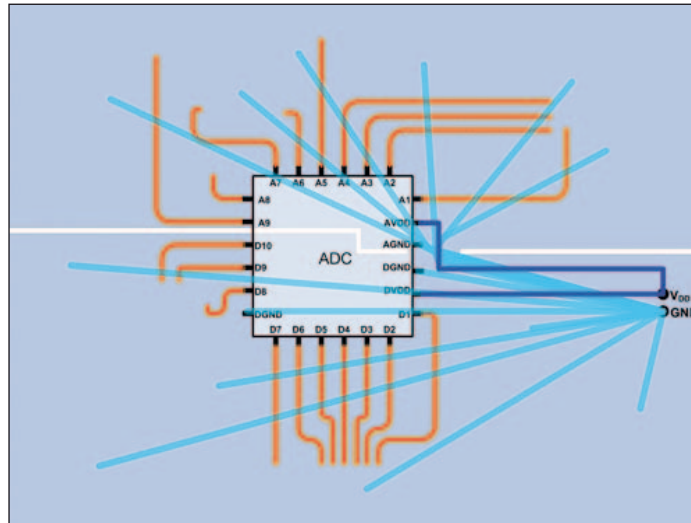


## Masseführung auf Platinen mit gemischten Chips, Teil 3

Dieser dritte und abschließende Teil rückt insbesondere die gemeinsame Versorgung und Anordnung analoger und digitaler ICs in den Blickpunkt.



### Was passiert mit dem Versorgungsstrom?

Die Auftrennung im Beispiellayout konnte man wieder beseitigen, weil es keine Signalarückführströme gab, die den Schnitt überqueren würden. Es gilt jedoch noch, die DC-Verbindungen zu berücksichtigen. Wenn sowohl analoger als auch digitaler Versorgungsstrom aus derselben Quelle stammen, dann sollten Hinfluss und Rückkehr wiederum jeweils auf einer Seite des Schnitts erfolgen wie beim Signal. Die gilt auch für alle AC-Ströme, deren Frequenz so tief ist, dass der Bypasskondensator sie praktisch nicht kurzschließt. All diese Ströme fließen auf direkten Wegen vom IC-Groundpin zum Masse-Einspeisepunkt zurück. Wenn nun im Beispiel möglichst die analogen Anteile auf der analogen Seite und die digitalen Anteile auf der digitalen Seite verbleiben sollen, dann muss der Masse-Einspeisepunkt dort liegen, wo einst der Schlitz verlief. Es gibt drei direkte Wege von den drei Massepins zum Masse-Einspeisepunkt. Es ist leicht einzusehen, dass, um den Widerstand jeder der drei Bahnen und somit Störungen gering zu halten, die Einspeisung des Versorgungsstroms möglichst nahe am IC erfolgen sollte.

Dieses Layout ist kein Problem, wenn es nur um den ADC geht.

In der Praxis jedoch müssen diverse Rückkehrströme von den Groundpins weiterer Komponenten auf direktem Wege zurückgeführt werden. Diese sind in unserem Aufmacherbild als blaue Linien dargestellt. Hier ist der Schlitz wieder da, um später vergleichen zu können. Alle Ströme müssen über die schmale Verbindungsstelle laufen, wo es zu einer Stromkonzentration kommt. Durch die Anordnung der Zuführungsanschlüsse an einer PCB-Kante ergeben sich relativ weite Wege.

In Bild 18 erfolgte das Entfernen der Schnitte. Nun können die Gleichstrom-Rückkehrströme direkt und somit bei nied-

rigstem Widerstand fließen. Das ist also die grundsätzliche Situation in Fällen, wo es mehrere DC-Kreisläufe gibt. Man kann leicht bestimmen, wohin die Rückkehrströme fließen und eine eventuelle Beeinträchtigung in Betracht ziehen. Durch Ändern der Bauelementelage lässt sich eine kritische Situation entschärfen. Wichtig immer: Führen Sie die Betriebsspannung möglichst in der Mitte der Platine zu und nicht vom Rand aus!

### Grundwissen für mehrfach gemischte ICs

Das Problem mit einem Schnitt in der Massefläche wird offensichtlicher, wenn es um einen Entwurf mit mehr als einem IC geht, der sowohl analoge als auch digitale Masseanschlüsse erfordert. Nehmen Sie an, dass zwei derselben ADCs wie oben erörtert auf einer gemeinsamen Platine unterzubringen sind. Bild 19 zeigt diese Konfiguration und dass es nicht möglich ist, den gewünschten einzelnen Erdungspunkt zu erhalten.

