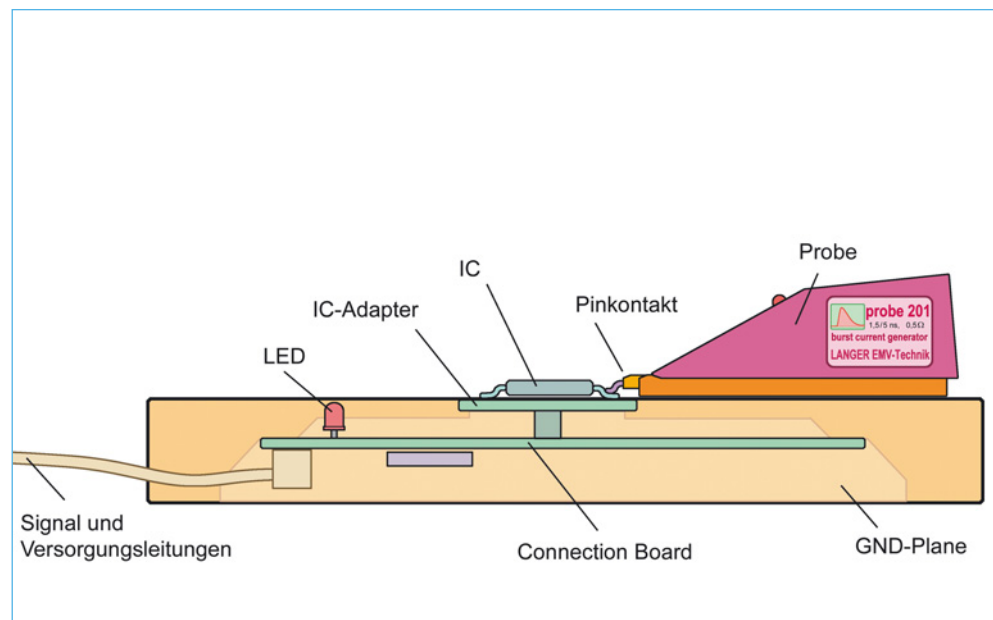


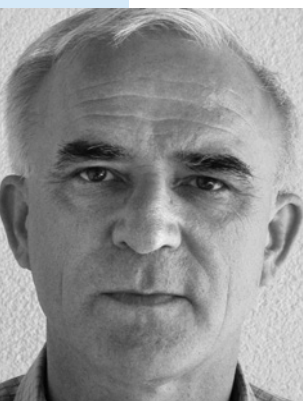
EMV Parameter für IC-Anwender

Wege der Störauskopplung aus dem IC und die zugehörigen physikalischen Größen

IC-Parameter für die Board-Ebene sollen Elektronikentwicklern und EMV-Ingenieuren Hinweise für die elektrische und mechanische Konstruktion eines Gerätes liefern. Von IC-Herstellern bereit gestellte Parameter ermöglichen die Vergleichbarkeit von ICs und damit die leichte Auswahl. Der IC-Anwender muss jedoch nicht nur die Board-Ebene sondern die gesamte EMV-Wirkungskette von der Quelle – dem Inneren des IC – durch die Baugruppe hindurch bis zum Übergang in das Fernfeld betreuen. Wenn die IC-Parameter auf diese Wirkungskette zugeschnitten werden, kann der IC-Anwender den Zeit- und Kostenaufwand für Neuentwicklungen besser einschätzen und ICs optimal einsetzen. GUNTER LANGER



Aufbau eines IC-Testboards für EMV-Messungen aus ICs



Dipl.-Ing. GUNTER LANGER ist Geschäftsführer der Langer EMV-Technik GmbH

KONTAKT
T +49/351/430093-0
langer@emv-technik.de

Der IC-Anwender hat in seiner Arbeit in puncto Störauskopplung aus einem IC mit den drei Wegen „Störauskopplung über die elektrischen Anschlüsse des IC“, „Störauskopplung über ein elektrisches oder magnetisches Nahfeld“ und der „direkten Aussendung des IC“ zu tun (Abb. 1).

