 16,2 Ω , die Ferritkernspule

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingssteuerung in Schaltreglern

74279265 (ein Bauteil des Formats 0603 mit einem Widerstand von 600Ω bei 150 MHz) und die Ferritkernspule 742792693 (ebenfalls im 0603-Format und mit einem Widerstand von 2200Ω bei 100 MHz, was einem Widerstand von ca. 1500Ω bei 150 MHz entspricht) verwendet werden.

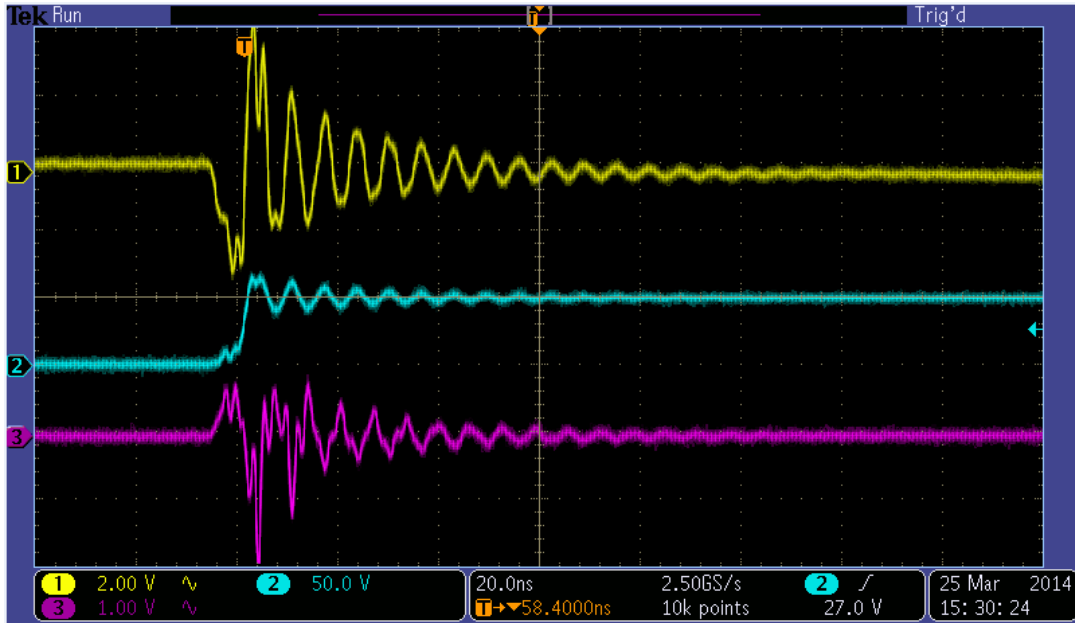


Abb. 6: Überschwingen des DC501A ohne Regelung der Änderungsgeschwindigkeit.

$$V_{IN} = 48 \text{ V}, V_O = 12 \text{ V}, I_O = 6,0 \text{ A}$$

K. 1 = V_{IN} AC-gekoppelt, K. 2 = Schaltknoten, K. 3 = V_O AC-gekoppelt

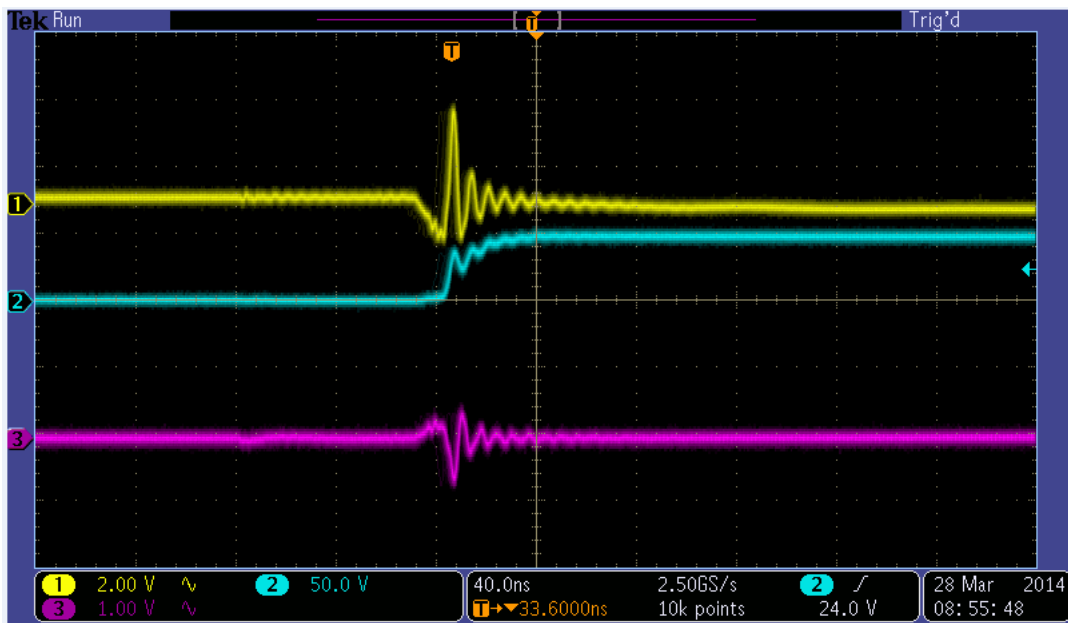


Abb. 7: Überschwingen des DC501A mit $R_2 = 16,2 \Omega$, Dickschicht. $V_{IN} = 48 \text{ V}, V_O = 12 \text{ V}, I_O = 6,0 \text{ A}$