Eine unmittelbare Reaktion auf diese Situation könnte sein, einen der ADCs um 180° zu drehen und die zwei Sternpunkte auf diese Art in einen einzigen Punkt zu vereinen. Jedoch würde

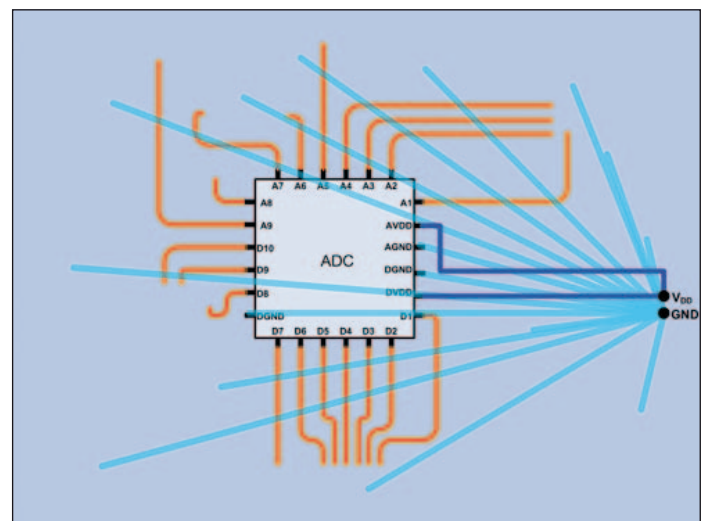
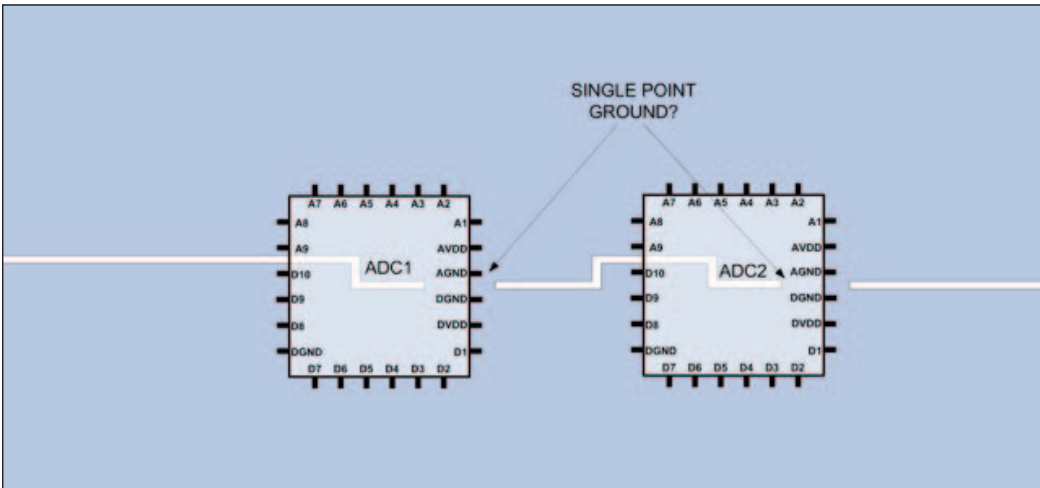


Bild 18: Stromfluss ohne Kerbe im Massebereich

Originaltitel: "Successful PCB Grounding with Mixed-Signal Chips - Follow the Path of Least Impedance" by Mark Fortunato, Senior Principal Member of Technical Staff, Maxim Integrated Products, Inc., October 2012  
frei übersetzt von FS



**Bild 19: Zwei ADCs auf einer Platine**

das den digitalen Teil des einen Kreislaufs oberhalb der ICs neben den analogen Abschnitt unterhalb der ICs platzieren; die Anordnung würde für den anderen Kreislauf gespiegelt. Das Ergebnis wäre Chaos: ein Durcheinander von Analog- und Digitalsignalen auf jede erdenkliche Art. Selbst wenn dies praktisch gemacht werden könnte, so löst es das Problem von drei oder mehr gemischten Chips nicht.