Die Störauskopplung erfolgt über die elektrischen Anschlüsse des IC.

Die zugehörigen physikalischen Größen sind HF-Strom und -Spannung am Pin. Theoretisch können sie den an den betreibenden Pin angeschlossenen Leiterzug zur direkten Aussendung anregen. In der Praxis entsteht diese Anregung jedoch nicht. Von den Leitungs-

netzen der Flachbaugruppe werden aber HF-Strom und -Spannung in ein H- oder E-Feld gewandelt, welches die eigenen oder benachbarte Metallteile zur Abstrahlung anregt.

Die Erregung über das elektrische Feld kann durch eine vom IC auf Leitungen aufgeprägte Rechteckspannung (Clk) erfolgen. Die Rechteckspannung erzeugt ein elektrisches Feld in der Umgebung des Leiterzuges. Einige dieser Feldlinien enden an weiter entfernten Metallteilen. Diese Feldlinien regen das gesamte metallische System zum Schwingen an.

Die magnetische Erregung entsteht z.B. bei besonders großen Strömen in den Vdd-Vss-Stromschleifen, die außerhalb des IC über Blockkondensatoren und GND-Plane geführt sind. Der Strom im Leiterzug oder IC bewirkt ein nach oben führendes Nahfeld H2. Wenn

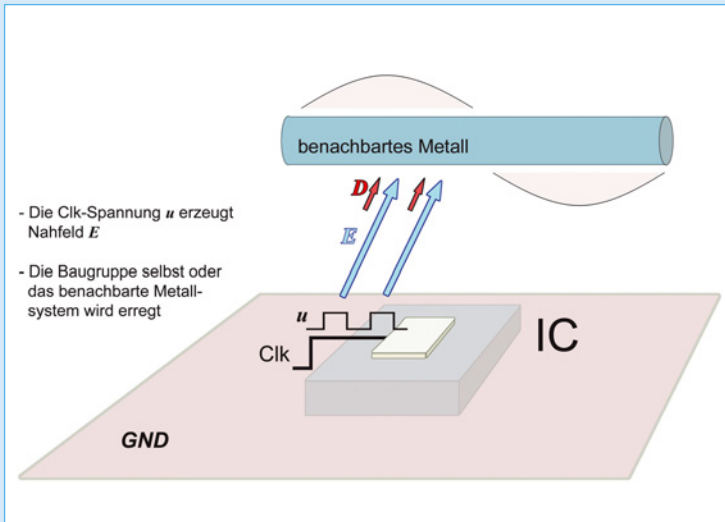


Abb. 5: Mechanismus der direkten E-Feldabgabe vom IC in benachbarte Metallteile

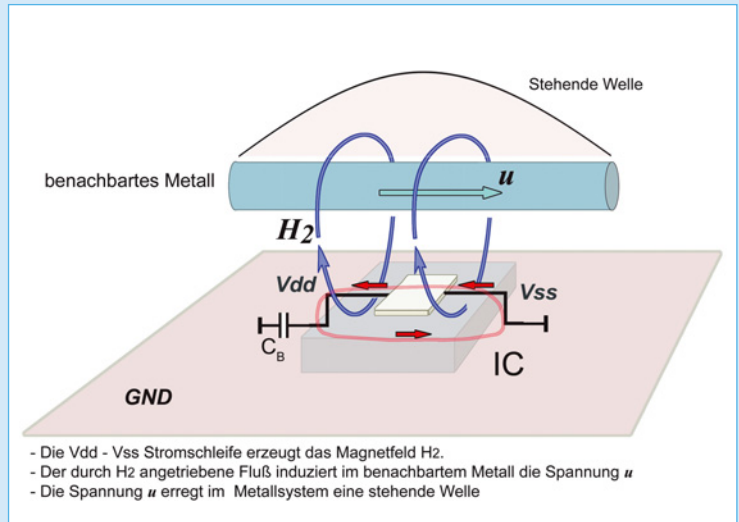


Abb. 6: Mechanismus der direkten H-Feldabgabe (H_2) vom IC und der Gegeninduktion in benachbarten Metallteilen

und Gegenmaßnahmen abgeleitet werden können. Dabei muss jeder Parameter in Verbindung mit der Anwendung den Lösungsweg für Aussendungsprobleme weisen.