K. 1 = V_{IN} AC-gekoppelt, K. 2 = Schaltknoten, K. 3 = V_O AC-gekoppelt

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingssteuerung in Schaltreglern

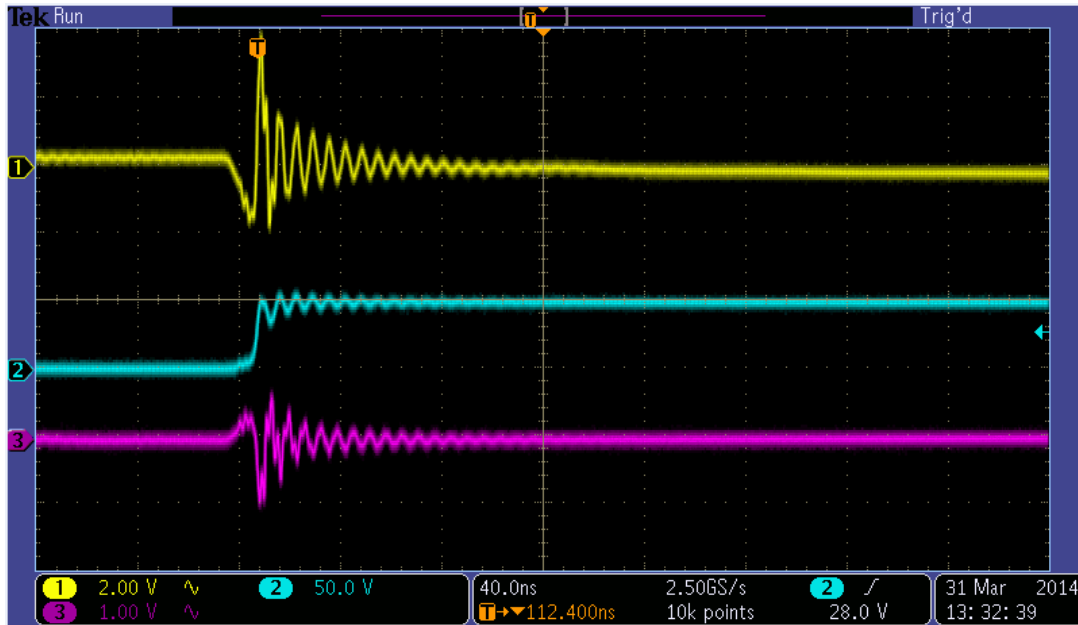


Abb. 8: Überschwngen des DC501A mit R2 = 0603, 600- Ω -Ferrit 74279265. $V_{IN} = 48\text{ V}$, $V_O = 12\text{ V}$, $I_o = 6,0\text{ A}$
K. 1 = V_{IN} AC-gekoppelt, K. 2 = Schaltknoten, K. 3 = V_O AC-gekoppelt

