

Messung des Regelkreisverhaltens von Netzgeräten (Bode-Plot)

Mit einem Oszilloskop von Rohde & Schwarz



Ihre Anforderung

Für die Sicherstellung der Stabilität von Spannungsreglern und Schaltnetzteilen ist das Regelkreisverhalten zu messen und zu charakterisieren. Ein Spannungsregler mit guter Kompensation sorgt für stabile Ausgangsspannungen und reduziert den Einfluss von Lastwechseln und Abweichungen in der Versorgungsspannung. Die Qualität dieses Regelkreises bestimmt die Stabilität und das Aussteuerverhalten des gesamten DC/DC-Wandlers.

Lösung von Rohde & Schwarz

Analysieren Sie schnell und einfach das niederfrequente Antwortverhalten an Ihrem Oszilloskop mit der Option R&S®RTx-K36 Frequenzgang-Analyse (Bode-Plot). Charakterisieren Sie den Frequenzgang unterschiedlichster Elektronikkomponenten einschließlich passiver Filter und Verstärkerschaltungen. Messen Sie Regelkreisverhalten und

Versorgungsspannungsdurchgriff von Schaltnetzteilen. Die Option R&S®RTx-K36 Frequenzgang-Analyse (Bode-Plot) nutzt den im Oszilloskop integrierten Waveform Generator, um Anregungen von 10 Hz bis 25 MHz zu erzeugen. Während das Verhältnis von Signaleingang und -ausgang des Messobjekts bei jeder Testfrequenz gemessen wird, stellt das Oszilloskop die Verstärkung logarithmisch und die Phase linear dar.

Mit der Option R&S®RTx-K36 Frequenzgang-Analyse (Bode-Plot) bestimmen Sie schnell die Amplituden und Phasenreserve von Schaltnetzteilen oder linearen Reglern. Diese Messungen helfen bei der Ermittlung der Regelkreisstabilität.

Die Option R&S®RTx-K36 Frequenzgang-Analyse (Bode-Plot) zeigt das Antwortverhalten des Systems auf Änderungen der Betriebsbedingungen, beispielsweise Änderungen bei der Versorgungsspannung oder beim Laststrom.

Messaufbau

Die Regelkreise von Netzgeräten vergleichen die Referenzspannung (V_{ref}) mit der Rückkopplungsspannung ($V_{feedback}$) und erzeugen eine Gegenkopplung, um eine stabile Ausgangsspannung sicherzustellen.

Bei Tests des Regelkreisverhaltens ist die Einspeisung eines Fehlersignals über einen Frequenzbereich in den Rückkopplungspfad des Regelkreises erforderlich. Dafür muss ein kleiner Widerstand in die Rückkopplungsschleife eingefügt werden. Der in der Abbildung auf der nächsten Seite gezeigte 5- Ω -Einspeisewiderstand ist im Vergleich zum Reihenwiderstand von R1 und R2 nicht signifikant. Zu Testzwecken entscheiden sich manche Anwender dafür, diesen niederohmigen Einspeisewiderstand ($R_{injection}$) dauerhaft zu integrieren. Ein Einspeisetransformator wie der Picotest J2100A trennt das AC-Verzerrungssignal ab und beseitigt jegliche DC-Vorspannung.