Beispiel: Wenn der IC aus seinem Gehäuse besonders hohe elektrische Felder abgibt, dürfen in unmittelbarer Nähe zum IC keine metallischen Konstruktionsteile angeordnet werden. Bei der Auswahl eines IC kann das Fehlen dieser Information für ein neues Projekt – z.B. der Lenkradelektronik eines Autos – zu fatalen EMV-Folgen führen. Von der Elektronik koppelt das starke IC-Nahfeld zur Lenksäule über und regt diese zur Aussendung an. Folgen aus diesem Beispiel wären zusätzliche Aufwendungen zum Erreichen der EMV.

Aus der Sicht des IC-Anwenders ist es wichtig, die Messgrößen auf den genauen Wirkungsort (einzelne Pin) und die physikalische Größe (i, u, H, E) zu gliedern. Für den IC-Hersteller je-

doch genügt es schon, globale Größen zu verwenden, die mehrere Effekte zusammenfassen, um den einfachen Vergleich zwischen ICs herzustellen.

Strom- und Spannungsmessung nach EN 61967-4

Mit der Messanordnung in Abbildung 2 wird der Summenstrom in GND gemessen. Damit ist für den IC-Vergleich eine globale Größe geschaffen. Die Ströme der einzelnen Versorgungspins, welche für den Anwender von Interesse sind, werden nicht gemessen.

An den Vdd-Vss-Pins befindet sich ein Kondensator (C_1). Dieser leitet einen erheblichen Anteil des Summenstromes an der Messeinrichtung vorbei. Der tatsächliche Strom in der IC-Schleife bleibt somit unbekannt. Die relativ hohe Leitungsinduktivität

zwischen Pin und Shunt verringert den Stromfluss und erzeugt eine Abweichung. Abbildung 3 zeigt eine Gegenüberstellung einer Vergleichsmessung mit einer HF-gerechten Anordnung. Die Abweichung beträgt bei 100 MHz ca. 5 dB und bei 500 MHz ca. 20 dB (Messung bereits ohne C_1 !).

Die Spannungsmessung nach EN 61967-4 erfolgt mit einem Teiler $120/50 \Omega$. Die IC-Pins werden mit 150Ω belastet, um die Leiterzüge als Sendeantennen mit 150Ω Last-Impedanz darzustellen. Auf der Board-Ebene ist eine direkte elektromagnetische Aussendung des IC die Ausnahme. Vielmehr erzeugt ein maximaler Strom ein maximales H-Erregerfeld und eine maximale Spannung ein maximales E-Erregerfeld. Die Charakterisierung eines IC mit einer Kurzschluss- oder Leerlaufmessung an den Pins ist deshalb für IC-Anwender hilfreicher.

Die Vss-Pins des IC sind über Shunt und Leitungen mit der GND-Ebene verbunden. Die über der Induktivität dieser kurzen Verbindung abfallende Spannung wird der Signalspannungsmessung bei diesem Messaufbau als Fehler aufgeprägt.

Die gewonnenen Ergebnisse lassen nur die allgemeine Vergleichbarkeit von ICs zu. Für die EMV-gerechten Applikation sind höhere Anforderungen zu stellen.