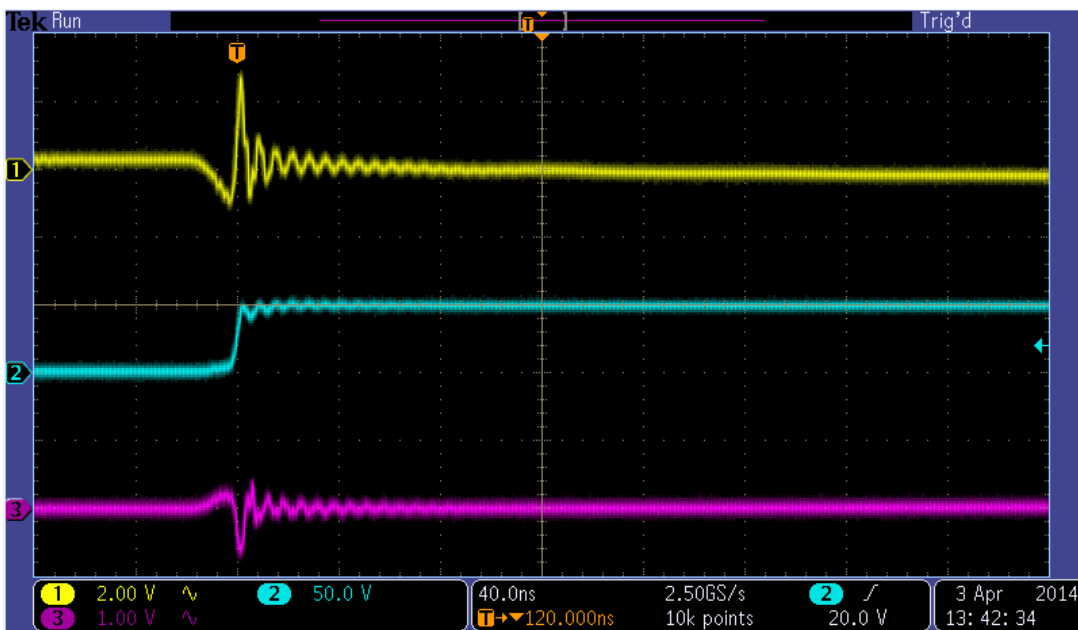


Abb. 9: Überschwngen des DC501A mit R2 = 0603, 2200- Ω -Ferrit 742792693. $V_{IN} = 48\text{ V}$, $V_O = 12\text{ V}$, $I_o = 6,0\text{ A}$
K. 1 = V_{IN} AC-gekoppelt, K. 2 = Schaltknoten, K. 3 = V_O AC-gekoppelt

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

Das Bauteil mit der höchsten Impedanz bei der Überschwingfrequenz ermöglicht die stärkste Verringerung sowohl der Amplitude als auch der Dauer dieser unerwünschten Schwingung (vgl. Abb. 10). Zur richtigen Auswahl kann sowohl das Produktdatenblatt herangezogen werden, oder es wird eine Auswahl über den Component Selector von Würth Elektronik getroffen.

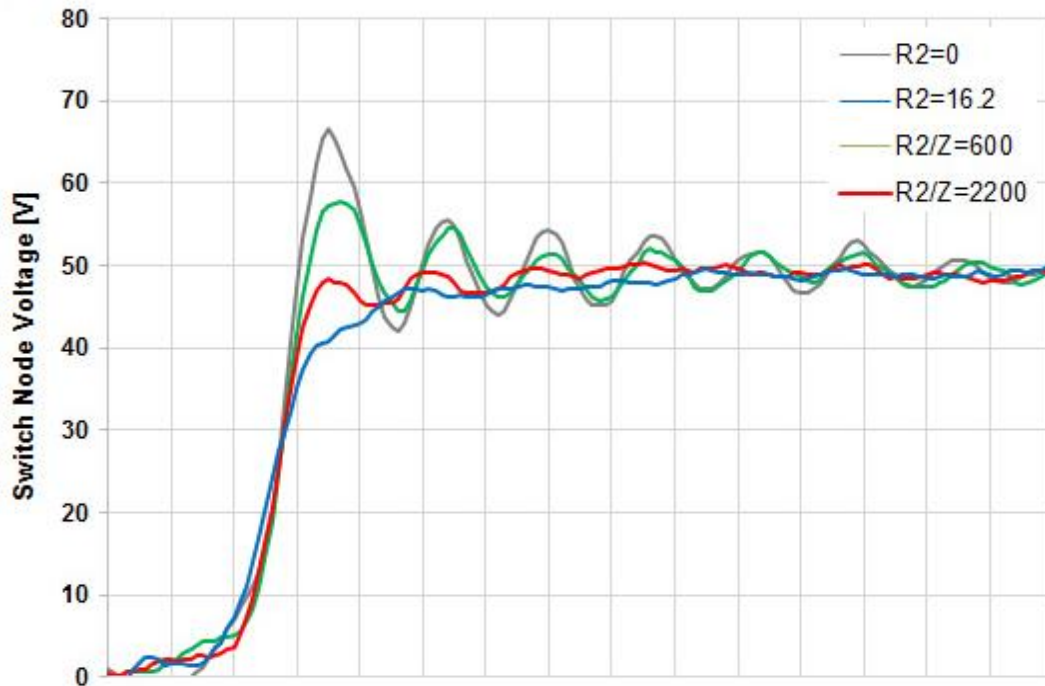


Abb. 10: Vergleich der Schaltknotenspannungen

Abb. 11 zeigt die typischen Kennlinien von Blindwiderstand, Widerstand und Impedanz für den 74279265 (600 Ω) und den 742792693 (2200 Ω). Verwenden Sie in jedem Fall die Widerstandskennlinie (im Diagramm die resultierende schwarze Kurve), da der Hochfrequenzstrom durch den RDC in Wärme umgewandelt wird.

