Hochauflösende EMV-Scans von IC-Störemissionen

Den ICs kommt hinsichtlich der EMV-Eigenschaften elektronischer Baugruppen eine zentrale Bedeutung zu. Sie fungieren sowohl als Quelle oder auch als Senke von elektromagnetischen Störungen.

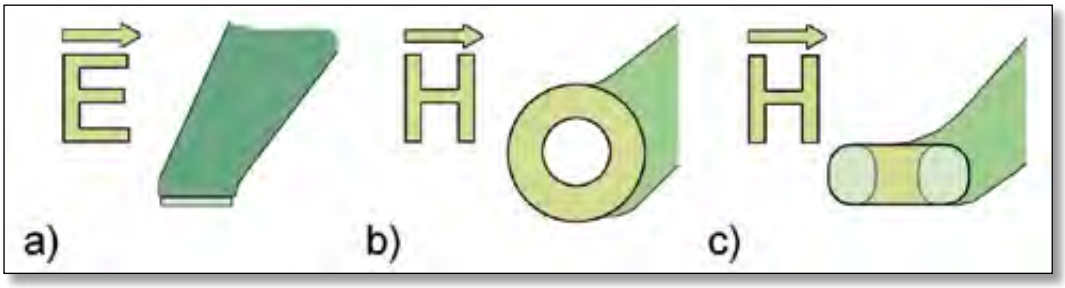

Bild 1: Typen von Nahfeldmikrosonden

Dabei zeigen zurückliegend die messtechnischen Erfahrungen anhand von Volumen- und Pinscans mit Nahfeldmikrosonden, dass baugleiche, also funktions- und pinkompatible ICs sehr unterschiedliche EMV-Eigenschaften aufweisen können.

Um ICs kostengünstig und mit guten EMV-Eigenschaften zu entwickeln, soll Entwicklern mit dem IC-Test-System auf der Basis von Nahfeldmikrosonden die Möglichkeit gegeben werden, vom Designbeginn an die EMV-Eigenschaften zu optimieren.

Einleitung

Eine Komponente des IC-Test-Systems ist die Messung von elektromagnetischen Störemissionen. Entsprechend internationaler EMV-Standards für ICs kommen Nahfeldmikrosonden zum Einsatz, die in ihren messtechnischen Parametern, wie Auflösung und Frequenzbereich, die Anforderungen der IEC-Normung deutlich überbieten.

Dadurch gestatten sie die Messung der elektromagnetischen Störemission an ICs und an offenen DIEs und die präzise Lokalisierung der zugehörigen Feldquellen im IC bzw. im DIE. Entwicklungsbegleitend können so Redesignmaßnahmen am IC durchgeführt werden, die sich wiederum aus den Messergebnissen und daraus resultierenden bekannten EMV-Maßnahmen ableiten.

Das Ziel ist die Minimierung der Emissionen der elektromagnetischen Störfeldquellen einerseits und andererseits eine zeitnah und kostengünstig zu erreichende EMV-Konformitätsprüfung.