Strom und Spannungsmessung nach EN 61967-6

Das oben beschriebene Messverfahren wurde in EN 61967-6 erheblich verbessert (siehe Abbildung 4). Der IC besitzt jetzt einen festen GND-Bezug. Die Strommessung erfolgt mit einer Magnetfeldsonde. Der Vorteil ist hierbei ein berührungsloses Messen auf dem Test-Board. Die Nachteile dieser Strommessung sind die hohe Lageabhängigkeit der Sonde zum IC und ihre Frequenzabhängigkeit. Z.B.

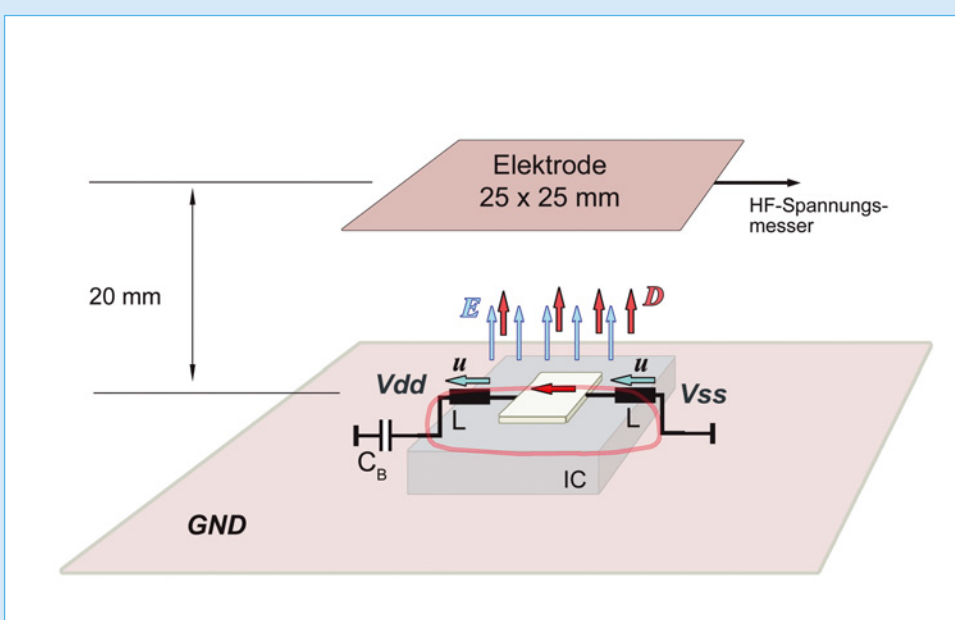


Abb. 7: Messanordnung zur Erfassung der direkten E-Feldabgabe vom IC

steigt bei niedrigen Frequenzen ihre Dämpfung auf 60 bis 80 dB an. Zudem beanspruchen Streifenleitungen viel Platz. Die Versorgungsströme der einzelnen Vdd Pins sind messbar, nicht aber die der Vss-Pins. Um die Magnetfeldsonde aufzusetzen, ist eine Stripline mit einer Gesamtleitungslänge von 25 mm erforderlich. Die Induktivität dieser Leitung wird dem IC-Strom ähnlich wie bei der 1- Ω -Methode vermindern. Praktische Erfahrungen aus dem Boardbereich zeigen, dass eine Leitungsverlängerung um 10 bis 20 mm vom Vdd-Pin bis zum ersten Blockkondensator die Störaussendung bis 10 dB absenken kann! Ein zwischen Vdd- und Vss-Pin eingeschalteter Kondensator C1 bewirkt wie bei der 1- Ω -Methode eine Nichteignung der Informationen für den IC-Anwender.

