

Sondensatz
Near-Field Probe Set
HZ 540 / HZ 550

Handbuch / Manual

Deutsch / English



**HAMEG**
Instruments**KONFORMITÄTSERKLÄRUNG****Hersteller:** HAMEG Instruments GmbH
Industriestraße 6
D-63533 Mainhausen**Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt****Bezeichnung:** Nahfeldsonde**Typ:** HZ540 / HZ550
mit: –
Optionen: –**mit den folgenden Bestimmungen:****EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG****Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG****Angewendete harmonisierte Normen:****Sicherheit:****EN 61010-1:1993 / IEC (CEI) 1010-1:1990 A1: 199 / VDE 0411: 1994****Überspannungskategorie II
Verschmutzungsgrad: 2****Elektromagnetische Verträglichkeit:****EN 50082-2: 1995 / VDE 0839 T82-2
ENV 50140: 1993 / IEC (CEI) 1004-4-3: 1995 / VDE 0847 T3
EN 50141: 1993 / IEC (CEI) 1000-4-6 / VDE 0843 / 6****EN 61000-4-2: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-2: 1995 / VDE 0847 T4-2: Prüfschärfe = 2****EN 61000-4-4: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-4: 1995 / VDE 0847 T4-4: Prüfschärfe = 3****EN 50081-1: 1992 / EN 55011: 1991 / CISPR11: 1991 / VDE0875 T11: 1992****Gruppe = 1,
Klasse = B****Datum: 1.6.2007****Unterschrift****Holger Asmussen
Manager****Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung**

HAMEG Messgeräte erfüllen die Bestimmungen der EMV Richtlinie. Bei der Konformitätsprüfung werden von HAMEG die gültigen Fachgrund- bzw. Produktnormen zu Grunde gelegt. Sind unterschiedliche Grenzwerte möglich, werden von HAMEG die härteren Prüfbedingungen angewendet. Für die Störaussendung werden die Grenzwerte für den Geschäfts- und Gewerbebereich sowie für Kleinbetriebe angewandt (Klasse 1B). Bezüglich der Störfestigkeit finden die für den Industriebereich geltenden Grenzwerte Anwendung.

Die am Messgerät notwendigerweise angeschlossenen Mess- und Datenleitungen beeinflussen die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte in erheblicher Weise. Die verwendeten Leitungen sind jedoch je nach Anwendungsbereich unterschiedlich. Im praktischen Messbetrieb sind daher in Bezug auf Störaussendung bzw. Störfestigkeit folgende Hinweise und Randbedingungen unbedingt zu beachten:

1. Datenleitungen

Die Verbindung von Messgeräten bzw. ihren Schnittstellen mit externen Geräten (Druckern, Rechnern, etc.) darf nur mit ausreichend abgeschirmten Leitungen erfolgen. Sofern die Bedienungsanleitung nicht eine geringere maximale Leitungslänge vorschreibt, dürfen Datenleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Ist an einem Geräteinterface der Anschluss mehrerer Schnittstellenkabel möglich, so darf jeweils nur eines angeschlossen sein.

Bei Datenleitungen ist generell auf doppelt abgeschirmtes Verbindungskabel zu achten. Als IEEE-Bus Kabel ist das von HAMEG beziehbare doppelt geschirmte Kabel HZ72 geeignet.

2. Signalleitungen

Messleitungen zur Signalübertragung zwischen Messstelle und Messgerät sollten generell so kurz wie möglich gehalten werden. Falls keine geringere Länge vorgeschrieben ist, dürfen Signalleitungen (Eingang/Ausgang, Signal/Steuerung) eine Länge von 3 Metern nicht erreichen und sich nicht außerhalb von Gebäuden befinden. Alle Signalleitungen sind grundsätzlich als abgeschirmte

Leitungen (Koaxialkabel - RG58/U) zu verwenden. Für eine korrekte Masseverbindung muss Sorge getragen werden. Bei Signalgeneratoren müssen doppelt abgeschirmte Koaxialkabel (RG223/U, RG214/U) verwendet werden.

3. Auswirkungen auf die Geräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaues über die angeschlossenen Kabel und Leitungen zu Einspeisung unerwünschter Signalanteile in das Gerät kommen. Dies führt bei HAMEG Geräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung. Geringfügige Abweichungen der Anzeige – und Messwerte über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten.

HAMEG Instruments GmbH

English 20

Deutsch

Konformitätserklärung 2

Allgemeine Hinweise zur CE-Kennzeichnung 2

Nahfeld-Sonden HZ540 / HZ550 4

Technische Daten 5

Wichtige Hinweise 6

Sicherheit 6

Betriebsbedingungen 6

Verwendete Symbole 6

Gewährleistung und Reparatur 6

Inbetriebnahme 7

Allgemeines 8

EMV-Probleme in der Praxis 12

Praxisorientierte Auswahl von Signalleitungsfiltern 13

Messung der Schirmdämpfung von Abschirmgehäusen 17

Commonly asked questions 36

Sondensatz HZ540 / HZ550



für die EMV-Diagnose

H-Feld Sonde zum lokalisieren von Störquellen

Hochimpedanzsonde zur Untersuchung von Störpegeln

E-Feldsonde zur Beurteilung von
Abschirm- und Filtermaßnahmen

Sondensatz
HM530



Sondensatz
HM540



TECHNISCHE DATEN

bei 23 °C nach einer Aufwärmzeit von 30 Minuten

HZ551 E-Feld-Sonde

Frequenzbereich:	<1 MHz bis ca. 3 GHz
Richtwirkung:	Omnidirektional Empfindlich für elektrische Felder
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V / 80 mA

HZ552 H-Feld-Sonde

Frequenzbereich:	<30 MHz bis ca. 3 GHz wie Rahmenantenne;
Richtwirkung:	Empfindlich für veränderliche magnetische Felder
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V / 80 mA

HZ553 Hochimpedanzsonde

Frequenzbereich:	<1 MHz bis ca. 3 GHz
Eingangskapazität:	<2 pF ca. 250 kΩ
Teilungsverhältnis:	im Bereich ca. 10 : 1 bis 30 : 1
Max. Eingangsspannung:	10 V _{SS}
Max. Spannung eines unisolierten Leiters	30 V
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6 V / 80 mA