Einspeisepunkt und Sondierung

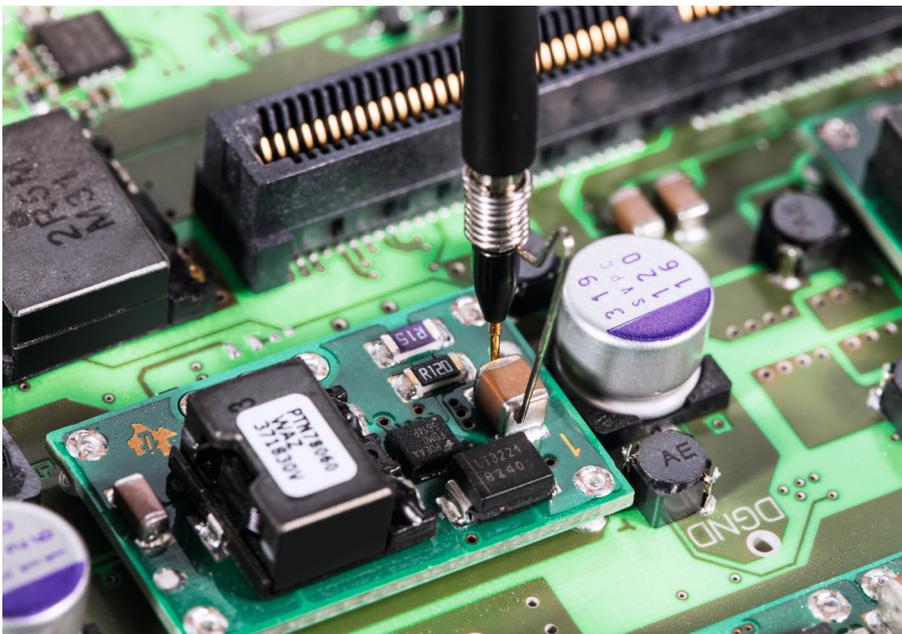
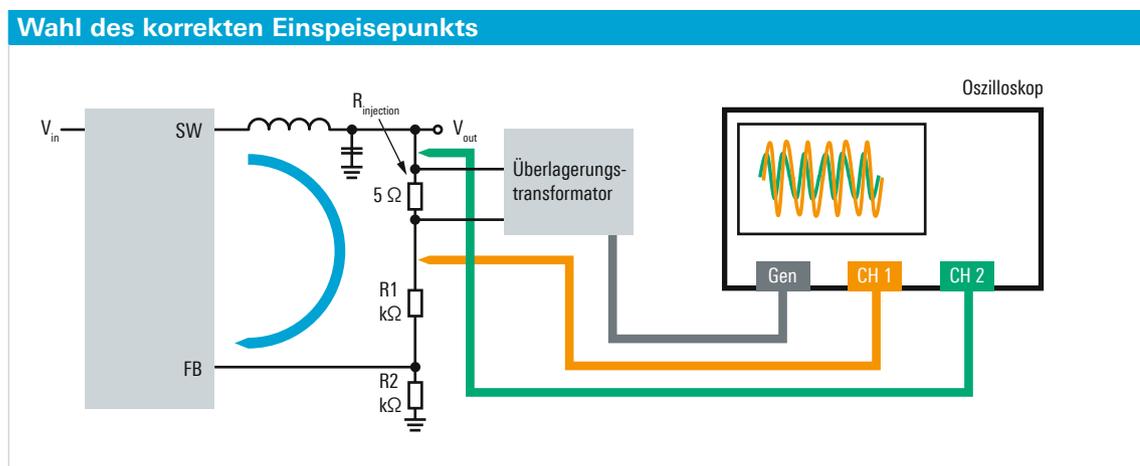
Um die Schleifenverstärkung einer Spannungsrückkopplungsschleife zu messen, muss die Schleife an einem geeigneten Punkt unterbrochen werden. An diesem Punkt wird das Verzerrungssignal eingespeist. Dieses Signal durchläuft den Regelkreis. Je nach Schleifenverstärkung wird das eingespeiste Verzerrungssignal verstärkt oder

gedämpft und in der Phase verschoben. Bei der Option R&S®RTx-K36 erzeugt der Generator des Oszilloskops das Verzerrungssignal. Das Oszilloskop misst die Übertragungsfunktion der Schleife.

Um sicherzustellen, dass die gemessene Schleifenverstärkung der tatsächlichen Schleifenverstärkung entspricht, wählen Sie einen geeigneten Punkt:

- Suchen Sie einen Punkt, an dem die Schleife auf einen einzigen Pfad beschränkt ist, um sicherzustellen, dass keine parallelen Signalflüsse existieren.
- Stellen Sie sicher, dass die Impedanz in Richtung der Schleife deutlich größer ist als die Rückwärtsimpedanz an diesem Punkt. Die Rückwärtsimpedanz entspricht der Ausgangsimpedanz des Wandlers, ein sehr niedriger Wert im Bereich von einigen mΩ. Die Impedanz in Richtung der Schleife wird vom Kompensator und dem Spannungsteiler gebildet und liegt im Bereich von einigen kΩ.