TEM-Zellen Methode nach EN 61967-2

Die TEM-Zellenmessung verfolgt die Idee einer Zusammenfassung der vom IC erzeugten Felder zu einer globalen Messgröße. Elektrische und magnetische Felder werden gemeinsam gemessen. Aus dem Blickwinkel der IC-Anwender ist es jedoch notwendig, das elektrische und das magnetische Feld getrennt zu messen. Diese Forderung beruht auf den beschriebenen Wirkungsketten von Störaussendungen und dem Ziel des IC-Anwenders, von vornherein bei der mechanischen und elektrischen Konstruktion des Gerätes eventuellen Störaussendungen entgegen zu wirken. Die TEM-Zelle kann jedoch nicht zwischen elektrischem und magnetischem Feld unterscheiden, so dass die Messergebnisse nur begrenzt verwendbar sind.

Optimierung der Messmethoden für IC-Anwender

Strom- und Spannungsmessung an den Pins

Ein Zweipol wird mit Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom charakterisiert. Eine maximale Störaussendung entsteht durch maximale Spannung (erzeugt maximales E-Feld) oder maximalen Strom (erzeugt maximales H-Feld). Eine HF-Leerlaufspannungs- und HF-Kurzschlussstrommessung für die physikalische Charakterisierung eines IC ist damit sinnvoll.

An den HF-Strommesser werden hohe Anforderungen gestellt. Der Frequenzbereich für seine Messbandbreite liegt zwischen 10 kHz und 3 GHz. 1- Ω -Shunts sind für viele Anwendungen ausreichend. Bei Vdd kleiner 5 Volt kann jedoch z.B. 0,1 Ω erforderlich werden. Weiterhin kann abgeleitet werden, dass die innere Induktivität des Strommessers kleiner

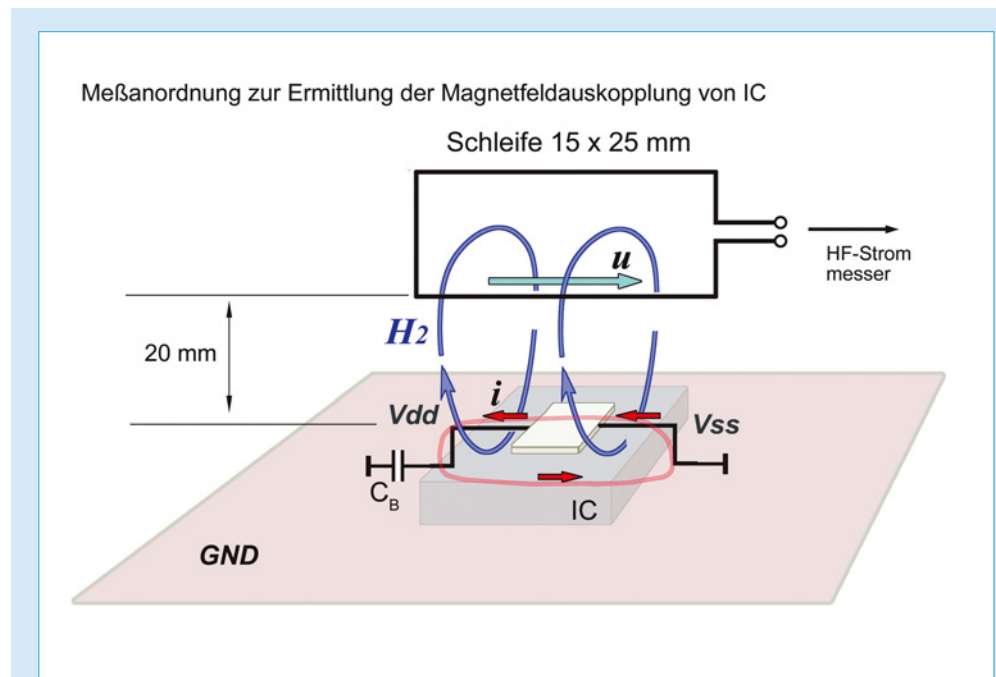


Abb. 8: Messanordnung zur Erfassung der direkten H-Feldabgabe vom IC

sein muss als die Schleifeninduktivität des IC. Dies bedeutet, dass bei angenommener Schleifeninduktivität eines IC von 10 nH die Induktivität des Strommessers etwa 1 bis 2 nH betragen darf. Wenn mehrere Versorgungspins eines IC intern HF-technisch verbunden sind, kann beim Einfügen des Strommessers mit zu hoher Induktivität und der damit verbundenen Impedanzerhöhung der HF-Strom auf andere Pins ausweichen. Der Stromweg des gesamten Messaufbaus muss daher eine extrem geringe Induktivität besitzen.