HZ554 µH-Feld-Sonde

Frequenzbereich:	<50 MHz bis ca. 3 GHz
Richtwirkung:	Empfindlich für veränderliche magnetische Felder Hohe räumliche Auflösung durch kleinen Sensor

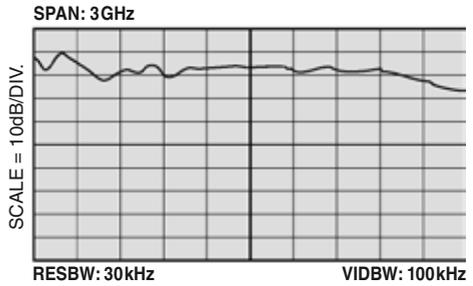
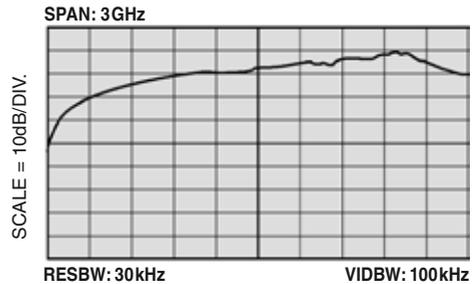
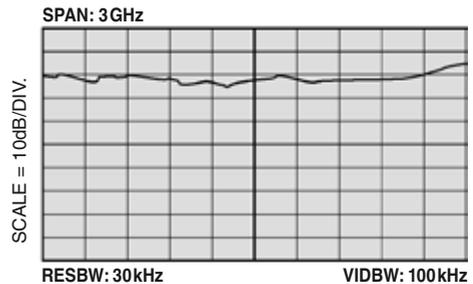
Max. Spannung eines unisolierten Leiters:	30 V
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6V 80mA

HZ555 Niedrig-Kapazitive-Sonde

Frequenzbereich:	ca. 250 kHz bis 3 GHz
Eingangskapazität:	<0,2 pF ca. 250 kΩ
Teilungsverhältnis:	10 : 1
Max. Eingangsspannung:	5 V _{SS}
Max. Spannung eines unisolierten Leiters:	30 V
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss
Spannungsversorgung:	6V 80mA

HZ556 Einstrahlsonde

Frequenzbereich:	<50 MHz bis ca. 3 GHz wie Rahmenantenne; passiv
Richtwirkung:	Empfang und Abstrahlung magnetischer Wechselfelder
Max. Eingangsleistung:	0,5 W (kurzzeitig)
Ausgangsimpedanz:	50 Ω; SMA-Anschluss

E-Feld-Sonde (typischer Frequenzverlauf)**H-Feld-Sonde (typischer Frequenzverlauf)****Hochimpedanz Sonde
(typischer Frequenzverlauf)****Verschiedenes**

Abmessungen (L x B x H): 13 x 27 x 70 mm

[+ Antennenstab bei HZ551]

Versorgungsspannung aus HAMEG-Spektumanalysatoren
oder optionalem Netzteil (außer HZ556) Versorgungskabel ist
fest an Sonde angeschlossen.

Lieferumfang:

HZ540 (Basissatz) = 1x HZ551; 1x HZ552; 1x HZ553;
1x SMA/BNC-Kabel 1,2m; Stabiler Transportkoffer; Manual
HZ550 = wie Basissatz HZ540 zzgl. 1x HZ554 + 1x HZ556 +
1x SMA/N-Kabel

Wichtige Hinweise

Sofort nach dem Auspacken sollten die Sonden auf mechanische Beschädigungen und lose Teile im Innern überprüft werden. Falls ein Transportschaden vorliegt, ist sofort der Lieferant zu informieren. Die Sonden dürfen dann nicht in Betrieb gesetzt werden.

Sicherheit

Die Sonden haben das Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Sie entsprechen damit auch den Bestimmungen der europäischen Norm EN 61010-1 bzw. der internationalen Norm IEC 1010-1. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muss der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in dieser Bedienungsanleitung, im Testplan und in der Service-Anleitung enthalten sind.

Wenn anzunehmen ist dass ein gefahrloser Betrieb nicht mehr möglich ist, so sind die Sonden außer Betrieb zu setzen und gegen unabsichtlichen Betrieb zu sichern. Diese Annahme ist berechtigt,

- wenn die Sonden sichtbare Beschädigungen hat,
- wenn die Sonden lose Teile enthalten,
- wenn die Sonden nicht mehr arbeiten,
- nach längerer Lagerung unter ungünstigen Verhältnissen (z.B. im Freien oder in feuchten Räumen),
- nach schweren Transportbeanspruchungen (z.B. mit einer Verpackung, die nicht den Mindestbedingungen von Post, Bahn oder Spedition entspricht).

Grundsätzlich ist die Messung an spannungsführenden Schaltungsteilen mit Spannungen höher als 30V mit den Sonden nicht zulässig. Da zu einem erheblichen Teil am geöffneten Gerät gemessen wird, ist Voraussetzung, dass der Benutzer mit den dabei auftretenden Gefahren vertraut ist. Netzbetriebene Geräte müssen bei der Messung über einen Sicherheitstrenntransformator galvanisch vom Netz getrennt werden (erdfrei).

Betriebsbedingungen

Die zulässige Umgebungstemperatur während des Betriebs reicht von +5°C... +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen -20°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, müssen die Messbrücke ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor sie in Betrieb genommen werden. Die Messbrücke ist zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Die Betriebslage ist beliebig.

Verwendete Symbole



Achtung –
Bedienungsanleitung beachten



Vorsicht Hochspannung



Erdanschluss

Gewährleistung und Reparatur

Jede Sonde durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen Qualitätstest.

Bei Beanstandungen innerhalb der gesetzlichen Gewährleistungsfrist wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie Ihr HAMEG Produkt erworben haben. Für die Abwicklung von Reparaturen innerhalb der Gewährleistungsfrist gelten unsere Gewährleistungsbedingungen, die im Internet unter <http://www.hameg.com> eingesehen werden können.

Nur für die Länder der EU:

Um den Ablauf zu beschleunigen, können Kunden innerhalb der EU die Reparaturen auch direkt mit HAMEG abwickeln. Auch nach Ablauf der Gewährleistungsfrist steht Ihnen der HAMEG Kundenservice für Reparaturen zur Verfügung.