Eine genaue Charakterisierung des Regelkreisverhaltens hängt von einer guten Sondierung ab. Die Spitze-Spitze-Amplituden von V_{in} und V_{out} können bei einigen Testfrequenzen sehr niedrig sein. Diese Werte gehen sonst im Grundrauschen des Oszilloskops und/oder Schaltrauschen des Prüflings selbst unter. Daher führt eine Erhöhung des Signal/Rausch-Verhältnisses bei Ihren Messungen zu einer signifikanten Verbesserung des Dynamikbereichs bei Ihren Frequenzgang-Messungen. Die meisten Oszilloskope werden üblicherweise mit passiven 10:1-Tastköpfen ausgeliefert, die einen höheren Rauschpegel aufweisen. Die Verwendung rauscharmer passiver 1:1-Tastköpfe reduziert das Messrauschen und verbessert das Signal/Rausch-Verhältnis. Rohde&Schwarz empfiehlt die R&S®RT-ZP1X passiven 1:1-Tastköpfe mit 38 MHz Bandbreite für diese Anwendung.



Die Verwendung einer Massefeder sorgt für das beste Signal/Rausch-Verhältnis bei Ihrer Messung des Versorgungsspannungsdurchgriffs

Wird die Länge der Masseverbindung des Tastkopfs reduziert, minimiert sich die Erdschleifen-Induktivität. Das Standard-Erdungskabel des Tastkopfs kann gelegentlich als Antenne fungieren und unerwünschtes Schaltrauschen verstärken. Suchen Sie einen Erdungsbolzen in der Nähe der Messpunkte V_{in} und V_{out} . Nutzen Sie die Massefeder des R&S®RT-ZP1X Tastkopfs, um die Masseverbindung kurz zu halten. Das stellt eine gute, rauscharme Masseverbindung bei Ihrer Messung sicher.

Geräteeinstellungen

Nach dem Anschluss des Oszilloskops an die zu prüfende Schaltung startet die Messung:

- Setzen Sie die Start- und Stoppfrequenz zwischen 10 Hz und 25 MHz und legen Sie den Ausgangspegel des Generators fest.
- Wählen Sie die Punkte pro Dekade, um die Auflösung Ihrer Erfassung zu verbessern und zu modifizieren. Das Oszilloskop unterstützt bis zu 500 Punkte pro Dekade.
- Legen Sie das Amplitudenprofil des Generators fest (bis zu 16 Stufen), um das Rauschverhalten der zu prüfenden Schaltung zu unterdrücken.

- Drücken Sie auf „Run“, um Ihre Messung zu starten. Die Messergebnisse werden als Verstärkung/Phase in Abhängigkeit von der Frequenz ausgegeben. Setzen Sie Ihre Marker auf die relevanten Punkte.