Der Messaufbau ist elektrisch kurz auszuführen, um das Messen auf stehenden Strom- und Spannungswellen zu vermeiden. Die Wellenlänge bei 3 GHz beträgt rund 10 cm. Der IC teilt sich eine entsprechend kleinere Länge mit der Messanordnung. So bleibt für die Messanordnung unter Umständen sehr wenig Spielraum. Die Messergebnisse bei einer Frequenz von 3 GHz sollten deshalb äußerst kritisch bewertet werden. Der Aussendungsmechanismus über eine E- und H-Feldanregung benachbarter Metallteile wirkt nur im Abstand kleiner $\lambda/2$.

Messung der direkten Nahfeldabgabe vom IC

In Abbildung 5 und 6 ist der Mechanismus der direkten Nahfeldabgabe gut erkennbar. Das Messverfahren wird so dargestellt, dass die reale Boardauskopplung nachbildet wird. Für die Einleitung von Gegenmaßnahmen ist die Feldart entscheidend. Das elektrische und magnetische Nahfeld muss getrennt gemessen werden. Das erfordert zwei Messgeräte. Mit folgenden Messanordnungen könnten die Informationen für den IC-Anwender ermittelt werden.

1. E-Feldmessung (siehe Abbildung 7):

Es wird vorgeschlagen eine 25x25 mm große Feldelektrode im Abstand von 20 mm vom IC anzubringen. Diese Feldelektrode wird mit einem HF-Spannungsmesser verbunden. Messgröße ist die HF-Spannung als Funktion der Frequenz.

2. H-Feldmessung (siehe Abbildung 8):

Es wird eine rechteckige Induktionsschleife mit den Abmessungen 15x25 mm im Abstand von 20 mm angeordnet. An der Induktionsschleife ist ein HF-Strommesser angeschlossen. Messgröße ist der HF-Strom als Funktion der Frequenz.

Messung der direkten Abstrahlung des IC

Die Abmessungen eines IC liegen im Bereich um 2 cm. Nehmen wir an, es steht eine Wellenlänge von $\lambda/2$ auf den metallischen Teilen des ICs. Das entspricht einer Frequenz von ca. 8 GHz. Eine Resonanzanregung des 2 cm langen ICs ist unter 3 GHz nicht möglich. Er kann aber auch als verkürzte Antenne wirksam werden und eine Direktaussendung wäre möglich. Besonders große IC-Abmessungen liegen bei ca. 5 bis 10 cm. Die 5 cm entsprechen $\lambda/2$ bei 3 GHz. Es wird eine Resonanzanregung als Grenzfall für besonders große Gehäuse wahrscheinlich.

Für die Messung der Direktaussendung wird die Messanordnung aus Abbildung 9 vorgeschlagen. Der IC wird auf eine Massefläche aufgebracht, deren mechanische Abmessungen das Vielfache der zu erwartenden größten Wellenlänge ist (Kantenlänge (b) von ca. 2 m x 2 m). Der Abstand (h) der Empfangsantenne ist mit 1 m ausreichend. Die Empfangs-