Return Material Authorization (RMA):

Bevor Sie ein Gerät an uns zurücksenden, fordern Sie bitte in jedem Fall per Internet: <http://www.hameg.com> oder Fax eine RMA-Nummer an. Sollte Ihnen keine geeignete Verpackung zur Verfügung stehen, so können Sie einen leeren Originalkarton über den HAMEG-Service (Tel: +49 (0) 6182 800 500, E-Mail: service@hameg.com) bestellen.

Inbetriebnahme

Die Spannungsversorgung der Sonden erfolgt direkt aus den HAMEG Spektrumanalysatoren. Wird ein anderer Spektrumanalysator, ein Oszilloskop oder ein Messempfänger für die Messungen verwendet, so erfolgt die Versorgung durch ein optional lieferbares Netzteil.

Der Anschluß der Sonden an Spektrumanalysator, Meßempfänger oder Oszilloskop erfolgt durch ein mitgeliefertes SMA-BNC-Kabel. Dies ermöglicht im Allgemeinen genügend Spielraum für die notwendigen Messungen. Sollte aus besonderen Gründen ein längeres Kabel verwendet werden, sind Abweichungen des Amplitudenganges bei höheren Frequenzen möglich.

Im Normalfall werden die Sonden in Verbindung mit einem Spektrumanalysator betrieben. Diese Geräte besitzen üblicherweise eine Eingangsimpedanz von 50Ω . Dadurch ist ein korrekter Abschluss der Sonden gewährleistet. Wird ein Oszilloskop oder ein Messempfänger mit abweichendem Eingangswiderstand angeschlossen, so ist unbedingt auf korrekten Abschluss der Sonden zu achten. Ansonsten ergeben sich erhebliche, nicht abschätzbare Beeinflussungen des Frequenzganges.

Die Sonden sind auf Grund Ihrer elektrischen Charakteristika für unterschiedliche Prüfungen vorgesehen. Die E-Feld-Sonde wird im Allgemeinen für Messungen im Abstand von 1 m bis 1,5 m vom zu untersuchenden Objekt eingesetzt. Die dabei ermittelten Störfrequenzen lassen sich mit der H-Feld-Sonde im Nahbereich der Störquelle lokalisieren. Die Hochimpedanzsonde ermöglicht anschließend die exakte Eingrenzung der Störquelle und die gezielte Beurteilung der getroffenen Maßnahmen.

Die E-Feld-Sonde ist auf Grund Ihrer Eigenschaften nicht für Messungen innerhalb eines Gerätes oder direkt an spannungsführenden Teilen einer Schaltung vorgesehen. Elektrischer Kontakt der Antenne mit spannungsführenden Schaltungsteilen (DC max. 20 V; AC max. +10 dBm) kann zur Zerstörung des eingebauten Vorverstärkers führen. Die genannten Grenzwerte gelten auch für die Hochimpedanzsonde, hier ist jedoch

elektrischer Kontakt für die Messung im Rahmen der vorgegebenen Grenzwerte vorgesehen.

Sicherheitshinweis!



Grundsätzlich ist die Messung an spannungsführenden Schaltungsteilen mit Spannungen höher als 30V mit den Sonden nicht zulässig. Da zu einem erheblichen Teil am geöffneten Gerät gemessen wird, ist Voraussetzung, daß der Benutzer mit den dabei auftretenden Gefahren vertraut ist. Netzbetriebene Geräte müssen bei der Messung über einen Sicherheitstrenntransformator galvanisch vom Netz getrennt werden (erdfrei).

Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass mit den Sonden keine quantitativen Messungen durchgeführt werden können. Eine auf den Mess-Ergebnissen direkt beruhende Berechnung der Störstrahlung zur Verwendung bei Abnahmeuntersuchungen ist nicht möglich. Der Sondensatz ist als Hilfsmittel zur qualitativen Erfassung von Störfrequenzen im Rahmen von entwicklungsbegleitenden Messungen entwickelt worden. Die Aussagekraft der erzielten Meßergebnisse ist stark von den jeweiligen Randbedingungen der Messungen abhängig.

Allgemeines

Entwickler und Hersteller von elektrischen und elektronischen Geräten sind verpflichtet, die Verträglichkeit der eigenen Geräte im Sinne der EMV-Richtlinie sicherzustellen. Die Erkenntnis, Störsicherheit lässt sich nicht durch nachträgliche Prüfung erzielen, sondern muss über alle Stufen einer Entwicklung erarbeitet werden, steht außer Frage. Dabei muss EMV nicht teuer sein.

Einfache Hilfsmittel für den Bereich der entwicklungsbegleitenden Messtechnik halten Aufwand und Kosten für die EMV-Sicherheit in einem überschaubaren Rahmen. HAMEG bietet für diese Untersuchungen kostengünstige Geräte für die EMV-Pre-Compliance Messtechnik an. HAMEG Spektrumanalysatoren, Netznachbildungen und Nahfeldmesssonden für den Einsatz bei der entwicklungsbegleitenden EMV-Messtechnik bieten die richtige Hilfestellung wenn es darum geht, schnell und kostengünstig nachprüfbar Ergebnisse zu erzielen.

Eigenschaften der Sonden

Die nach ergonomischen Gesichtspunkten ausgewählte Sondenform lässt sich gut handhaben. Auf Grund der geringen Baugröße sind auch Messungen an ungünstig zugänglichen Stellen möglich. Die Spannungsversorgung der Sonden erfolgt direkt aus einem HAMEG Spektrumanalysator. Lösungen zur Spannungsversorgung bei Verwendung von Geräten anderer Hersteller sind optional als Zubehör vorhanden. Die Sonden haben eine Ausgangsimpedanz von 50 Ohm und lassen sich sowohl an Spektrumanalysatoren, Messempfängern und Oszilloskopen verwenden.

EMV-Nahfeldsondensätze HZ540 und HZ550

HAMEG Nahfeld-Sondensätze für die EMV-Pre-compliance-Messtechnik bestehen aus verschiedenen Breitbandsonden mit unterschiedlicher Empfangscharakteristik. Die Sonden werden in Verbindung mit Spektrumanalysatoren, Messempfängern oder Oszilloskopen zur qualitativen Erfassung elektromagnetischer Strahlung eingesetzt. Sie dienen vor allem zur Diagnose von Störemissionen auf Leiterplatten, von integrierten Schaltungen, Kabeln, Leckstellen in Schirmungen

und ähnlichen Störstrahlungsquellen. Die HAMEG Sondensätze HZ540 und HZ550 sind entsprechend der gewünschten Aufgabenstellung unterschiedlich zusammengestellt.

