

# EMV-Messungen auf IC-Ebene gemäß den Normen IEC 61967 und IEC 62132

Timm Ostermann<sup>1</sup> und Bernd Deutschmann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Linz, Institut für Integrierte Schaltungen, 4040 Linz/Austria, Tel./Fax +4373224687119/7126, oster@riic.at

<sup>2</sup> austriamicrosystems AG, 8141Schloß Premstätten, Tel./Fax +4331365005971/5755, bernd.deutschmann@austriamicrosystems.com

## Kurzfassung

*In diesem Beitrag werden die beiden Normen IEC 61967 und IEC 62132 zur Messung der Störemission bzw. Störfestigkeit von Integrierten Schaltungen näher diskutiert. Ziel dieser vom Unterkomitee 47A (Integrated Circuits) der IEC erarbeiteten Normen ist es, eine einheitliche Messumgebung zu beschreiben, um künftig vergleichende Messungen auf IC-Ebene zu ermöglichen. In diesem Beitrag werden verschiedene dieser Messmethoden diskutiert und Vor- und Nachteile angegeben. Es wird auch auf bereits bestehende Vorschläge von abgeänderten Messmethoden, die auf diesen Normen basieren, eingegangen.*

## 1 Einleitung

Das Unterkomitee 47A (Integrated Circuits) der IEC (International Electrotechnical Commission) arbeitet seit längerem bereits an der Erstellung zweier Standards zur Messung der elektromagnetischen Störemission und Störfestigkeit von Integrierten Schaltungen (IC).

In der Norm IEC 61967 [1] werden fünf verschiedene Messmethoden zur Messungen der Störemission von ICs im Frequenzbereich von 150kHz – 1GHz beschrieben, wobei sich zwei Methoden auf die Messung der direkt gestrahlten Emission und drei auf die Messung der leitungsgeführten Emission beziehen. Die in Teil 2 der Norm IEC 61967 [2] beschriebene TEM-Zellen Messmethode und die in Teil 3 beschriebene Surface Scan Messmethode [3] können zur Messung der direkt vom IC gestrahlten elektromagnetischen Emission verwendet werden. Bei den beiden Normen [2] und [3] handelt es sich jedoch noch um „work in progress“ des Unterkomitees 47A. Wohingegen die drei Methoden zur Messung der leitungsgeführten Störemission, die 1 $\Omega$ /150 $\Omega$  Methode (Teil 4 [4]), die Workbench Farady Cage Methode (Teil 5 [5]) und Magnetic Probe Messmethode (Teil 6 [6] der Norm IEC 61967), sowie der Teil 1 bereits als Norm veröffentlicht sind.

Die Norm IEC 62132 [7] beschreibt zur Zeit drei Messmethoden zur Messung der Störfestigkeit eines ICs gegenüber leitungsgeführten Störungen. Dies sind die Bulk Current Injection (BCI) Methode (Teil 3 [8]), die Direct RF Power Injection (DPI) Methode (Teil 4 [9]) und die Workbench Faraday Cage Methode (Teil 5 der Norm IEC 62132 [10]). Ein Teil 2 – die TEM-Zellen Messmethode – zur Messung der Störfestigkeit gegenüber gestrahlter Störeinkopplung existiert derzeit nur als Proposal. Die Teile 1 und 3-5 der Norm IEC 62132 sind jedoch ebenfalls noch „work in progress“ des Unterkomitees 47A.

Das Ziel dieser Normen ist es, eine einheitliche Messumgebung zu beschreiben, um künftig vergleichende Messungen auf IC-Ebene zu ermöglichen. Für vergleichende Messungen muss jedoch derzeit jeweils die gleiche Messmethode gewählt werden, da noch keine Methoden existieren, die Ergebnisse verschiedener Messverfahren ineinander überzuführen. Jede dieser Messmethoden hat jedoch ihre Vor- und Nachteile, d.h. der Anwender hat daher die Messmethode auszuwählen, die den Anforderungen seiner Aufgabe entspricht.