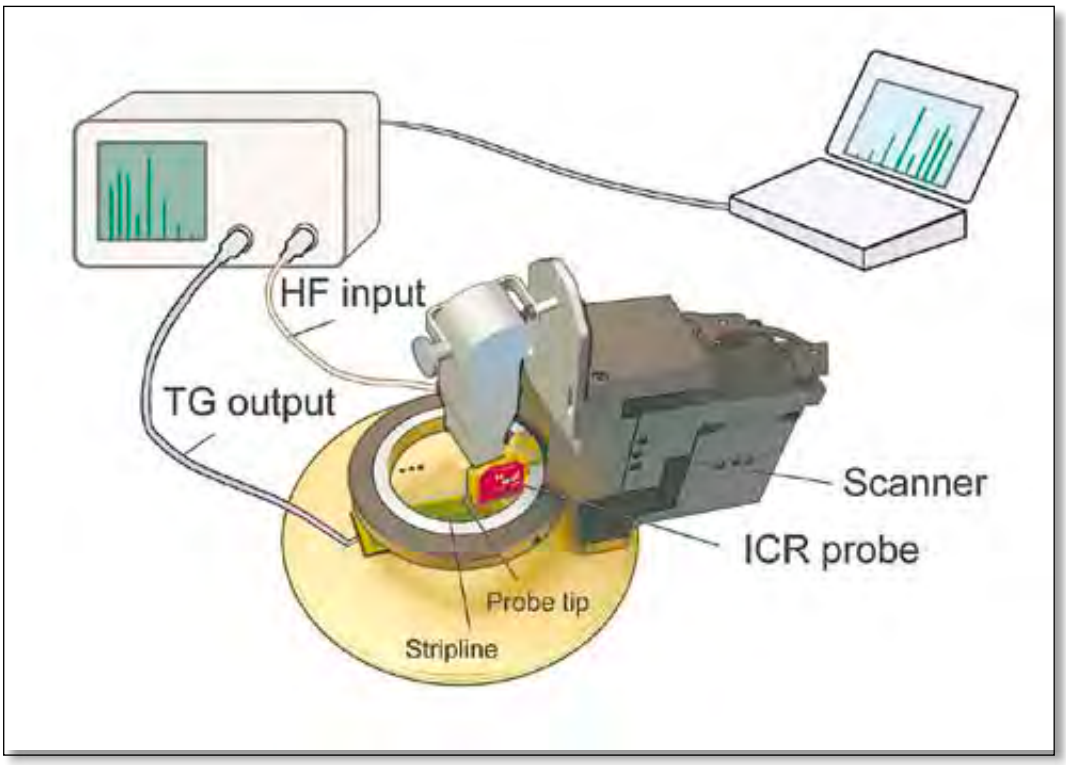

Bild 2: Kalibriermessaufbau

Autor:
Dipl.-Ing. Joerg Hacker
Tel. 0351 4300930
Fax 0351 43009322
Langer EMV-Technik GmbH

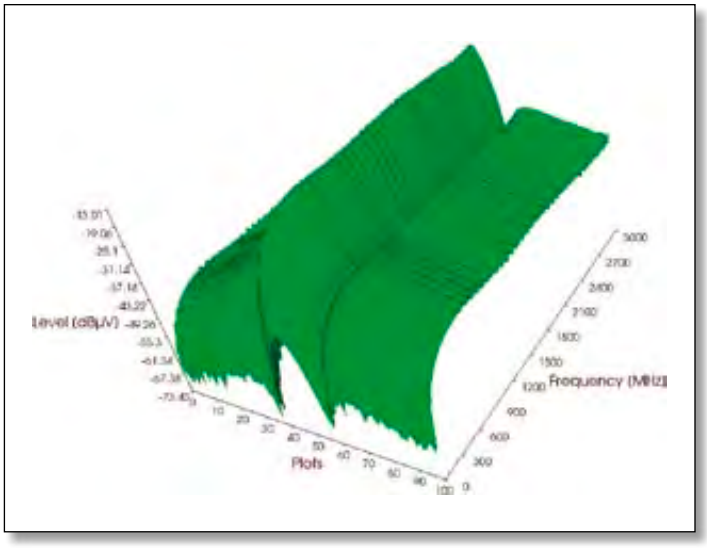

Bild 3: Volumenscan über Streifenleiter mit vertikaler Magnetfeld-Mikrosonde

Messsystem

Die Messung der räumlichen Amplituden-Frequenz-Charakteristik von elektromagnetischen Aussendungen erfordert eine Architektur des IC-Test-Systems, welche die folgenden Komponenten umfasst: Neben einem Spektrumanalysator sind das erstens die Nahfeldmikrosonden, zweitens das Positioniersystem für die Mikrosonden und drittens die Software zur Steuerung des gesamten Messablaufes im IC-Test-System.

Zur vollständigen Erfassung der EMV-Emissionen von ICs sind drei Arten von Nahfeldsonden Bild 1 und ein mindestens vierachsiges Positioniersystem für die Mikrosonden erforderlich: Eine E-Feldsonde zur Messung des elektrischen Feldes und zwei H-Feldsonden zur Messung des magnetischen Feldes. Die beiden Magnetfeldsonden unterschieden sich in ihrer Polarisationsebene: Die H-Feldsonde vom Typ „h“ ist horizontal polarisiert und die

H-Feldsonde Typ „v“ ist vertikal polarisiert. Somit besteht ein Set von Mikrosonden stets aus den Sondentypen E, Hh und Hv. Nur mit diesem Set sind alle Feldkomponenten der EMV-Emissionen zu erfassen.