Die Sondensätze enthalten in der Basisausstattung eine aktive Magnetfeldsonde, einen aktiven E-Feld-Monopol und eine aktive Hochimpedanzsonde. Abweichend vom Basissatz HZ540 ist der HZ550 um zusätzliche Sonden wie eine μH -Feld-Sonde und eine passive Einstrahlsonde erweitert.

Beschreibung der Sonden

E-Feld-Sonde HZ551

Die E-Feld-Sonde hat die höchste Empfindlichkeit der zum Einsatz kommenden Sonden und nimmt Störstrahlungen im gesamten spezifizierten Frequenzbereich omnidirektional auf. Sie wird verwendet, um die Gesamtabstrahlung einer Baugruppe oder eines Gerätes zu erfassen und ermöglicht, sich einen ersten Überblick des Störspektrums zu verschaffen. So dient die Sonde z. B. dazu, um ein Ergebnis einer EMV-Prüfung durch einen Dienstleister nachzuvollziehen, oder einfach die Wirkung von Abschirmmaßnahmen zu prüfen. Ferner kann man mit der E-Feld-Sonde Relativmessungen zu Abnahmeprotokollen durchführen. Üblicherweise wird die Messung mit dieser Sonde in einem Abstand von ca. 1m vom Messobjekt durchgeführt.

H-Feld-Sonde HZ552

Die mit der E-Feld-Sonde ermittelten Störfrequenzen lassen sich dann mit der H-Feld-Sonde im Nahbereich der Störquelle lokalisieren. Die Sonde HZ552 hat konstruktionsbedingt eine hohe Auflösung. Mit ihr kann man kann z. B. schnell feststellen welcher IC stark stört, Abschirmungen auf „undichte“ Stellen untersuchen und Kabel oder Leitungen auf mitgeführte Störleistungen absuchen. Dabei ist die HZ552 wegen der geringen Baugröße hervorragend für die Lokalisierung von Störgrößen an ungünstig zugänglichen Stellen oder für die Messung an sehr kleinen Störquellen, z. B. SMD-Bauformen, geeignet.

μH -Feld-Sonde HZ554

Die μH -Feld-Sonde dient zur Untersuchung von H-Feldern an kleinsten SMD-Bauformen und auf Leiterbahnen, sowie zur Detektion von Störströmen in Masseleitungen. Die Sonde ist empfindlich für Änderungen des magnetischen Flusses und

ist sogar in der Lage, im Sinne der EMV störende Ströme in Ground-planes zu detektieren. Dabei wird nicht der Absolutwert des Stromes gemessen, sondern vielmehr die Rate seiner Änderung. Die Amplitude des SONDENSIGNALES ist direkt proportional zur Änderung des magnetischen Flusses und damit zur Änderung des erregenden Stromes.

Deshalb ist diese Sonde zur ersten und überschlüssigen Untersuchung der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen besonders geeignet. Sie ermöglicht die Millimetergenaue Erfassung der Störquelle und gibt nach vorheriger Eingrenzung der Störquelle eine gute Aussage über die Wirksamkeit der getroffenen EMV-Maßnahme.

Hochimpedanz-Sonde HZ553

Die Hochimpedanzsonde HZ553 bietet eine hohe Eingangsimpedanz bei gleichzeitig sehr niedriger Eingangskapazität. Das Messverfahren ähnelt einer Messung mit Oszilloskop-Tastköpfen. Mit dieser Sonde wird direkt auf Leiterbahnen oder in elektrischem Kontakt mit Bauteileanschlüssen gemessen. Dies ermöglicht die exakte Eingrenzung der Störquelle bis hinunter zur Anschlussebene und erlaubt somit die gezielte Beurteilung getroffener EMV-Maßnahmen. Die Hochimpedanz-Sonden weisen eine Eingangskapazität $< 2\text{pF}$ bei einer Impedanz ca. $250\text{ k}\Omega$ auf und belastet somit den Prüfling nur in sehr geringem Maße. Der Abschwächungsfaktor der Sonde liegt in der Größenordnung von ca. 10dB bis 30dB . Auf Grund der Konstruktion der Sonde nach einem patentierten Verfahren, kann auf die Verwendung eines Masseanschlusses bei der Messung verzichtet werden.

Low-Capacitance-Probe HZ555

Überall dort, wo bei niedrigen Signalpegeln gemessen werden muss und die kapazitive Belastung durch einen Tastkopf das Messergebnis verfälscht würde, kommt die HZ555 zum Einsatz. Die Sonde erlaubt wegen ihrer, gegenüber der Hochimpedanzsonde nochmals niedrigeren Eingangskapazität von $< 0,2\text{pF}$, die gezielte Beurteilung getroffener EMV-Maßnahmen auf Leiterplatten- und Bauteileebene.

Das patentierte Konstruktionsprinzip ermöglicht den Einsatz der Sonde ohne Masseleitung; d.h. alleine das Kontaktieren mit dem signalführenden Punkt erlaubt eine genaue Messung von Signalen bis zu mehreren GHz. Der definierte Teilerfaktor von 10:1 erleichtert das Arbeiten mit Oszilloskopen.

Einstrahlsonde HZ556

Die Einstrahlsonde HZ556 dient zur Untersuchung der Störempfindlichkeit von analogen – und bedingt auch von digitalen Schaltungen. Sie ist passiv aufgebaut und benötigt zum Betrieb einen HF-Generator. Die Auflösung entspricht der H-Feld-Sonde HZ552. Allerdings ist die Sonde durch ihren passiven Aufbau sowohl als Sender als auch als Empfänger zu verwenden. Sie kann zur Induzierung von Strömen auf Leitungen oder Prüfsignalen in Bauteile verwendet.

EMV-Probleme in der Praxis

Dem Elektronik-Entwickler sind mittlerweile zahlreiche Maßnahmen zur Verbesserung der EMV von Leiterplatten bekannt. Wie viel diese Maßnahmen jeweils im Einzelfall wert sind, erkennt man oft erst bei der Abstrahlungsmessung in der GHz-TEM-Zelle.