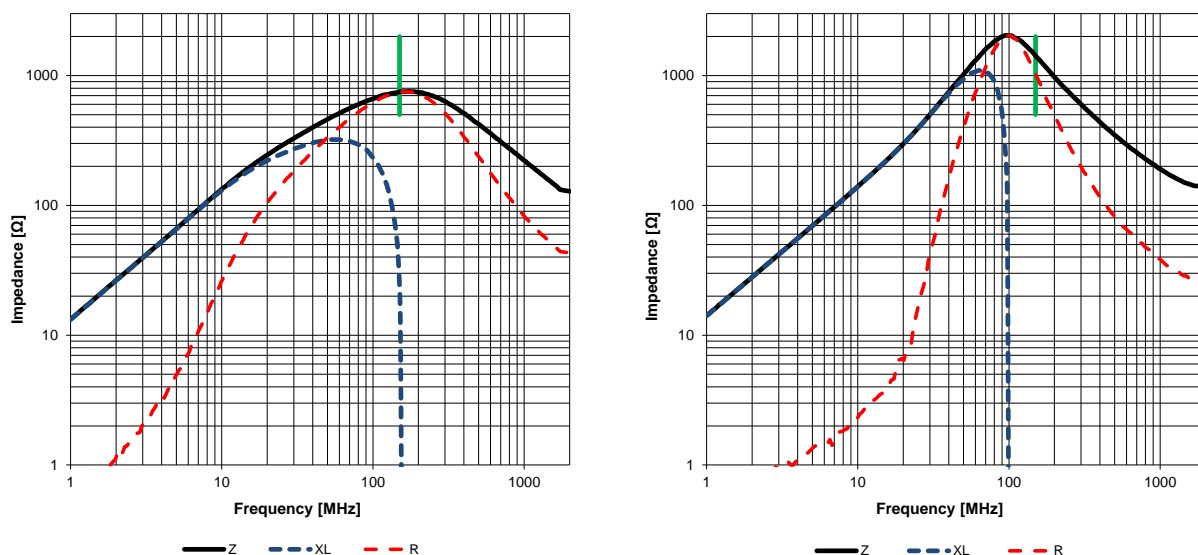


Abb. 11: 74279265 (links) und 742792693 (rechts)

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

3.4. Leistungsverluste und Ableitung überprüfen

Die Regelung der Änderungsgeschwindigkeit ist ein Kompromiss zwischen der Verringerung der EMI und zunehmenden Verlusten. Wenn der Wechsel des Schaltzustands zu stark verlangsamt wird, kann der Leistungs-MOSFET überhitzen und die Gesamtleistungseffizienz auf ein unzulässiges Maß sinken. Tabelle 1 zeigt die relativen Eingangsströme und Leistungseffizienzen der Testschaltung ohne Regelung der Änderungsgeschwindigkeit, mit einem abgestimmten Widerstand von $16,2 \Omega$ für R2 und mit den beiden verwendeten Ferritkernspulen.

Änderungsgeschwindigkeitselement R2	Eingangsstrom (mA)	Eingangsspannung (V)	Ausgangsspannung (V)	Ausgangsstrom (mA)	Leistungseffizienz (%)
Dickschicht-Shunt, 0Ω	1600	48	12	6000	93,8
0603-Dickschichtwiderstand, $16,2 \Omega$	1614	48	12	6000	92,9
0603-Ferrit 74279265, 600Ω	1609	48	12	6000	93,2
0603-Ferrit 742792693, 2200Ω	1612	48	12	6000	93,1

Tabelle 1: Eingangsstrom und Leistungseffizienz für verschiedene Änderungsgeschwindigkeitselemente

Zwar muss ein kleiner Teil der Leistung geopfert werden, um die EMV zu verbessern, doch ist der Ferrit mit dem Nennwiderstand 2200Ω dem abgestimmten Widerstand geringfügig überlegen und auch effizienter.

4. EMI-Emissionsdiagramme

In diesem Abschnitt werden die Kennlinien für EMV-Emissionen entsprechend EN55022 (EU-Norm zur EMV in Telekommunikationsanwendungen) beim Demoboard DC501A dargestellt.