Das Positioniersystem platziert die Mikrosonden und ermittelt die Raumkoordinaten des elektromagnetischen Feldes. Physikalisch bedingt, hat die vertikal polarisierte H-Feldsonde zwei Nullstellen in ihrer Richtcharakteristik. Die in der Ebene der Vertikalsonde liegenden Feldkomponenten werden nur erfasst durch Drehung der Hv-Feldsonde. Als Positioniersystem kommt somit ein mindestens vierachsiges IC-Test-System mit x-, y-, z- und alpha-Achse zur Anwendung.

Bild 2 zeigt eine prinzipielle Anordnung des IC-Test-Systems am Beispiel der Kalibriermessung von Mikrosonden. Die Nahfeldmikrosonden stehen in verschiedenen Abmessungen von 0,1 bis 0,5 mm (Sondenkopf-Innendurchmesser) zur Verfügung. Aufgrund ihrer Konstruktion gestatten sie die getrennte Untersuchung der elektrischen und magnetischen Emissionen an IC- und DIE-Oberflächen, Bonddrähten und Pins. Die Auflösung und Empfindlichkeit der Sonden erfordern ein präzises Positioniersystem, welches die Sonden punktweise im Messvolumen bewegt. Die eigentliche E- und H-Feldsonde ist als Sondenkopf an der Sondenspitze angeordnet. Die komplette Sonde ist eine Aktivsonde. Im Sondengehäuse ist ein Messverstärker integriert. Dieser wird über ein Bias Tee mit den für ihn erforderlichen 9 V, 100 mA versorgt. Die Aktivsonde überstreicht in Abhängigkeit ihres Sondenkopfaufbaus den Frequenzbereich von min. 1,5 MHz bis max. 6 GHz. Der Anwendungsbereich der IEC Norm IEC 61967-3 Part.3 von 10 MHz bis 3 GHz wird mit diesen Sonden voll abgedeckt und überschritten. Grund der höheren Frequenzwahl für die Mikrosonden ist die andersartige Aufgabenstellung der EMV-Analyse über schnell taktende Schaltkreise. Der Ingenieur hat die Grundfrequenz des IC bei einigen MHz bis GHz und deren Vielfachen bis über 5 GHz zu prüfen.

Das IC-Test-System für Nahfeldmikrosonden kann alle Typen von Mikrosonden aufnehmen. Diese werden durch das vierachsige Positioniersystem im Messvolumen punktweise bewegt. Die Positionskontrolle der Sondenspitze erfolgt durch ein Digitalmikroskop. Die kleinste Schrittweite beträgt 10 µm.

Das IC-Test-System, der Spektrumanalysator und der Messablauf werden über PC gesteuert. Nach dem Programmstart der Steuer- und Bediensoftware des IC-Test-Systems werden die am System angeschlossenen Mess- und Steuergeräte initialisiert. Danach erfolgt die Einstellung der Messbereiche für den Spektrumanalysator und für das Positioniersystem über die grafische Bedienoberfläche. Anschließend wird ein Befehlssteuersatz zur Ausführung der Messalgorithmen gestartet. Alle ablaufenden Messungen werden automatisch ausgeführt. Ermittelte Messdaten erscheinen in Echtzeit im Visualisierungsbereich am PC.

Neben der Menüleiste umfasst die Bedienoberfläche zwei Gerätefelder für die Steuerung von Spektrumanalysator und Positioniersystem, das Scriptfenster für Messalgorithmen und den Visualisierungsbereich für 2D- und 3D- Darstellungen der Messergebnisse.

Nahfeldmikrosonden, Bediensoftware und die Gerätearchitektur des IC-Test-Systems ermöglichen es, abgestrahlte EMV-Emissionen zu messen und die Feldverteilung über dem IC zu charakterisieren.

Messungen an Kalibrier-Streifenleitung

Am Streifenleiter werden die Übertragungsfaktoren der Mikrosonden im Frequenzbereich von 1,5 MHz bis 6 GHz ermittelt. Der Messaufbau ist im Bild 2 dargestellt. Der Messung liegen folgende Parameter zugrunde: Die Streifenleitung hat eine Breite von 2 mm, eine Dicke von 35 µm und einen Abschluss von 50 Ohm. Der Fußpunkt der Sondenspitze ist 25 µm über dem Streifenleiter justiert. Die Speisung erfolgt über den Tracking-Generator des Spektrumanalysators mit 100 dBµV. Weitere Messungen zur Ermittlung der Übertragungsfaktoren von Nahfeldmikrosonden werden mit diesen Parametern durchgeführt.