Diese Tatsache führt aber dazu, dass die Einzelmaßnahme selten geprüft wird, weil der Aufwand an Zeit und Kosten viel zu groß wäre. Prüft man jedoch erst, nachdem eine ganze Reihe von Maßnahmen durchgeführt wurde, dann kann man den Erfolg oder Misserfolg der Einzelmaßnahme nicht mehr zuordnen.

Für eine gewisse Vorabprüfung bietet sich die Verwendung so genannter Schnüffelsonden an. Zwei Typen dieser Sonden sind im Gebrauch: die so genannte E-Feld-Sonde und die H-Feld-Sonde. Die E-Feld-Sonde reagiert auf elektrische Wechselfelder. Die H-Feld-Sonde ist empfindlich für Änderungen des magnetischen Flusses. Bevor man diese Sonden einsetzt, sollte man sich darüber klar werden, welche Felder bei modernen Leiterplatten die überwiegende Rolle spielen.

Bei hohen Spannungen und geringen Strömen spielt das elektrische Feld die bedeutendere Rolle. Bei kleinen Spannungen und hohen Strömen überwiegt das magnetische Feld. Der erste von beiden Fällen lag eindeutig bei der Röhrentechnik vor. Moderne integrierte Schaltungen weisen kleine Spannungen und zum Teil recht hohe Ströme auf.

An dieser Stelle muss hervorgehoben werden, dass es nicht so sehr auf die Absolutwerte der Ströme, sondern auf die Rate ihrer Änderung ankommt. Bei der Anregung einer elektromagnetischen Welle, wenn dies mit der magnetischen Komponente geschieht, ist die Änderung des magnetischen Feldes in der Zeiteinheit die bestimmende Größe.

Genau diese Komponente wird von der so genannten H-Sonde ausgewertet. Die Amplitude des Sondensignals ist direkt proportional zur Änderung des magnetischen Flusses und damit zur Änderung des erregenden Stromes. Deshalb

sind solche Sonden zur ersten und überschlägigen Untersuchung der Wirksamkeit von EMV-Maßnahmen besonders geeignet.

Die Mehrheit dieser Sonden hat jedoch einen empfindlichen Nachteil: Sie haben eine sehr geringe räumliche Auflösung. Deswegen lässt sich das Signal, das man mit dieser Sonde aufnimmt, nicht mehr eindeutig dem Urheber zuordnen. Man achte deshalb beim Erwerb solcher Sonden besonders darauf, dass man zumindest auch eine Sonde mit hoher Auflösung für das magnetische Feld hat.

Messungen mit HZ554 an einem 4-Lagen-Multilayer

Im Folgenden wird an einigen Beispielen erläutert, wie man aus den Sondensignalen interessante Details entnehmen kann. Grundsätzlich können die Signale im Zeitbereich oder im Frequenzbereich angezeigt werden.

Für Menschen ist die Darstellung im Zeitbereich oft anschaulicher als die im Frequenzbereich. Die folgenden Messungen wurden an einem 4-lagigen Multilayer im Format einer Europakarte vorgenommen. Das Stromversorgungssystem in dieser Karte ist flächig ausgelegt. Der Abstand zwischen V_{CC} - und GND-Fläche ist $100\ \mu\text{m}$. Das Flächenstromsystem ist durch eine Kondensatorgruppe, die in der Mitte der Platine positioniert ist, entkoppelt.

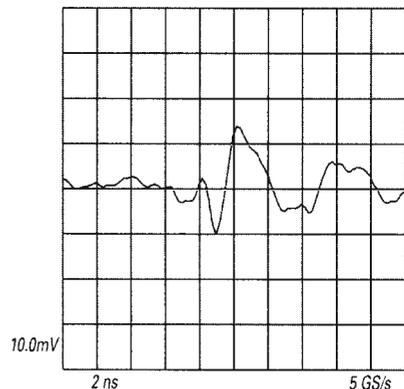


Bild 1: Flächenstrom Signal in der Nähe des V_{CC} -Pins eines 74 AC 163

In Bild 1 sieht man das Flächenstromsignal in Nähe des V_{CC} -Pins eines 74AC163. Die Amplitude bildet das Ausmaß der Änderung des magne-

tischen Feldes ab und ist damit proportional zur Stromänderung in der Fläche an dieser Stelle. Der zeitliche Ablauf ist recht schnell.

Die Flankenzeit liegt im Subnanosekunden - Bereich. Dies hat seine Ursache darin, dass hochfrequente Stromkomponenten vor allem in der unmittelbaren Nähe des V_{CC} -Pins fließen, denn sie können nur aus der Ladung der V_{CC} -Fläche selbst entnommen werden. Über größere Zuleitungen können die hochfrequenten Komponenten nicht zugeführt werden, da deren Impedanz zu groß ist. Am V_{CC} -Pin selbst ist kein Stützkondensator angebracht, weil dieser ebenfalls hochfrequente Komponenten des Stromes nicht zu liefern vermag.

Natürlich ist das V_{CC} -GND-System in der Flächenmitte mit einer Kondensatorgruppe zusätzlich gestützt. Diese Kondensatorgruppe vermag jedoch nur die niedrigen Frequenzkomponenten zu liefern.

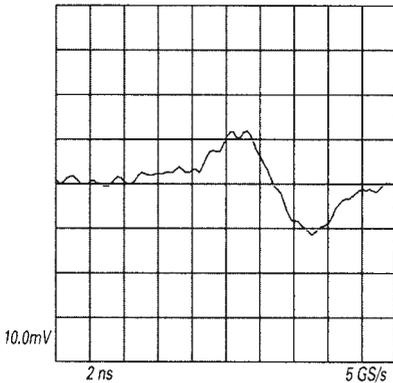


Bild 2: Flächenstromänderung in der Nähe einer Kondensatorgruppe

Bild 2 zeigt die Flächenstromänderung in der Nähe dieser Kondensatorgruppe. Man erkennt dass dieses Signal wesentlich langsamer ist als das in Bild 1. Die Flankenzeit liegt bei drei Nanosekunden. Die Kondensatorgruppe kann den Strom nur langsam in die Fläche einspeisen. Solche Details lassen sich natürlich nur mit hoch auflösenden Sonden entnehmen.

Das nächste Beispiel zeigt uns die Wirkung absorptiver Entstörmaßnahmen.