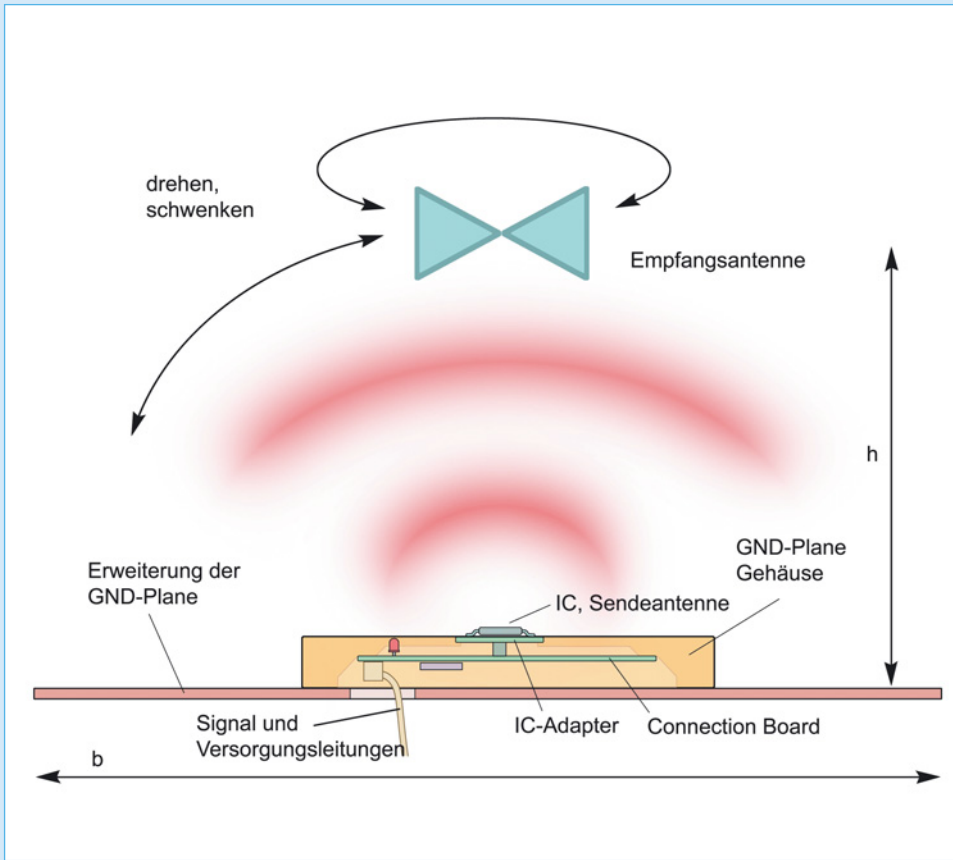


Abb. 9: Messanordnung zur Erfassung der Direktaussendung vom IC

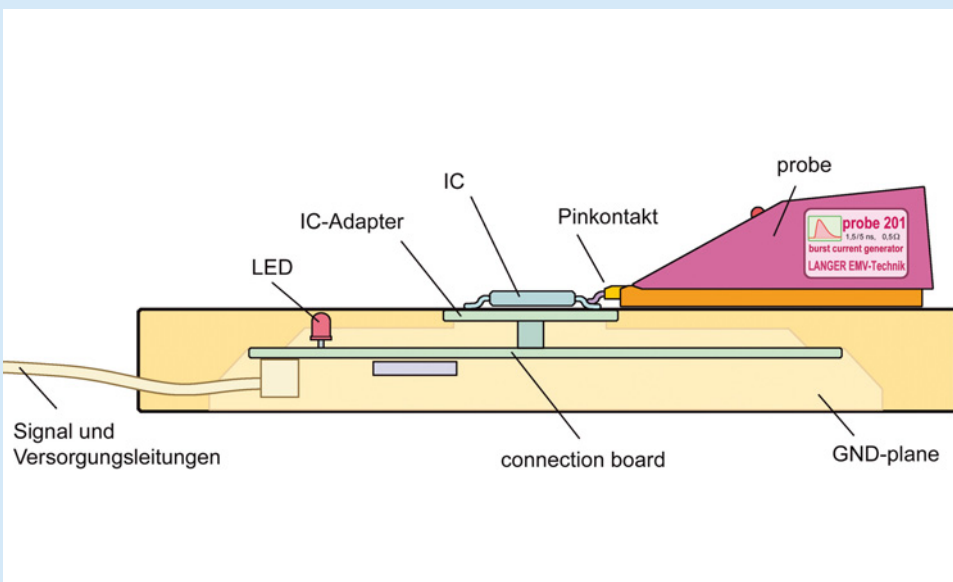
antenne sollte um ihre Achse dreh- und schwenkbar sein.