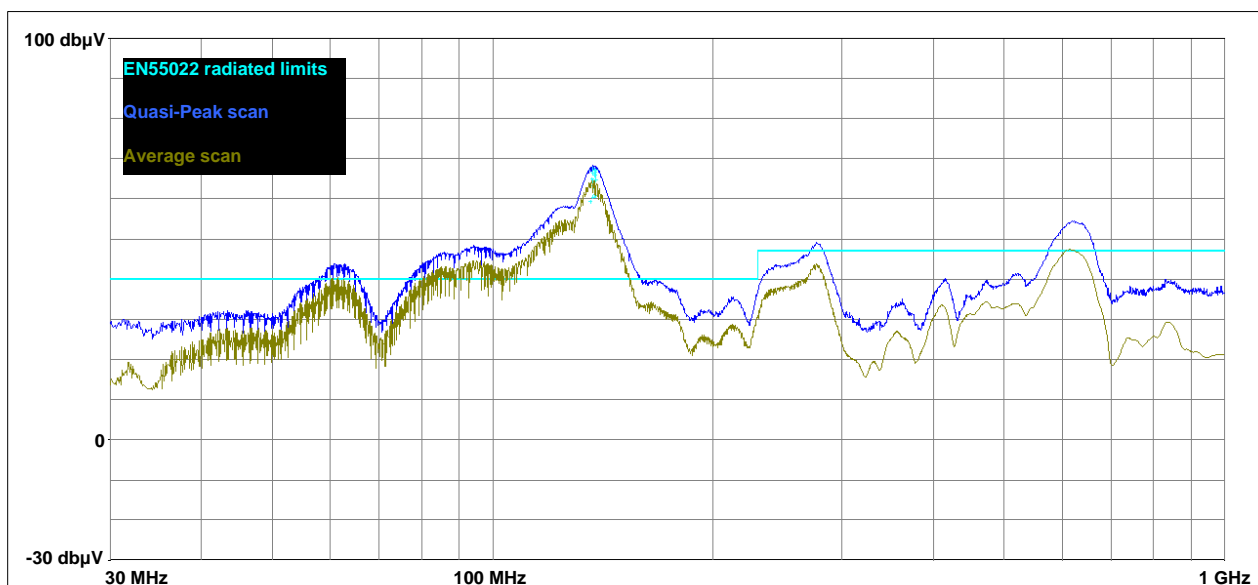


Abb. 12: Kennlinie für EMI-Emission beim DC501A ohne Regelung der Änderungsgeschwindigkeit.
 $V_{IN} = 48 \text{ V}$, $V_O = 12 \text{ V}$, Last = $2,0 \Omega$

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

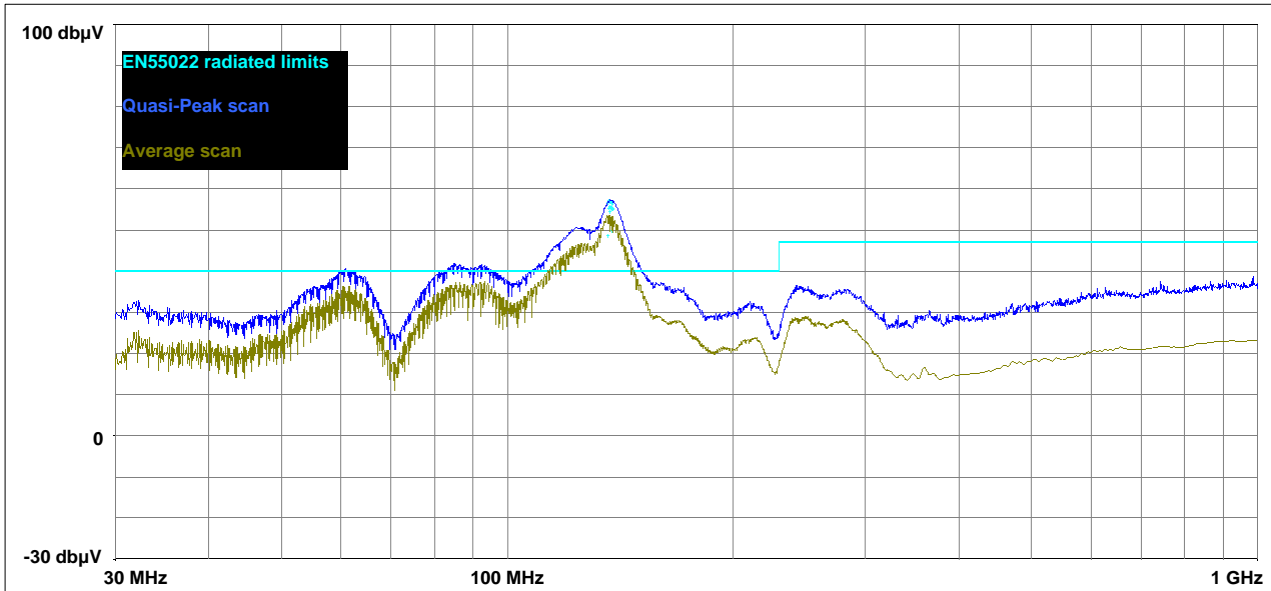


Abb. 13: Kennlinie für EMI-Emission beim DC501A mit $R_2 = 16,2 \Omega$. $V_{IN} = 48 \text{ V}$, $V_O = 12 \text{ V}$, Last = $2,0 \Omega$