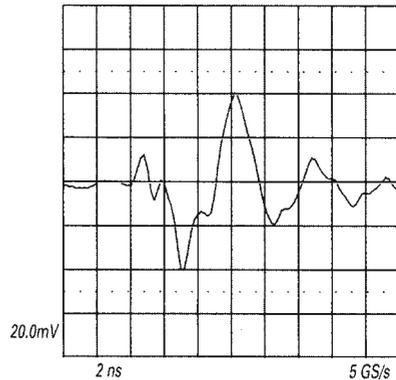


Bild 3: Signal unmittelbar am V_{CC} -Pin eines 74 AC 00

In Bild 3 ist das Signal unmittelbar am V_{CC} -Pin eines 74AC00 mit der Mikro-H-Sonde entnommen worden. Die integrierte Schaltung wird hier aus einem nicht gedämpften V_{CC} -GND-Flächensystem gespeist. Die Änderungen des magnetischen Feldes sind sehr erheblich.

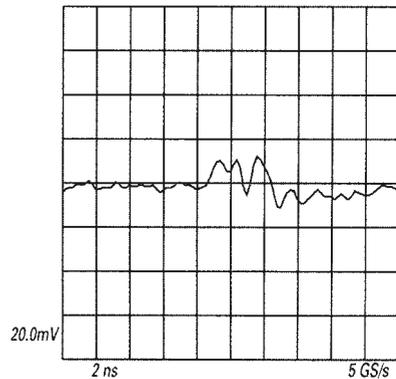


Bild 4: Vergleichssignal bei einem zweistufig gedämpften Stromversorgungssystem

Im Gegensatz hierzu sieht man in Bild 4 das gleiche Signal, jedoch wird die Schaltung hier aus einem zweistufig gedämpften Stromversorgungssystem gespeist.

Signal am Ausgang eines Takttreibers

Dies bedeutet, dass der Vcc-Pin über eine Breitbanddrossel an die Vcc-Fläche angeschlossen ist, und außerdem ist diese Fläche aus Gründen der Dämpfung carbonisiert.

Man erkennt, dass die Amplitude des Signals in Bild 4 wesentlich kleiner als die in Bild 3 ist. Die Wirksamkeit der Maßnahme ist bereits bei Anwendung der Sonden deutlich erkennbar, ohne dass ein größerer Aufwand an Messtechnik erforderlich wäre.

Als letztes Beispiel soll der Abgriff eines Sonden-signals am Taktverteiler auf einer Europakarte geschehen. Das Signal wird unmittelbar am Ausgang des Takttreibers entnommen.

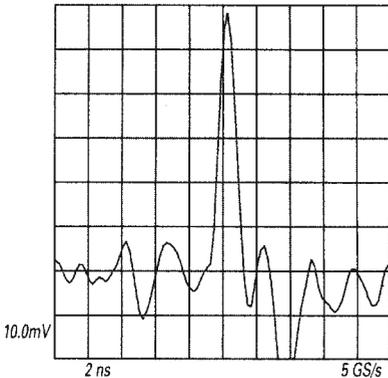


Bild 5: Das Mikro-H-Sondensignal bei einem Aufbau ohne Entstörmaßnahmen

In Bild 5 sieht man das Mikro-H-Sondensignal in einem Aufbau, in dem keine Entstörmaßnahmen vorgenommen wurden. Es wird eine sehr große Amplitude von fast 60 mV erreicht.

Eine sehr beliebte Maßnahme zur Verbesserung der Situation ist die Einfügung eines Serienwiderstandes unmittelbar in den Ausgang des Takttreibers. Im vorliegenden Fall wurden 82 Ohm genommen.

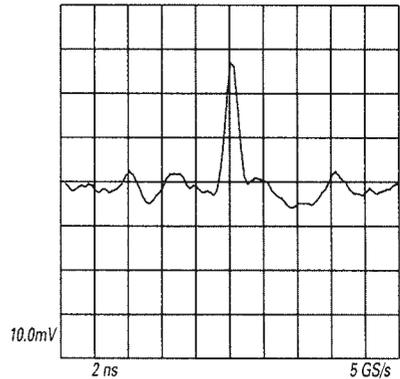


Bild 6: Halbierung der Signalamplitude durch einen Serienwiderstand am Ausgang des Takttreibers

Bild 6 zeigt das Ergebnis: Die Signalamplitude ist halbiert. Auch in diesem Falle ist die Wirkung der Entstörmaßnahme unmittelbar erkennbar.

Praxisorientierte Auswahl von Signalleitungsfiltern

Die durch die ständig steigende Arbeitsgeschwindigkeit moderner Digitallogik überproportional wachsenden EMV-Probleme werden seit dem 01.01.1996 allen Anbietern elektrischer und elektronischer Produkte drastisch vor Augen geführt. Die neue Gesetzgebung verschärft zwar nicht die Störstrahlungsproblematik, macht aber die Auseinandersetzung mit diesen Gegebenheiten zur Pflicht für jeden Entwickler.

Die Zeiten, in denen man die Lösung der Störstrahlungsproblematik einfach der EMV-Abteilung überlassen konnte, oder ein Produkt, welches nicht direkt durch Störstrahlungsprobleme auffiel unter EMV-Gesichtspunkten als quasi in Ordnung einstuft, sind längst vorbei. Jeder Entwickler muss heute schon vom Beginn des Entwurfs an EMV-Gesichtspunkte mitverfolgen, wenn später bei der Abnahme ein Erfolg überhaupt möglich sein soll. Leiterplatten müssen heute anders entworfen werden als noch vor wenigen Jahren. Eine vernünftige Breitbandentkopplung der Versorgungsspannung muss schon als Stand der Technik angesehen werden.

Aber auch der Bereich der Signalleitungen kann nicht mehr so bleiben wie früher. Digitale Signale haben Spektren, deren Bandbreite ungefähr

$$B = 1/(tr \cdot \pi)$$

entspricht. Die Flankenzeit t_r ist also der bestimmende Faktor. Je kürzer die Flankenzeit, desto größer die Bandbreite. Hierbei ist nicht die tabellarisch angegebene Bandbreite entscheidend, sondern nur die tatsächlich vorhandene. Diese kann sich von der angegebenen sehr erheblich un-

terscheiden. Das hat seinen Grund darin, dass der tabellarische Wert sich meistens auf kapazitive Vollast bezieht. In den meisten praktischen Fällen liegt diese Last aber nicht vor. Eine überschlägige Umrechnung ist recht einfach: Halbe kapazitive Last bedeutet doppelte Flankengeschwindigkeit.