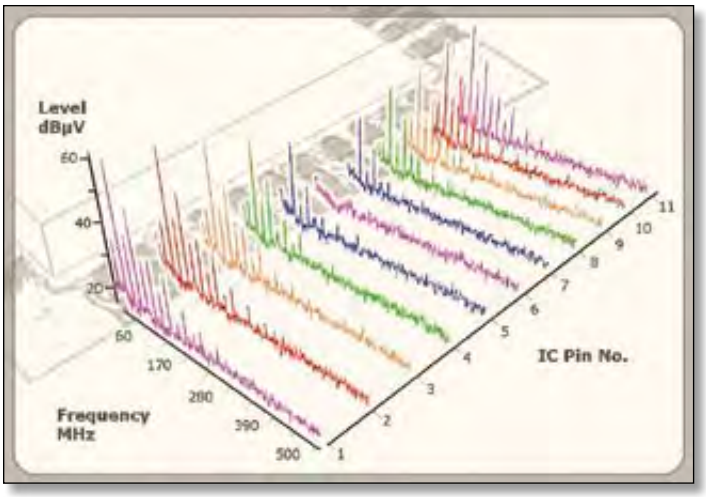

Bild 4: PIN-Scan

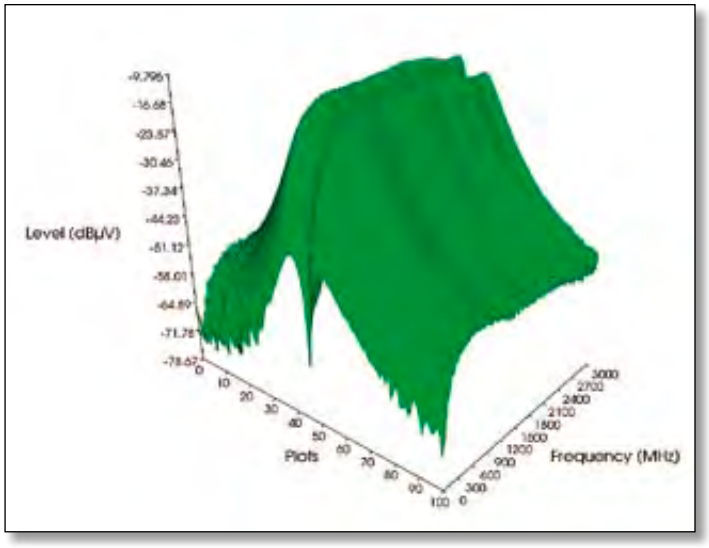

Bild 5: Volumenscan über Streifenleiter mit horizontaler Magnetfeld-Mikrosonde

Die Kennlinie jeder Nahfeldmikrosonde wird so ermittelt und für spätere Kalibriermessungen gespeichert.

Volumenscan über 50-Ohm-Streifenleitung mit vertikaler H-Feldsonde

Bild 3 zeigt eine 3D-Darstellung eines Volumenscans über der Kalibrier-Streifenleitung. Verwendet wurde die Nahfeldmikrosonde mit vertikaler Polarisation. Die Mikrosonde wurde quer über die Streifenleitung im Abstand von ca. 20 µm bewegt. Die vertikal polarisierte Mikrosonde misst über dem Leiterzug hohe Magnetfeldstärken. Erkennbar im Bild 3 ist die hohe Selektivität der Sonde. Die räumliche Ausprägung des Magnetfeldes um die Streifenleitung wird sehr gut wiedergegeben. Ein weiterer Anwendungsbereich dieser Messmethode ist die selektive PIN-Messung an allen Seiten eines IC wie im Bild 4 dargestellt. Die automatische selektive Messung der EMV-Emissionen aller Pins erfolgt in sehr kurzer Zeit.

Etwa 60 Pins pro Minute sind messbar. Mit dieser Methode ist ein spezielles EMV-Messverfahren entwickelt worden, um allgemeingültige Bewertungen aller Pins des Halbleiters in kurzer Zeit vornehmen zu können.