Ein weiteres Ziel der EMV-Messungen auf IC-Ebene sind Überlegungen, inwieweit durch die Messungen des EMV Verhaltens von ICs auf das EMV Verhalten der späteren Geräte, in die der IC eingebaut wird, geschlossen werden kann. Ist dies möglich, können dadurch Kosten sowie Entwicklungszeiten eingespart werden. Um diesen „Missing Link“ zwischen IC-Ebene und Geräte-Ebene zu überbrücken, sind jedoch noch eine Reihe von Untersuchungen notwendig, erste Ergebnisse z.B. in [11] zeigen jedoch Potential in diese Richtung. Im Bereich der EMV sind IC Hersteller bereits mit der Forderung ihrer Kunden konfrontiert, dass ihre Produkte ein „ausreichendes“ bzw. „entsprechendes“ EMV-Verhalten besitzen müssen. Hierbei wird zur Ermittlung dieses EMV-Verhaltens davon ausgegangen bzw. gefordert, die Normen auf Systemebene anzuwenden. Diese Normen stellen jedoch sehr hohe Ansprüche an die ICs dar und es muss daher die Frage erlaubt sein, inwieweit dies notwendig bzw. sinnvoll ist und inwieweit „abgeschwächte“ auf IC-Ebene umgesetzte Forderungen verwendbar sind.

## 2 Diskussion der Norm IEC 61967

Als erstes soll zunächst die TEM-Zellen Messmethode gemäß IEC 61967-2 [2] diskutiert werden. Bei dieser Messmethode wird ein IC auf eine spezielle Prüfplatine (nach [1]) in der Art montiert, dass sich der IC auf der einen Seite und sämtliche anderen Schaltungsteile auf der anderen Seite befinden (siehe Abb. 1).

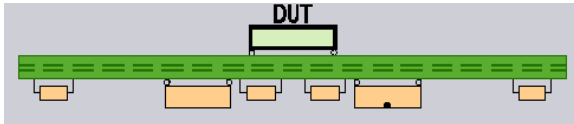


Abb.1 Prüfplatine für die TEM-Zelle

Die Prüfplatine wird nun in einer Öffnung der TEM-Zelle derart befestigt, so dass sich der IC innerhalb der TEM-Zelle befindet und die Prüfplatine Teil der Wand der TEM-Zelle wird (Abb.2).



Abb. 2 TEM-Zelle mit Prüfplatine

In der Norm wird nicht explizit vorgeschrieben eine geschirmte Umgebung zu verwenden, jedoch wird in [1] beschrieben, dass der niedrigste noch zu messende Emissionslevel um mindestens 6dB über dem in der Umgebung bereits vorhandenen Emissionslevel liegen sollte. Hierzu wird vorgeschlagen die TEM-Zelle zusammen mit Prüfplatine und IC zu vermessen, ohne jedoch den IC zu aktivieren, also z.B. ohne Anlegen der Versorgungsspannung.

Die TEM-Zellen Messmethode ist eine sehr interessante und recht einfach zu implementierende Messmethode, jedoch sind einige Dinge zu beachten. Da der Abstand der emittierenden Quelle (also des ICs) vom Septum einen direkten Einfluss auf die zu messende Emission hat, schlägt die Norm vor eine einheitliche TEM-Zelle mit 4,5cm Abstand zwischen Wand und Septum zu verwenden. Dadurch, dass jedoch verschiedene Gehäuse verschiedene Baugrößen besitzen, ist der tatsächliche Abstand zwischen Silizium-Die und Septum variierend, je nach Wahl des Gehäuses. Dies muss entsprechend im Prüfbericht vermerkt werden. Für vergleichende Messungen zwischen unterschiedlichen ICs muss ebenfalls beachtet werden, dass die Lage der Leitungen auf dem IC relativ zur Ausrichtung des Septums der Zelle einen Einfluss auf die magnetische Einkopplung besitzt. Daher sollte mindestens jeweils eine Messung mit einer um 90° gedrehten Prüfplatine durchgeführt werden. Allgemein lässt sich sagen, dass im Prüfbericht sehr sorgfältig der gesamte Prüfaufbau

beschrieben werden muss, um die Möglichkeit einer Wiederholbarkeit der Messung mit gleichen/ähnlichen Ergebnissen zu gewährleisten. Hierzu gehört auch u.a. die Umgebungstemperatur, da dieser Einfluss auf die Funktion der Schaltung (z.B. über die Einsatzspannung der FETs) besitzt und damit auf die Emission der Schaltung.