Glücklicherweise kann man dieselben Grundprinzipien wie für einen einzelnen gemischten IC anwenden. Man stelle sich vor, dass die Schnitte zunächst gemäß der Phantasie des Entwicklers angelegt sind. Dann legt man die

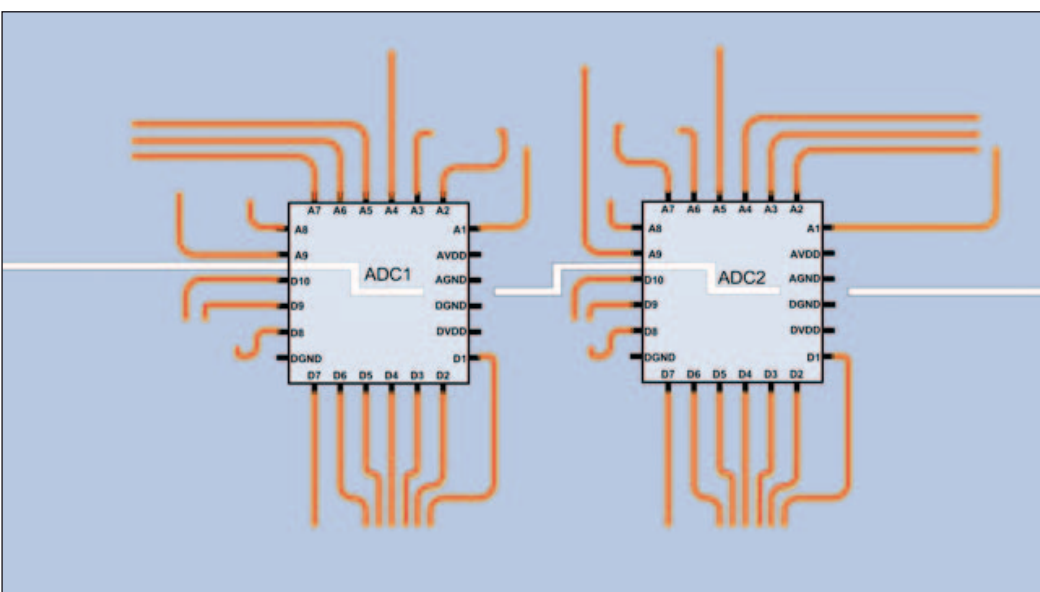
Komponenten und Leiterbahnen so, dass es ihnen nicht möglich ist, die Schnitte zu überqueren. Dabei kann es auch gewünscht sein, dass die Analogsignale von ADC1 und ADC2 Massefläche nicht gemeinsam benutzen. Dies ist normalerweise leicht zu erreichen, wenn man die Leitungen jedes ADCs näher zu ihm als zu seinem Nachbarn führt. Bild 20 zeigt, wie dies aussehen könnte. Wie in dem Beispiel für einen einzelnen gemischten Signal-IC „will“ keiner der Ströme die Schnitte überqueren, sodass die Schnitte entfernt werden können.

Dasselbe Vorgehen kann auf komplexere Situationen ausgedehnt werden. Im Allgemeinen

ist es eine gute Idee, darüber nachzudenken, wohin der Strom für jedes Signal fließt und wie es sich einmischen bzw. beeinträchtigt werden kann bezüglich anderer Ströme durch dasselbe Metall. Dies genügt für die meisten Anwendungen.

**Manchmal können Schnitte nützlich sein**

Es gibt Situationen, wo es verschiedene mechanische Beschränkungen, wie die gewünschte Lage von Connectoren, schwierig machen, Stromflüsse so zu lokalisieren, dass ein Schnitt entbehrlich ist. Dies kann hochfrequente, niederfrequente oder DC-Ströme



**Bild 20: Alle Leitungen verlaufen auf der passenden Seite.**

betreffen. In diesen Fällen sind Unterbrechungen im Massebereich sinnvoll.

Der Wunsch, solche Komplikationen zu vermeiden, ist eine gute Motivation dafür, mechanische Platzierungen von Steckern und Buchsen etc. frühzeitig zu überdenken. Merke: Aus der Komponentenplatzierung folgt immer die Wegeplanung. Wenn Connectoren mit Überlegung hinsichtlich des Layouts am Beginn eines Entwurfs angeordnet werden, kann dies das Layout viel leichter, klarer und erfolgreicher machen.