Volumenscan über 50-Ohm-Streifenleitung mit horizontaler H-Feldsonde

Bild 5 zeigt in 3D-Darstellung das Messergebnis des Volumenscans mit einer horizontal polarisierten Mikrosonde über der gleichen Streifenleitung. Im Unterschied zur vertikal polarisierten Sonde wird bei der Horizontalsonde die Lage der Mitte der Kalibrier-Streifenleitung mit hoher Selektivität gemessen. Die Messauflösung kann bis zu 50 µm betragen. Intensive Magnetfelder befinden sich an den Kanten des Streifenleiters. Hier befinden sich die jeweiligen lokalen Maxima des Volumenscans. Bei gleichem Messvolumen und gleicher Sondenauflösung erhält man hier das entgegengesetzte Sondenverhalten:

Vertikalsonde:

Maximum über dem Leiterzug

Horizontalsonde:

Minimum über dem Leiterzug

Volumenscan über IC

Im Bild 6 ist das Messergebnis des Volumenscans eines IC dargestellt. Das Messvolumen beträgt 11 x 11 x 1,6 mm über einem IC mit 44 Pins. Eingesetzt wurde eine horizontal orientierte Mikrosonde. Die Lokalisierung der Feldquellen ist sehr anschaulich und leicht möglich. Die Feldverteilung an der Oberfläche lässt Schlüsse auf die innere IC Struktur zu. Bei der räumlichen Darstellung des Magnetfeldes werden die Orte gleicher Feldstärke durch ISO-Linien verbunden und in ihrer Intensität farbig dargestellt (rot: intensive Störausstrahlung). Am Ende der Messung stehen für alle Frequenzen des Messintervalls die Oberflächenscans zur Verfügung und zwar pro Frequenzpunkt und pro Volumenebene ein kompletter Oberflächenscan. Durch Auswahl der Peaks im gemessenen kumulativen Spektrum und Einstellung der zugehörigen Frequenz in der Auswertesoftware werden über den Frequenzwert des Oberflächenscans die Feldquellen der Störemissionen lokalisierbar.

Surfacescan über IC

Bild 7 zeigt das Messergebnis für die Surface-Scan-Messung am gleichen IC mit seinen 44 Pins. Die Mikrosonde wurde in 10-µm-Schritten auf einer Messebene von 11 x 11 mm Fläche geführt. Bei geringer Messzeit sind bei diesem Beispiel keine größeren Unterschiede in den Darstellungen erkennbar. Wird die Messfläche zu hoch über dem IC festgelegt sind bestimmte HF-Quellen nicht mehr erkennbar.

Zusammenfassung

Es werden elektromagnetische Störfeldquellen in ICs und offenen DIEs lokalisiert und ihre Emissionen unter Verwendung hochauflösender EMV-Scans schrittweise entwicklungsbegleitend minimiert. Die Messung der elektromagnetischen Störemission erfolgt mit Nahfeldmikrosonden, Spektrumanalysator und einem hochauflösenden Positioniersystem, das gleichzeitig die Raumkoordinaten des elektromagnetischen Feldes bestimmt. Mit der dreidimensionalen grafischen Darstellung der Messergebnisse notwendiger Weise in mehreren Ebenen als räumliche Amplituden-Frequenz-Charakteristik werden die Hot-Spots der EMV-Emissionen aufgespürt.

Das EMV-Testsystem ist einsetzbar zur Charakterisierung des elektromagnetischen Emissionsverhaltens von ICs. Es lassen sich funktions- und pinkompatible ICs für Komponentenanwendungen hinsichtlich ihrer EMV-Eigenschaften genau klassifizieren. Anhand der Messungen an der Kalibrier-Streifenleitung mit unterschiedlichen Nahfeldmikrosonden, dass eine Abschätzung von zu erwartenden Feldern unterteilt in E- und H-Feld möglich ist. Innerhalb kurzer Zeit und mit reproduzierbaren Ergebnissen können Messungen im Nahfeldbereich durchgeführt werden.

Unter Beachtung der Parameter wie Abstand (Seite/Höhe), Schrittweite und anliegender Feldstärken können unterschiedlich feine Strukturen aufgelöst und getrennt nach Feldart gemessen werden. Auflösungen im 100-µm–Bereich lassen einen genauen Einblick über Verteilung und Stärke von Feldern und deren möglichen Störaussendungen zu.