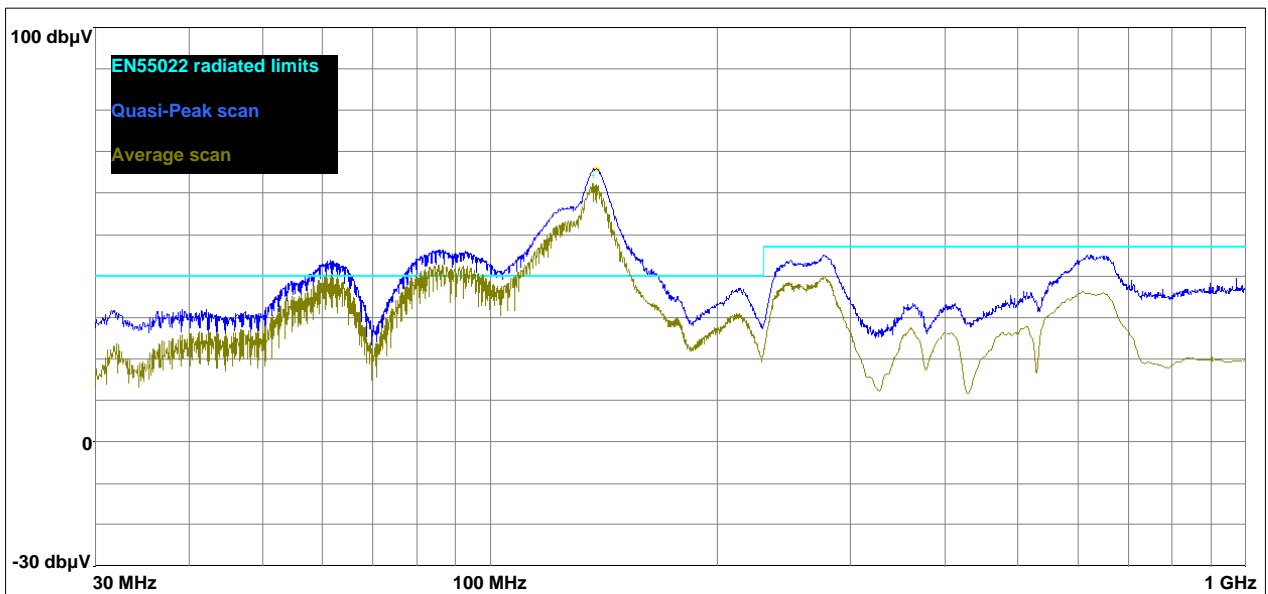


Abb. 14: Kennlinie für EMI-Emission beim DC501A mit $R_2 = 600 \Omega$, 0603-Ferrit. $V_{IN} = 48 \text{ V}$, $V_O = 12 \text{ V}$, Last = $2,0 \Omega$

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

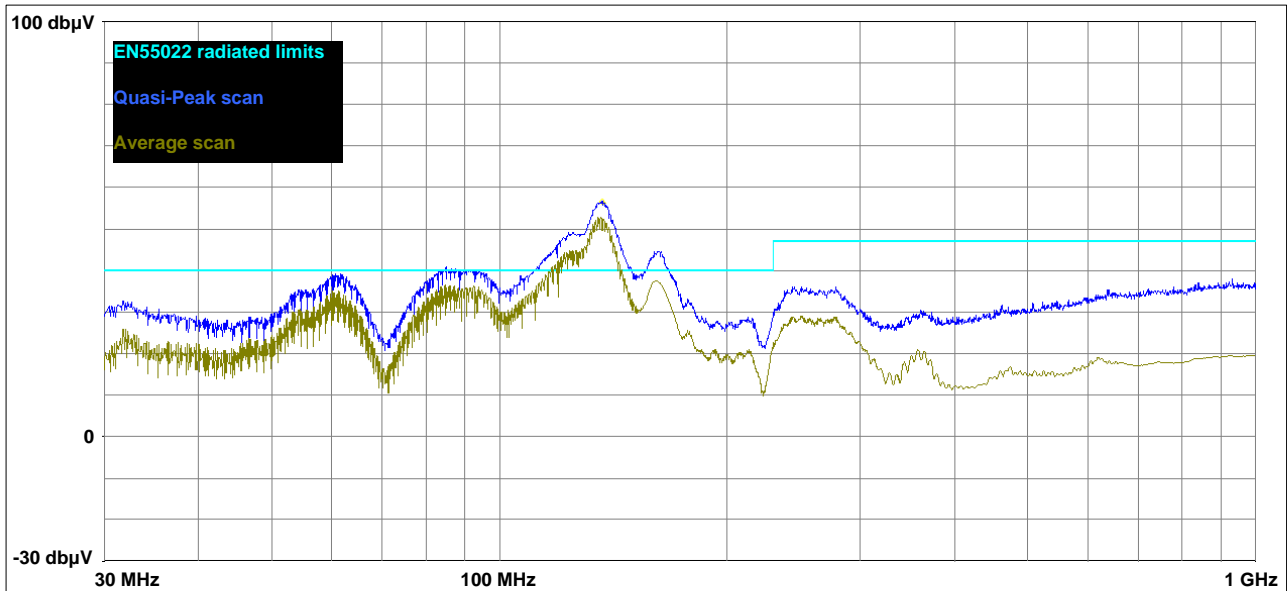


Abb. 15: Kennlinie für EMV-Emission beim DC501A mit $R_2 = 2200 \Omega$, 0603-Ferrit. $V_{IN} = 48 \text{ V}$, $V_O = 12 \text{ V}$, Last = 2,0 Ω

Frequenz (MHz)	$R_2 = 0$		$R_2 = 16,2 \Omega$		$R_2 = 600 \Omega$ 0603-Ferrit		$R_2 = 2200 \Omega$ 0603-Ferrit	
	Quasi-spitzenwert (dBµV/m)	Durchschnittswert (dBµV/m)	Quasi-spitzenwert (dBµV/m)	Durchschnittswert (dBµV/m)	Quasi-spitzenwert (dBµV/m)	Durchschnittswert (dBµV/m)	Quasi-spitzenwert (dBµV/m)	Durchschnittswert (dBµV/m)
149,989	51,01	40,56	41,33	31,11	49,03	40,3	39,16	29,67
150,086	50,42	46,33	40,47	36,82	49,18	44,55	38,9	30,63
150,183	50,62	41,16	40,95	29,65	48,96	38,6	38,01	30,57