Bei der in der Norm IEC 61967-3 [3] beschriebenen Surface Scan Messmethode wird das magnetische und das elektrische Nahfeld mittels einer Sonde direkt über der Oberfläche des ICs gemessen und entsprechend ausgewertet. Als Ergebnis liefert der Surface Scan somit die Feldstärkeverteilung an der Oberfläche des ICs (siehe z.B. Abb. 3). Der große Vorteil dieser Messmethode ist daher die Lokalisierung der Bereiche am IC mit verstärkter Störemission.

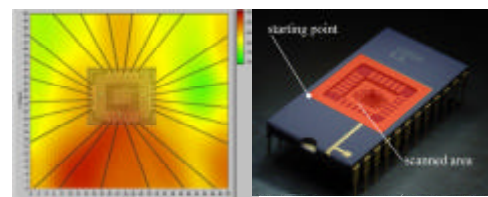


Abb. 3 Surface Scan (Magnetfeld) eines ICs

Ein Problem bei der Surface Scan Messmethode stellt die Positionierung der Probe über der Oberfläche dar. Da der Abstand der Probe Einfluss auf die Messung hat, sollte die Probe sehr nahe über die Oberfläche geführt werden. Jedoch muss gewährleistet sein, dass dann der IC plan zur Probeführung liegt und die Probe nicht in der Bereich der Bond-Wire/Gehäuse geführt wird, da es hier aufgrund der Lage des Die im Gehäuse zu Kollisionen kommen kann. Im Labor der austriamicrosystems AG wird zur Positionierung der Probe über dem Die ein adaptierter Micropositioner verwendet (Abb. 4).

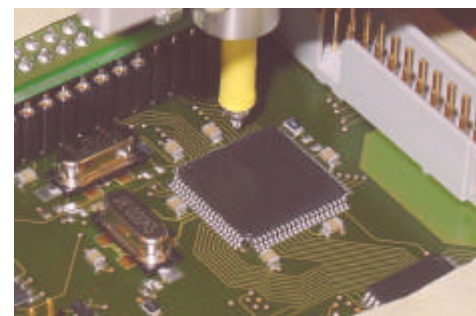


Abb. 4 Micropositioner mit H-Feld Probe

Ein weiterer Nachteil der Surface Scan Messmethode liegt in dem relativ zeitaufwändigen Scannen der gesamten Oberfläche über den gesamten Frequenzbereich. Daher bietet sich eine kombinierte Methode zusammen mit der TEM-Zellen Messmethode an, bei der zunächst mit der TEM-Zelle der gesamte Frequenzbereich gemessen wird und anschließend mit dem Surface Scan nur in einem sehr schmalen

Frequenzbereich, in dem die Störung auftritt der Ort der Störung ermittelt wird, siehe hierzu z.B. [12].

In Teil 4 der Norm wird die  $1\Omega/150\Omega$  Messmethode beschrieben [4]. Bei dieser Methode handelt es sich um eine Messmethode zur Messung von leitungsgeführten Emissionen. Bei der  $1\Omega$  Messmethode wird der Spannungsabfall über den  $1\Omega$  Widerstand eines HF-Stromastkopfes gemessen, der in der Masseleitung der Schaltung eingebracht wird. Der genaue Aufbau des HF-Stromastkopfes wird in [4] vorgeschlagen, sowie zusätzlich eine entsprechende Prüfanordnung zur Kontrolle der Eignung des entsprechenden Kopfes und zur Kalibrierung. Für diesen Messkopf wird jedoch ein  $1\Omega$  Widerstand (im Bereich 150kHz-1GHz!) benötigt. Es besteht natürlich auch die Möglichkeit diesen  $1\Omega$  Widerstand in der Testplatine zu integrieren. In beiden Fällen muss der Widerstand jedoch im gesamten Frequenzbereich den Wert  $1\Omega$  halten. Häufig wird hier argumentiert, dass ja der Widerstand charakterisiert werden und dann entsprechend die Änderung über die Frequenz berücksichtigt werden kann. Jedoch ist das Problem, dass die Schaltung direkt auf den Widerstandseinfluss reagiert und aufgrund des Spannungsabfalls sich dadurch das Emissionsverhalten des ICs verändern kann. Daher ist eine entsprechende Berücksichtigung bzw. nachträgliche Korrektur des Messergebnisses nicht trivial und fragwürdig.