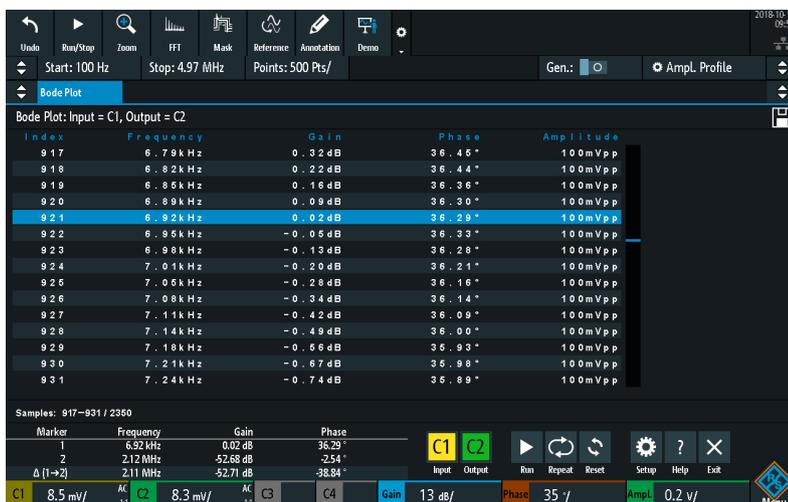
Messergebnisse

Die in den Bode-Plots dargestellten Messkurven repräsentieren die Übertragungsfunktion Ihrer Schaltung und helfen dabei, die Stabilität Ihres Systems zu verifizieren. Der erste Graph zeigt das Amplitudenverhalten über den Frequenzbereich in dB, während das zweite Diagramm den Phasenverlauf über die Frequenz darstellt (gemessen in Grad). Ziehen Sie Marker direkt auf die Messkurve an die gewünschte Position. Eine Legende zeigt die Koordinaten der Marker. Zur Bestimmung der Übergangsfrequenz setzen Sie einen Marker auf 0 dB und den zweiten Marker auf -180° Phasenverschiebung. Jetzt können Sie ganz einfach die Phasen- und Amplitudenreserve bestimmen.

Sehen Sie sich die Ergebnisse in einer Tabelle an. Diese Tabelle enthält ausführliche Informationen zu jedem Messpunkt (Frequenz, Verstärkung und Phasenverschiebung). Bei der Verwendung von Markern wird die zugehörige Zeile der Ergebnistabelle hervorgehoben.



Messung der Stabilität eines DC/DC-Wandlers (blaue Kurve: Verstärkung; orange Kurve: Phase; grüne Kurve: Amplitudenprofil-Messung des Stimulusignals)



Messwerttabelle

Zu Protokollierungszwecken speichern Sie schnell Screenshots, Tabellenergebnisse oder beides auf einen USB-Stick.

Fazit

Oszilloskope sind die bevorzugten Messwerkzeuge, die aktuell von Ingenieuren verwendet werden, um die Entwürfe ihrer Netzgeräte zu testen und zu charakterisieren. Die Option R&S®RTx-K36 Frequenzgang-Analyse (Bode-Plot) ist eine preisgünstige Alternative zu niederfrequenten Netzwerkanalysatoren oder dedizierten, eigenständigen Frequenzanalysatoren.

| Bestellangaben | | | | |
|--|-------------|---------------|-------------|-----------------|
| Grundgerät | Typ | Bestellnummer | Option | Bestellnummer |
| Oszilloskop, 70 MHz, 2 Kanäle | R&S®RTB2002 | 1333.1005.02 | R&S®RTB-K36 | 1335.8007.02/03 |
| Oszilloskop, 70 MHz, 4 Kanäle | R&S®RTB2004 | 1333.1005.04 | | |
| Oszilloskop, 100 MHz, 2 Kanäle | R&S®RTM3002 | 1335.8794.02 | R&S®RTM-K36 | 1335.9178.02/03 |
| Oszilloskop, 100 MHz, 4 Kanäle | R&S®RTM3004 | 1335.8794.04 | | |
| Oszilloskop, 200 MHz, 4 Kanäle | R&S®RTA4004 | 1335.7700.04 | R&S®RTA-K36 | 1335.7975.02/03 |
| 38 MHz passiver Spannungstastkopf, 1:1, 55 V | R&S®RT-ZP1X | 1333.1370.02 | | |

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Europa, Afrika, Mittlerer Osten | +49 89 4129 12345
Nordamerika | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)
Lateinamerika | +1 410 910 79 88
Asien-Pazifik | +65 65 13 04 88
China | +86 800 810 82 28 | +86 400 650 58 96
www.rohde-schwarz.com
customersupport@rohde-schwarz.com

R&S® ist eingetragenes Warenzeichen der Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG
Eigennamen sind Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer
PD 5216.4462.91 | Version 01.01 | Juni 2019 (sk)
Messung des Regelkreisverhaltens von Netzgeräten (Bode-Plot)
Daten ohne Genauigkeitsangabe sind unverbindlich | Änderungen vorbehalten
© 2019 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 München



5216446291