Aber auch wenn man den Zusammenhang zwischen mechanischen Platzierungen und Signalablauf sorgfältig berücksichtigt, können Situationen auftreten, bei denen externe Erfordernisse dazu zwingen, Schnittstellen in Bereichen zu platzieren, die es schwer machen, einige Ströme davon abzuhalten, dort zu fließen, wo sie es nicht sollen.

Bild 21 zeigt eine Platine mit Digital-, Parallel- und Versorgungsanschlüssen an bestimmten Orten, bestimmt durch die Systemanforderungen. Der Entwickler tat gut daran, den störintensiven digitalen Teil benachbart, aber getrennt zum analogen Teil zu platzieren. Chips, die sowohl analog als auch digital sind, wurden klug in den Grenzbereich gelegt. Auch war es richtig, die Spannungsregler so anzuordnen, dass die höherfrequenten Rückkehrströme für analoge und digitale Teile nicht dazu tendieren, Stromversorgungspfade mitzubeneutzen. Erinnern Sie sich jedoch daran, dass Gleichstrom und niederfrequenter Strom zum Einspeisepunkt in der unteren linken Ecke auf dem Weg des geringsten Widerstands, also einer geraden Linie zurückkehren.

Das Ergebnis ist, dass hohe Gleichströme und niederfrequente Ströme aus der niedrigeren, rechten Region des digitalen Teils direkt durch die empfindlichen analogen Schaltkreise laufen. Man könnte dies durch das Einbringen eines waagerechten Schnitts zwischen den ana-