Ein Beispiel möge dies verdeutlichen: ein Mikroprozessor ist mit 2 ns Anstiegszeit der Flanke angegeben. Die zugrunde gelegte Last ist 150 pF. Wenn nun ein Signal dieses Prozessors mit nur einem CMOS-Gatter, also ca. 12,5 pF, belastet wird, heißt dies, dass die Flanke etwa zwölfmal schneller wird. Es muss ein Wert von unter 200 ps erwartet werden. Rechnet man dies in die entsprechende Bandbreite des Spektrums um, so erhält man 1,6 GHz. Auch in praktischen Aufbauten, in denen noch etwas Schaltungskapazität hinzukommt, kann man tatsächlich Bandbreiten von über 1000 MHz messen.

Unter EMV-Gesichtspunkten betrachtet ist dies natürlich äußerst schädlich. Die tatsächliche Flankengeschwindigkeit kann man aber auch bei modernen CMOS-Schaltungen in den meisten digitaltechnischen Labors nicht messen. Hierfür müssten Oszilloskope bereitstehen, die Zeiten von 100 ps auflösen können. Diese sind jedoch nur zu sehr hohen Kosten erhältlich.

Für die Auflösung der digitalen Systemfunktionen braucht man diese Geschwindigkeit auch nicht, weshalb in den o.g. Labors meist wesentlich langsamere Geräte verwendet werden. Diese täuschen dem Benutzer Flankenzeiten vor, die in Wirklichkeit nicht existieren. Im allgemeinen sieht man nur die Anstiegszeit des Oszilloskops.

Dies legt ein messtechnisches Problem offen: Die für die Beurteilung der EMV-relevanten

Bild 1

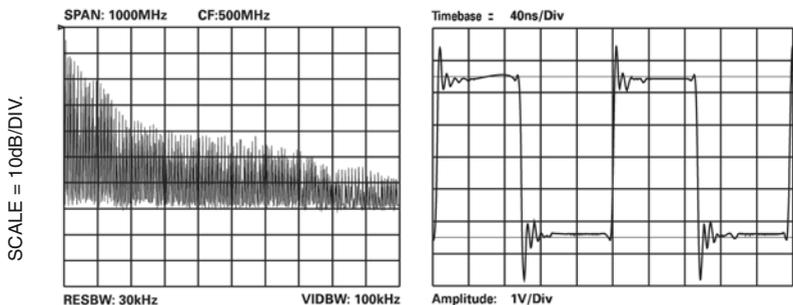
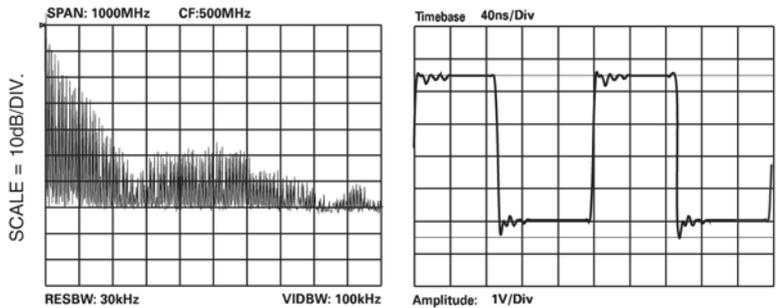


Bild 2



Eigenschaften des Systems erforderlichen Messungen sind mit der existierenden Ausrüstung meist nicht möglich, erforderliche Oszilloskope aber sehr teuer.

Eine brauchbare Lösung besteht im Ausweichen in den Frequenzbereich: Die Beurteilung der digitalen Funktion geschieht weiterhin mit einem mittelschnellen Oszilloskop, die Untersuchung der EMV-relevanten Eigenschaften im Frequenzbereich mittels eines Spektrumanalysators. Da die Spektrum-Analyse entsprechender Frequenzbereiche technisch einfacher ist als die Auflösung im Zeitbereich, sind Geräte welche die Grundvoraussetzungen erfüllen schon vergleichsweise preisgünstig erhältlich. Für die Beurteilung von CMOS-Schaltungen reicht eine Bandbreite von 1000 MHz. Entsprechende Oszilloskope sind sehr teuer.

Da Spektrumanalysatoren hochfrequenztechnische Geräte sind, haben sie üblicherweise einen 50Ω Eingang. Dies macht sie zur Messung in Digitalschaltungen ungeeignet, weil der Anschluss einer solchen Last in der Regel von der Schaltung nicht verkräftet wird. Zumindest würde das Messergebnis stark verfälscht.

Deshalb benötigt man für die Messung in Digitalschaltungen eine Hochimpedanz-Sonde, die das Messobjekt nicht nennenswert belastet und das Signal breitbandig auf 50Ω umsetzt.

Im Prinzip könnte man auf den Gedanken kommen, Signalleitungsfilter nach Katalog auszusuchen. Namhafte Hersteller bieten zu ihren Filtern die entsprechenden Messergebnisse in Zeit- und Frequenzbereich in ihren Katalogen an. Leider sind diese Messungen in der Regel in bezug auf eine ohmsche Last vorgenommen worden. Sie sehen dann auch immer recht gut aus. In der Praxis der Digitalelektronik liegt eine solche Last selten vor. Deshalb kann die verbindliche Beurteilung der Wirkung der Filter nur im realen Anwendungsfall gemessen werden. Es zeigt sich dann, dass die Filter nicht immer die erwarteten Ergebnisse erbringen.

Dies soll im folgenden an einer Reihe von Beispielen, die alle an der Logikfamilie 74ACT gemessen wurden, gezeigt werden. Die Gatter wurden stets mit 5 MHz-Takt betrieben.

Bild 1 zeigt die Ergebnisse an einem solchen Gatter, welches auf einer Leiterplatte bestückt ist und dessen Ausgang im Leerlauf arbeitet.