Tabelle 2: EMI-Emission im Bereich von 150 MHz mit verschiedenen Änderungsgeschwindigkeitselementen

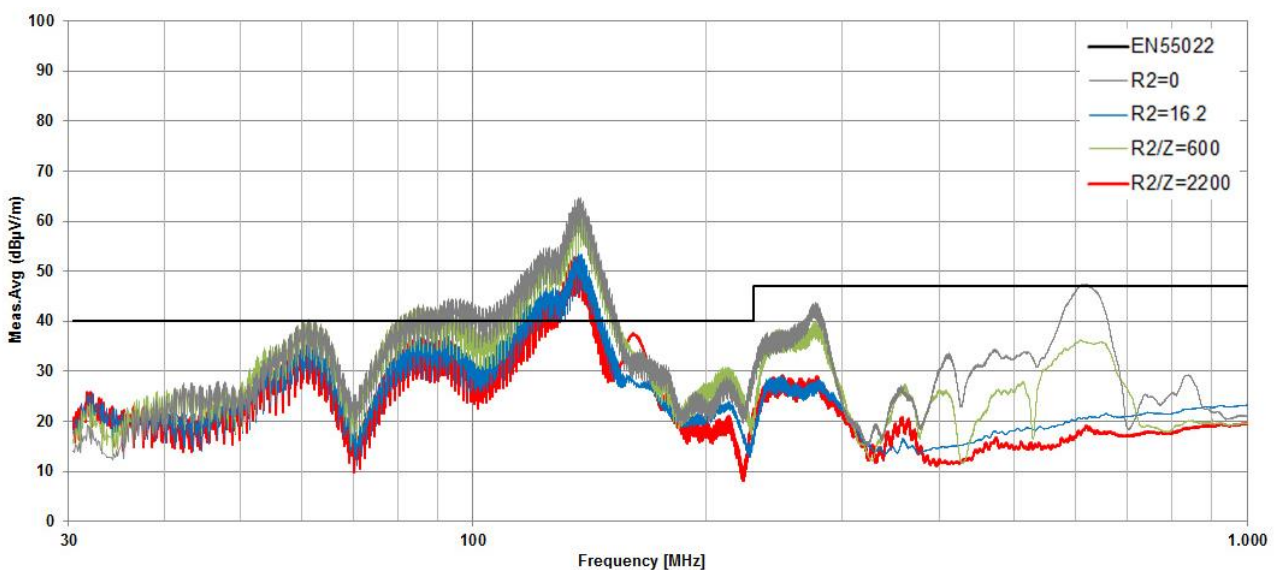


Abb. 16: Vergleich der EMV-Emissionsscans für das DC501A

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingssteuerung in Schaltreglern

Insgesamt gesehen stützen die EMV-Emissionsdiagramme die erfassten zeitbezogenen Daten: Ein sauber abgestimmter Widerstand, in Reihe geschaltet mit der positiven Versorgungsspannung der Bootstrap-Schaltung, verringert zwar Quasispitzen- und Durchschnittswerte bei den Energieemissionen um ca. 10 dB, doch eine Ferritkernspule, deren höchster Widerstand bei der Überschwingsfrequenz liegt, funktioniert ebenso gut – und häufig sogar besser.

5. Einschalt- und Abschaltsteuerung in Low-Side-Gatetreibern

Die Regelung der Änderungsgeschwindigkeit kann auch für Gatekontakte anderer Schaltwandler verwendet werden, doch muss mit Umsicht vorgegangen werden, wenn Elemente zur Regelung der Änderungsgeschwindigkeit mit den Gates von MOSFETs oder IGBTs in Reihe geschaltet werden. Weitere Topologien mit High-Side-Schaltern sind Zweitakt durchflusswandler sowie Halbbrücken- und Vollbrückenwandler. Bei diesen Topologien muss die Gateregelung in Reihe mit der positiven Spannungsquelle des potenzialfreien Gatetreibers angeordnet werden. Allerdings umfassen diese Topologien mindestens einen Low-Side-Schalter – bei Aufwärts-, Sperr-, Durchfluss- und Gegentaktwandlern sogar ausschließlich. Grundsätzlich sollte die steigende Flanke geregelt werden, während die fallende Flanke jeweils möglichst schnell wechseln sollte. Zwar machen einige wenige Steuer-ICs die positive Versorgungsspannung ihrer Low-Side-Schalttreiber über einen dedizierten Kontakt verfügbar, doch in den meisten Fällen wird die beste Lösung darin bestehen, eine kleine Schottkydiode parallel zum Regelelement für die Änderungsgeschwindigkeit zu schalten und diese beiden wie in Abbildung 17 gezeigt zu verschalten.