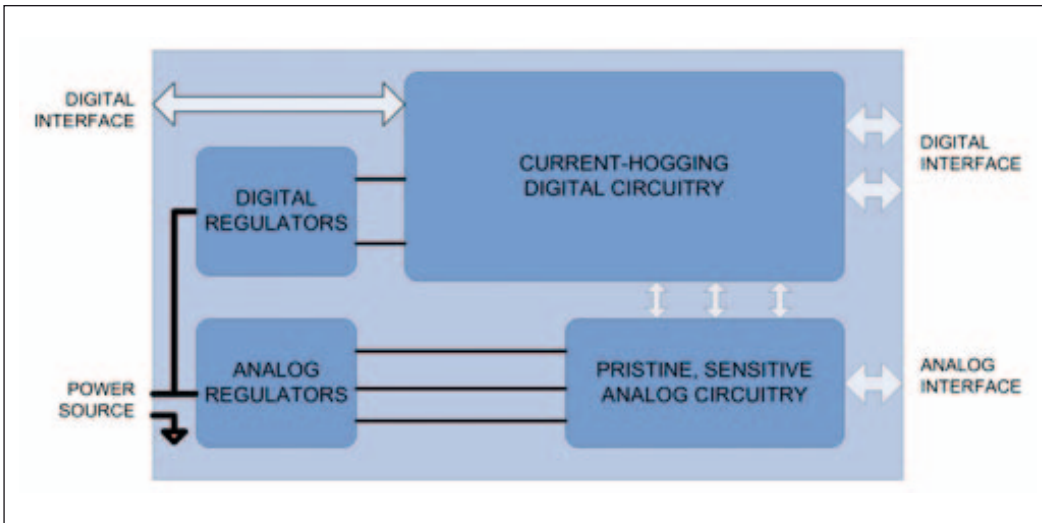


Bild 21: Board mit analogem und digitalem Teil und festen Anschlusspunkten

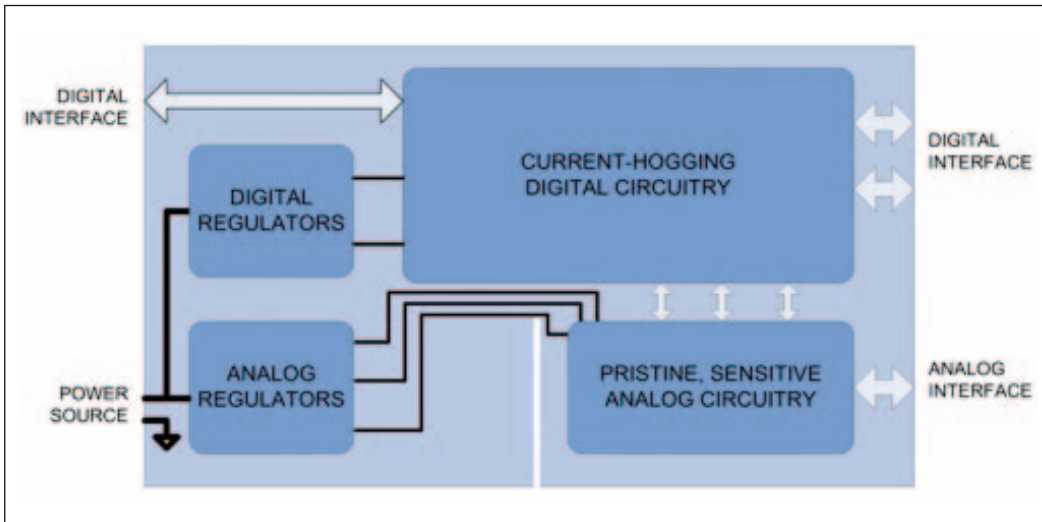


Bild 22: Senkrechter Schnitt zur Abtrennung des analogen Signalteils

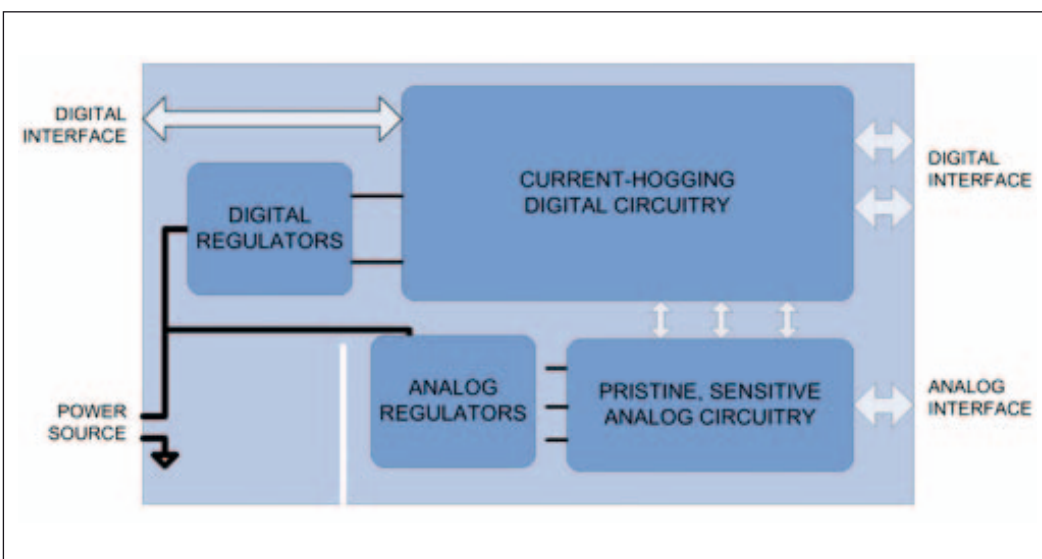


Bild 23: Senkrechter Schnitt zur Abtrennung des gesamten Analogteils

logen und den digitalen Teilen verhindern. Dieser Schnitt ließe sich nach rechts an den Rand der Platine erweitern. Jedoch würden dann die Schnittstellensignale zwischen dem Digital- und dem Analogteil an diesem Schnitt entlang laufen. Dies würde bedeuten, dass sie eine lange, indirekte Strecke zurücklegen müssen, was ziemlich unpraktisch sein könnte, besonders wenn es viele Signale gibt oder wenn sie besonders schnell sind.

Eine andere Lösungsmöglichkeit wäre ein senkrechter Schnitt zwischen den analogen Schaltkreisen und den analogen Spannungsreglern. Dies würde den digitalen Versorgungsstrom dazu zwingen, von den analogen Schaltkreisen weg zu fließen. Dies würde aber auch verlangen, den analogen Versorgungsstrom um den Schnitt herum zu führen. Bild 22 zeigt, wie dies aussehen würde.

Der Weg des geringsten Widerstands von den digitalen Schaltkreisen zum Anschlusspunkt der Versorgung ist jetzt keine gerade Strecke mehr, sondern ein Pfad, der über dem Schnitt verläuft und die analogen Schaltkreise in ihrem gesamten Umfang auf diese Art umgeht. Es könnte sein, dass diese Anordnung im Ergebnis adäquat zur vorigen ist. Jedoch kann es auch hinderlich sein, wenn es mehrere analoge Versorgungsanschlüsse gibt.