Aufbau des IC-Testboards

Die vorgeschlagenen Messmethoden zur Ermittlung physikalischer Parameter eines IC wird durch ein IC-Testboard realisiert. Es ermöglicht in Verbindung mit speziellen Probes folgende Messungen:

1. HF-Kurschlussstrom
2. HF-Leerlaufspannung
3. E-Feld im Abstand von 20 mm
4. H-Feld im Abstand von 20 mm.
5. HF-Einströmung
6. EFT-Einkopplung
7. Nahfeldmessungen auf der IC-Oberfläche

Das IC-Testboard gewährleistet eine HF-gerechte Ausführung aller Messungen. Das Aufmacherbild zeigt den Aufbau des IC-Test-



Aufbau eines IC-Testboards für EMV-Messungen aus ICs

boards. Es besteht aus einer metallischen GND Plane, in die eine Adapter-Leiterkarte mit dem Prüfling eingesetzt ist. Neben dem IC steht eine umlaufende Kontaktfläche für verschiedene Messsonden (Probes) zur Verfügung.

Die Adapter-Leiterkarte (IC-Adapter) schließt mit ihrem GND die GND-Plane der Metallscheibe. Damit ist der IC auf eine durchgehende GND-Plane aufgebracht. Der IC-Adapter nimmt die Filter und die definierten Bestückungsvarianten des IC für Leerlauf- und Kurzschlussmessungen auf. Die Versorgungs- und Signale werden über Steckverbinder auf das Connection-Board geführt.

Auf die metallische GND-Plane werden die HF-Probes aufgesetzt. Sie können beliebig verschoben werden und erreichen leicht jeden Pin. Bei Strom- oder Spannungsmessung wird der entsprechende Pin elektrisch kurz über den Pinkkontakt mit der Probe verbunden.

Für die EFT-Einkopplung steht ein EFT-Generator zur Verfügung. Seine Burst-Impulse werden über einen PC gesteuert und über eine Probe in den jeweiligen IC-Pin geleitet. Bei HF-Einströmung wird die HF über den Pinkkontakt der Probe in das IC-Pin eingeleitet. HF-Strom und Spannung werden in der Probe gemessen. Für Feldmessungen werden Probes mit entsprechenden Feldsonden verwendet. Zur Nahfeldmessung am IC (IEC 61967-3) wird eine Feldsonde mit einem Mikromanipulator auf die GND-Plane aufgesetzt. Zur Messung der Direktaussendung des IC befestigt man das Testbord auf einer großen Metallplatte und bringt eine Empfangsantenne darüber an.

Fazit

Aufgrund des nicht vorhersehbaren EMV-Verhaltens von ICs entstehen anteilmäßig steigende Kosten in der Entwicklung. Dieser Entwicklungsprozess ließe sich durch genaueres Erfassen der EMV-Eigenschaften von ICs verbessern. Die im Artikel vorgeschlagenen Messverfahren wurden gemeinsam mit IC-Herstellern erfolgreich getestet. Für die IC-Anwender stehen damit neue Möglichkeiten für eine kostengünstigere Lösung von EMV-Problemen zur Verfügung. ■

Dieser Beitrag als PDF und weiterführende Informationen (ähnliche Beiträge, technische Daten, Direktlinks zum Hersteller ect.) sind online verfügbar auf www.aud24.net

more @ click DV094502 >