Bei der  $150\Omega$  Methode wird ein oder mehrere Ausgangspins des ICs mit  $150\Omega$  belastet. Diese Messmethode sollte jedoch nur für Ausgangspins angewendet werden, die in der späteren Schaltung direkt an eine längere Leitung ( $>10\text{cm}$ ) angeschlossen werden. Die  $150\Omega$  Last stellt für diese Anschlüsse eine typische Antennenlast dar. Der Aufbau des  $150\Omega$  Anpassnetzwerkes ist in der Norm beschrieben [4]. Jedoch muss bei dieser Messmethode berücksichtigt werden, dass sich die Form des Ausgangssignals durch die Belastung des Anpassnetzwerkes verändern kann und es daher zu erhöhten Messergebnissen kommen kann. Eine ausführlichere Betrachtung hierzu ist z.B. in [13] gegeben.

Mit der in Teil 5 [5] beschriebenen Workbench Faraday Cage Messmethode können leitungsgeführte Störemissionen gemessen werden, die aufgrund von Gleichtaktspannungen bzw. -strömen hervorgerufen werden [1].

Bei der Magnetic Probe Messmethode, die im Teil 6 der Norm IEC 61967 [6] beschrieben wird, wird eine Magnetic Probe über eine Signalleitung positioniert und das magnetische Feld über dieser Leitung gemessen. Der genaue Aufbau der Probe ist in der Norm [6] angegeben, ein Beispiel ist in Abb. 5 dargestellt. Mit der Magnetic Probe Messmethode kann also ebenfalls die leitungsgeführte Störemission gemessen werden. Der Vorteil gegenüber der  $150\Omega$  Messmethode ist das Nichtvorhandensein eines

Anpassungsnetzwerkes und damit eine sehr geringe Beeinflussung der Signalform des Ausgangssignals. Weiter ist es möglich den IC direkt in seiner späteren Applikation (Platine) zu messen. Etwas aufwendig gestaltet sich jedoch die genaue Positionierung der Probe und die Ausführung/Fertigung der Probe an sich. In [14] wird daher ein interessantes vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, wie mit Hilfe der TEM-Zelle anstatt der Magnetic Probe ebenfalls die leitungsgeführte Störemission gemessen werden kann. Genauere weiterführende Untersuchungen hinsichtlich eines Vorschlages zur Normierung sind bisher noch nicht veröffentlicht. Jedoch zeigt diese Methode entsprechendes Potential, wobei die bereits erwähnten potentiellen Probleme der TEM-Zelle berücksichtigt werden müssen.



Abb. 5 Beispiel einer Magnetic Probe

### 3 Diskussion der Norm IEC 62132

In der Norm IEC 62132 werden derzeit drei Messmethoden zur Messung der Störfestigkeit Integrierter Schaltungen gegenüber leitungsgeführten Störungen beschrieben [7-10]. Zur Zeit werden in dieser Norm jedoch nur die Prüfmethode hinsichtlich RFI (radio frequency interference) berücksichtigt. D.h. es wird nur hinsichtlich continuous wave und amplitudenmodulierten HF Signalen gemessen. Eine Bewertung der Störfestigkeit hinsichtlich transients Störungen (wie z.B. Burst, ESD, Load Dump, ...) ist derzeit noch vorgesehen, ein Vorschlag hierzu findet sich z.B. in [15]. Das generelle Problem bei der Messung der Störfestigkeit einer Schaltung ist die Überprüfung bzw. Bestimmung der Situation bei der eine einwandfreie Funktion der Schaltung aufgrund einer gegebenen Störung nicht mehr gewährleistet werden kann. Allgemein werden in Teil 1 der Norm 4 Klassen der Störfestigkeit festgelegt:

- A: Normale Funktionsweise innerhalb der Spezifikation
- B: Temporäre Beeinträchtigung oder Ausfall der Funktion oder Performance, jedoch hebt sich diese von selbst wieder auf, wenn die Messung weiter zu anderen Frequenzen wechselt
- C: Temporäre Beeinträchtigung oder Ausfall der Funktion oder Performance, die zur Behebung den Eingriff eines Operators oder einen System Reset benötigt

- D: Beeinträchtigung oder Ausfall der Funktion oder Performance die nicht mehr umkehrbar aufgrund der Zerstörung des ICs oder dem Verlust von Daten