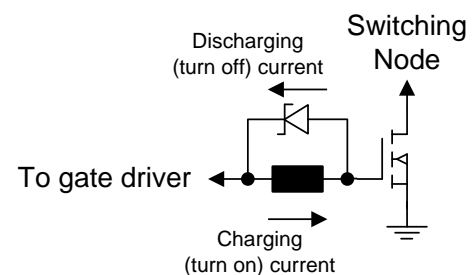


Abb. 17: Eine antiparallele Schottkydiode ermöglicht das Einschalten des Reglers bei Low-Side-Gatetreibern, ohne das Ausschalten zu beeinflussen.

6. Fazit

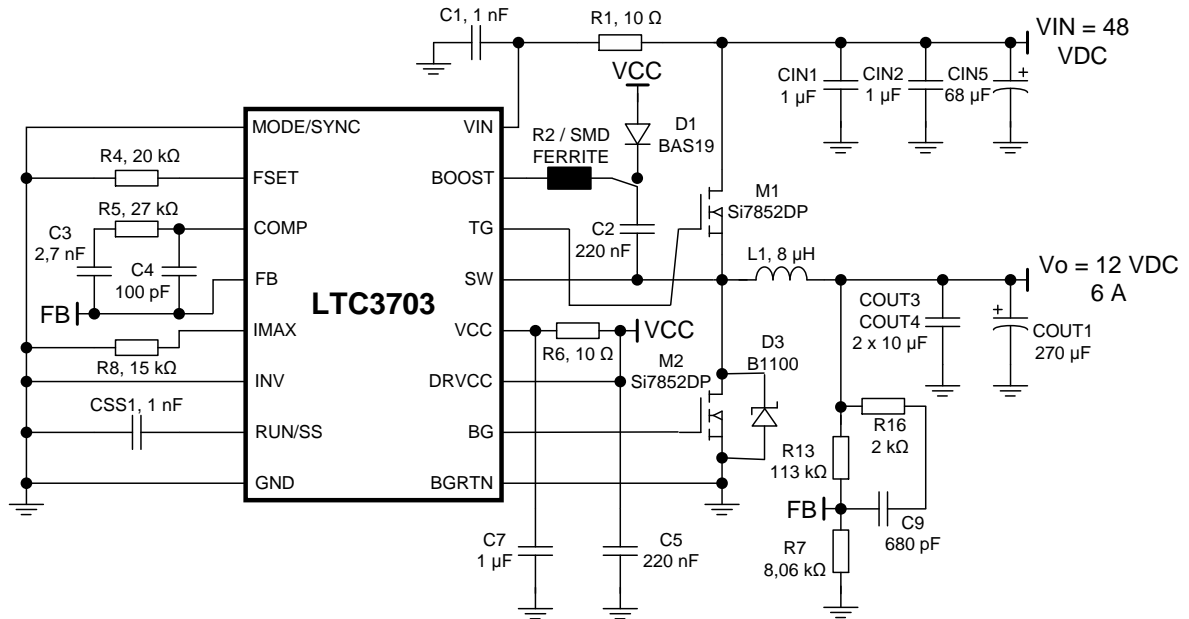
Ferritkernspulen, die in Reihe mit dem Bootstrap-Kontakt von Abwärtswandlern geschaltet werden, können ausgezeichnete Bauteile zur Regelung des Überschwings darstellen. Bei sachgemäßer Anwendung können sie zur Steuerung der Quelle hochfrequenter Störungen eingesetzt werden, ohne zu viel Platz auf der Leiterplatte zu beanspruchen und die Leistungseffizienz zu sehr zu beeinträchtigen. Die Vorteile im Vergleich zu abgestimmten Widerständen liegen in der einfacheren Auswahl und der kürzeren Laborprüfdauer bei ihrer Konzeption. Zwar kostet ein 0603-Ferrit geringfügig mehr als ein Dickschichtwiderstand im gleichen Format, doch wird dies durch die verbesserte EMV beim Bau kleinerer, leichter und preisgünstigerer Filter an den Ein- und Ausgängen von Schaltwandlern mehr als ausgeglichen. In Reihe oder parallel zu den Schaltelementen geschaltete Snubberschaltungen müssen zudem nicht so viel Leistung ableiten – auch dieser Umstand verbessert die Leistungseffizienz und führt zudem zu niedrigeren Temperaturen, niedrigeren Kosten und einem geringeren Platzbedarf auf der Leiterplatte.

ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

7. Anhang I: Vollständiges Schaltbild des verwendeten Buck-Wandlers



ANWENDUNGSHINWEIS



Auswahl und Verwendung von SMD-Ferriten zur Überschwingungssteuerung in Schaltreglern

WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen.

Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt. Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS

Application Notes:

<http://www.we-online.de/app-notes>

Component Selector:

<http://www.we-online.de/component-selector>

Toolbox:

<http://www.we-online.de/toolbox>

Produkt Katalog:

<http://katalog.we-online.de/>

KONTAKTINFORMATIONEN

Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Max-Eyth-Str. 1, 74638 Waldenburg, Germany

Tel.: +49 (0) 7942 / 945 – 0

Email: appnotes@we-online.de

Web: <http://www.we-online.de>