Manchmal sind die Spannungsregler stör- und rauschempfindlich. Bild 23 zeigt hierfür eine andere Anordnung. Das Konzept ist das gleiche wie vorhin, nur die analogen Spannungsregler befinden sich auf derselben Seite des Schnitts wie die analogen Schaltkreise.

Einfache analoge Spannungsregler sind mehr oder weniger selbst Produzenten von Rauschen oder empfindlich auf von der Rohspannung stammendes Rauschen. Diese der Versorgungsspannung überlagerte Rauschspannung kann dann die analogen Schaltkreise stören. Durch Filter oder rauscharme lineare Regler für die analogen Schaltkreise kann man das



Problem lösen. Flankierend sollte man entscheiden, wohin die rauschenden Regler gestellt werden, um möglichst wenig zu stören. Hierbei muss man immer daran denken, wohin die Ströme fließen.

Eine andere Problematik, auf welche Entwickler zunehmend stoßen, ist die Integrität von hochfrequenten Signalen. Bei Frequenzen im GHz-Bereich findet Nebensprechen zwischen Leiterbahnen statt, wenn sie nah und parallel zueinander verlaufen. Dies macht die Entwicklung komplizierter. Wie bereits in der Simulation für 1 MHz dargestellt und allgemein berechnet, sind die von den Rückkehrströmen genutzten Bereiche direkt unter den Signalleitungen viel breiter als diese. Es ist leicht einzusehen, dass bei nahen parallelen Leitungen dann die Rückkehrströme gemeinsame Bereiche nutzen. Je näher die Leitungen elektrisch (bezüglich der Wellenlänge der Signale) zueinander liegen, also praktisch je höher die Frequenzen, umso wahrscheinlicher ist es, dass sich zwei Signale gegenseitig korrumpieren.

## Fazit: Beachten Sie den Stromfluss!

Viele Probleme beim PCD-Entwurf mit gemischten ICs können durch das Befolgen einfacher Regeln vermieden werden. Die wichtigste: Achten Sie darauf, wo(hin) der Strom unterhalb der Platine fließt. Für die meisten Fälle genügt es, sich an zwei Grundprinzipien zu erinnern:

1. Gleichstrom und niederfrequenter Strom fließt hauptsächlich im geradlinigen Pfad mit dem geringsten Widerstand zwischen Quelle und Belastung.
2. Hochfrequente Signale folgen dem homogenen Pfad direkt unter der Signalspur, da dieser die schädliche Wirkung der parasitären Induktivitäten und Kapazitäten vermeidet.

Signale mit mittleren Frequenzen fließen in beiden Pfaden und zwischen diesen. Schnitte zur Vermeidung von Wechselwirkungen

zwischen verschiedenen Stromkreisen sind unnötig, solange man die Komponenten richtig platziert und die Leiterbahnen klug verlegt. Es geht darum Überkreuzungen und gemeinsame Verläufe zu verhindern.

Nur manchmal wird ein ebener Schnitt gebraucht, und zwar immer dann, wenn der Entwickler nicht frei über die Lage der Komponenten entscheiden kann. Doch auch dieser Schnitt muss dann mit Überlegung definiert werden mit Blick auf den damit erzwungenen Stromfluss. Keine Leitung oberhalb der Platine sollte einen Schnitt überqueren.

Behalten Sie also im Auge, wohin die Elektronen fließen wollen, und Sie machen Ihren Job leicht und gut! Erinnern Sie sich daran, dass Sie dem Stromfluss oberhalb der Platine immer vertrauen können, während der Stromfluss im Massebereich genauerer Überlegung bedarf.

Bleibt schließlich anzumerken, dass die Herleitung der Strategie der richtigen PCB-Gestaltung einen gewissen Umfang verlangt, während die Strategie selbst eigentlich recht simpel und gut realisierbar ist.

## Quellen

Ott, Henry W.: Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley und Söhne, Hoboken, NJ, 2009, S. 392, 393

Archambeault, Bruce: IEEE EMC Society Newsletter, Fall 2008, Ausgabe 219, Teil II: Resistive vs. Inductive Return Current Paths, S. 81-83

Brokaw, Paul: An IC Amplifier User's Guide to Decoupling, Grounding, and Masking Things Go Right for an Change, Analog Devices Application Note AN-202

Application Note 4636, Avoid PC-Layout `Gotchas` in ISM-RF Products

Johnson, Howard W., Ph. D. und Graham, Martin, Ph. D.: High-Speed Digital Design: A Handbook of Black Magic, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1993 ◀