Aufgrund der Problematik bzgl. der Bestimmung der Störfestigkeitsklasse wird in [16] eine zur Direct RF Power Injection Messmethode abgewandelte Messmethode (Teil 4 [9]) vorgeschlagen, bei der das demodulierende Verhalten eines ICs untersucht wird. Hierbei wird im Spektrum eines Ausgangspins die Amplitude bei 1 kHz gemessen und als Maß für die Störfestigkeit herangezogen. Je höher die Amplitude und damit das demodulierende Verhalten des ICs ist, desto niedriger ist sein Störfestigkeitslevel.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Die in den Normen IEC 61967 und IEC 62132 vorgeschlagenen Messmethoden zur Messung des Störemission bzw. Störfestigkeit haben jeweils ihre Vor- und Nachteile. Der Anwender muss für die jeweilige Anwendung entscheiden, welche Messmethode am geeignetsten ist. Aufgrund diverser Einflussgrößen ist ein genauer und detaillierter Prüfbericht zwingend notwendig für vergleichende Messungen. Hinsichtlich der Beurteilung des EMV Verhaltens von ICs für ihren späteren Einsatz in Geräten sind noch eine Reihe weiterführender Untersuchungen notwendig.

#### 5 Literatur

- [1] IEC 61967-1 Ed. 1.0: "Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part 1: General conditions and definitions", Validity date: 31 December 2012
- [2] IEC 61967-2, "Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part 2: Measurement of radiated emissions, TEM-cell method and wideband TEM-cell method (150 kHz to 8 GHz)", 47A/673/CD
- [3] IEC 61967-3: "Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part 3: Measurement of radiated emissions, surface scan method (10 kHz to 3 GHz)", 47A/674/CD
- [4] IEC 61967-4, Ed. 1.0: "Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part 4: Measurement of conducted emissions - 1Ω/150Ω direct coupling method", Validity date: 31 December 2008
- [5] IEC 61967-5, Ed. 1.0: "Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part 5: Measurement of conducted emissions -

Workbench Faraday Cage method", Validity date: 1 February 2008

- [6] IEC 61967-6, Ed. 1.0: "IEC 61967-6: Integrated circuits, Measurement of Electromagnetic Emissions, 150 kHz - 1 GHz - Part 6: Measurement of conducted emissions, Magnetic probe method", Validity date: 31 December 2008
- [7] IEC 62132-1, Ed. 1: Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity, 150 kHz to 1 GHz - Part 1: General and definitions, 47A/662/CD
- [8] IEC 62132-3: Integrated circuits, immunity test to narrowband disturbances by Bulk Current Injection (BCI), 10kHz - 400 MHz, 47A/670/CD
- [9] IEC 62132-4: Direct RF power injection to measure the immunity against conducted RF-disturbances of Integrated circuits up to 1 GHz, 47A/658/CD
- [10] IEC 62132-5: Integrated circuits, Measurement of electromagnetic immunity - Part 5: Measurement of conducted immunity - Workbench Faraday cage method, 47A/658/CD
- [11] G. Winkler, B. Deutschmann, K. Lamedschwandner und T. Ostermann, „Störemission Integrierter Schaltungen im Vergleich zur Störstrahlung elektronischer Geräte“, Proc. Informationstagung Mikroelektronik 2003, pp. 221-226
- [12] T. Ostermann and B. Deutschmann, „TEM-cell and surface scan to identify the electromagnetic emission of integrated circuits“, Proceedings of the 13th ACM Great Lakes Symposium on VLSI 2003, Wasington, D. C., USA, pp. 76-79, April 2003.
- [13] B. Deutschmann, G. Winkler, R. Jungreithmair, "Measuring the electromagnetic emissions of integrated circuits with IEC 61967-4 (The measuring method and its weaknesses)", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility 2002, August 19-23, 2002 Minneapolis/St. Paul, USA
- [14] F. Fiori, F. Mugolino, "Comparison of IC conducted emission measurement methods", IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, Vol. 52, No. 3, June 2003, pp. 839-845
- [16] B. Deutschmann, G. Langer und G. Auderer, „Neue Burst-Generatoren zur Prüfung der Störfestigkeit von Integrierten Schaltungen“, Tagungsband Austrochip 2003, pp. 9-12
- [15] B. Deutschmann and T. Ostermann, „Direct Power Injection (DPI) to Measure the Immunity of Integrated Circuits Against Conducted Disturbances“, 9th International Mixed-Signal Testing Workshop (IMSTW) , pp. 264-267, June 2003