Am IC lassen sich Übereinstimmungen von Strom- und Feldmessung ermitteln. Als Ergebnis dieser Messung kann das Spektrum und der Wirkungsbereich extrahiert werden. Im Visualisierungsbereich ist erkennbar, dass Unterscheidungen zwischen einzelnen Pins in Abhängigkeit der Feldrichtung möglich sind. Damit sind wichtige Hilfsmittel für die IC–Entwicklung gegeben. An kleinen Strukturen, wie an offenen DIEs, lassen sich mit Hilfe der Nahfeldmikrosonden sowohl das E– als auch das H-Feld getrennt bestimmen. Durch die Messung des H-Feldes können die Stromlaufpfade des IC im Nahfeld verfolgt werden. (siehe Bild 6)

Der erforderliche Zeitaufwand für diese aussagefähige Messmethode liegt im Bereich weniger Stunden und fällt im praktischen Laborbetrieb insofern nicht ins Gewicht, da die gesamte Messung automatisch abläuft, einschließlich der vollständigen Dokumentation aller Messergebnisse und Messparameter.

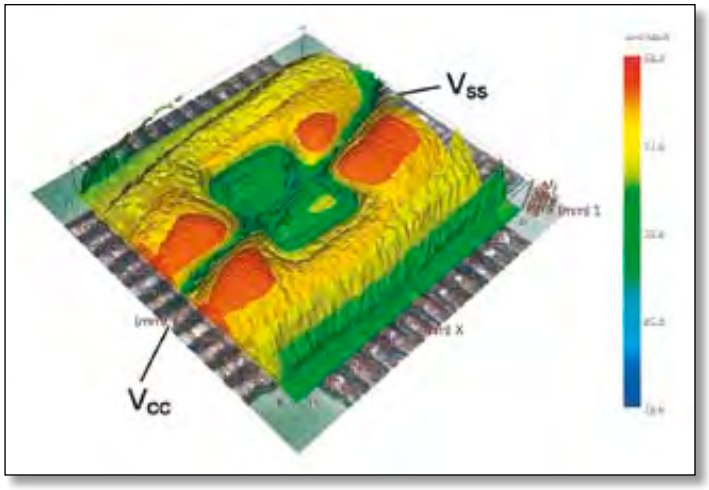

Bild 6: Volumenscan über IC: 3D-Darstellung der ISO-Feldlinien bei Frequenzpeak 50 MHz

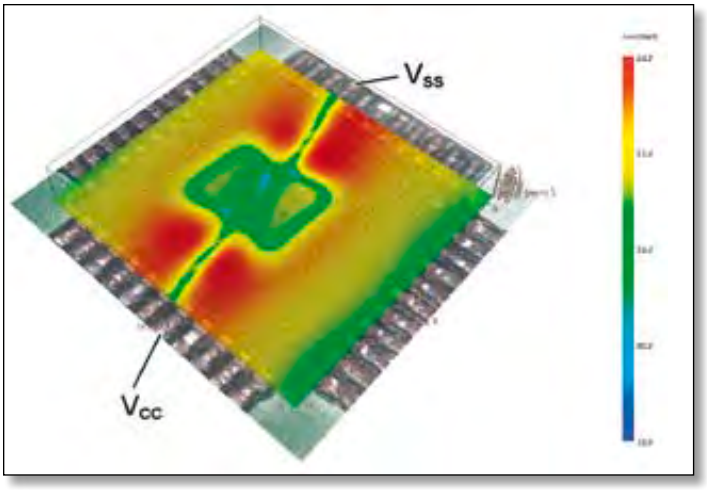

Bild 7: Surface Scan über IC: 3D-Darstellung der ISO-Feldlinien bei Frequenzpeak 50 MHz

Die Messmethode ist weiterhin einsetzbar, um IC-Entwicklern ein leistungsfähiges Werkzeug zur Verfügung zu stellen, entwicklungsbegleitend die Bewertung des erreichten Qualifikationsstandes des Halbleiters vornehmen zu können. Werden IC-Muster verschiedener Entwicklungsstufen ausgemessen, so ist es dem Entwickler möglich, die Auswirkung seiner Änderung am IC im Nahfeldbereich zu messen und zu bestimmen. Damit können frühzeitig im Entwicklungsprozess des ICs Rückschlüsse gezogen und bekannte EMV-Maßnahmen bereits während der laufenden Entwicklung vorgenommen werden. ◀