Bild 3

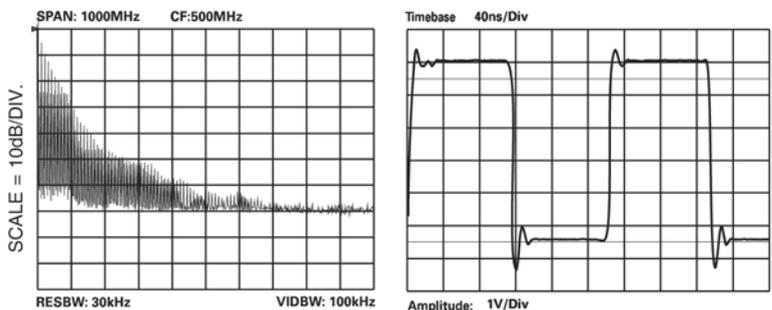
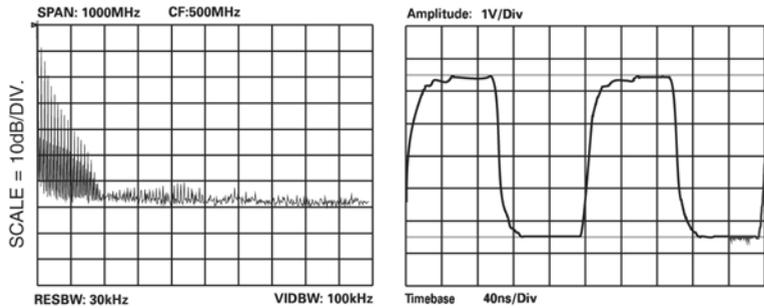


Bild 4



Das Spektrum deckt den gesamten Bereich bis 1000 MHz ab. Tatsächlich reicht es noch darüber hinaus, aber die Spektren in den vorliegenden Bildern sind alle bis 1000 MHz skaliert, um einen besseren Vergleich zu ermöglichen. Im Zeitbereich zeigen sich relativ starke Über- und Unterschwinger sowie steile Flanken. Das Signal ist in Bezug auf die EMV als sehr ungünstig einzustufen. Die hohe Bandbreite ermöglicht Abstrahlung schon aus relativ kleinen Leiterplatten. Insbesondere, wenn Signale Leiterplatten verlassen sollen, wird die Eingrenzung solcher Spektren unerlässlich, will man nicht erhebliche Abschirmmaßnahmen treffen.

Eine erste Maßnahme in dieser Richtung, die häufig empfohlen wird, ist das Einfügen eines Widerstandes zwischen Gatterausgang und Leitung. Die Leitung ist bei dieser Messung durch einen einzelnen Gattereingang abgeschlossen, um realistische Verhältnisse zu haben. Der Abschluss und auch die Leitungslänge müssen bei solchen Messungen immer den Verhältnissen entsprechen, die im tatsächlichen Anwendungsfall auch vorliegen, weil die Wirkung der Signalleitungsfiler stark von deren Abschluss beeinträchtigt wird.

Bild 2 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für einen 47Ω-Widerstand. Im Zeitbereich erkennt man eine deutliche Verbesserung: Die Überschwinger sind gemindert, die Flanken weniger steil. Leider täuscht das Ergebnis. Die geringe Dynamik der linearen Darstellung des Oszilloskops kann die EMV-relevanten Eigenschaften des Signals nicht richtig darstellen. Das Spektrum zeigt nur eine sehr geringe Dämpfung oberer Frequenzbereiche. Zum Teil ist an der Täuschung auch der Tastkopf des Oszilloskops beteiligt, da er immerhin mehr als 6 pF kapazitive Last mitbringt. Die Hochimpedanz-Sonde weist dagegen nur eine Belastungskapazität von 2 pF auf. Mit der Auswahl des Widerstandswertes kann man an dem vorliegenden Ergebnis noch einiges ändern, aber ein durchschlagender Erfolg kann von einer so einfachen Maßnahme, wie sie das Einfügen des Widerstands darstellt, nicht erwartet werden.

Eine weitere Verbesserung lässt sich erzielen, wenn man den Widerstand mit einem Kondensator zu einem RC-Glied ergänzt.

Bild 3 zeigt die Resultate für eine Bestückung mit 47Ω und 100 pF. Auch hier erfolgt die Belastung des Aufbaus, wie bisher, mit der Leiterbahn und

Bild 5

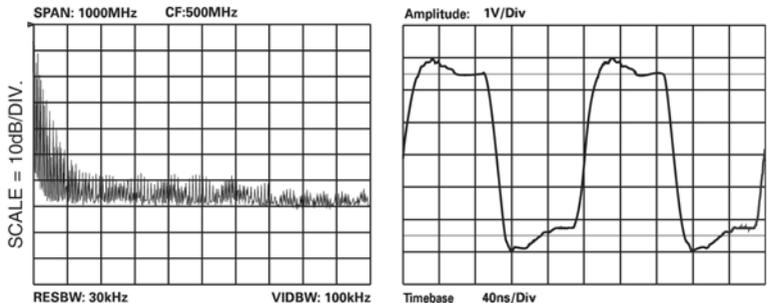
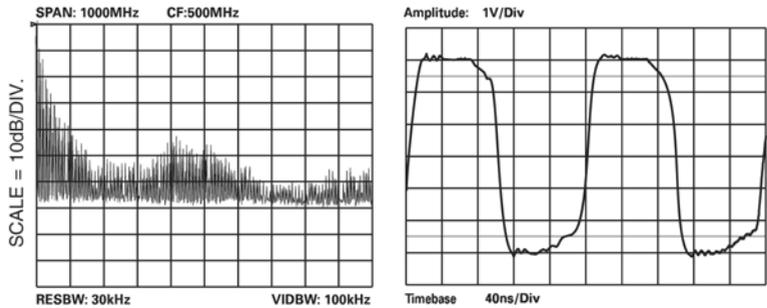


Bild 6



dem einzelnen Gattereingang. Im Zeitbereich ist im Vergleich zu Bild 2 kaum eine Veränderung erkennbar. Der Frequenzbereich zeigt aber besonders im mittleren und oberen Abschnitt eine deutliche Verbesserung. Besonders bei der Verwendung eines langsameren Oszilloskops würde die Veränderung im Zeitbereich überhaupt nicht mehr wahrnehmbar sein. Hier zeigt sich sehr deutlich die Schwäche einer reinen Zeitbereichsmessung: Man übersieht die EMV-Relevanz der Maßnahme.

Bild 4

Der nächste Schritt besteht in dem Ausbau des Signalleitungsfilters zu einem R-C-R-Glied. Es wurde mit 47Ω , 100 pF und 47Ω bestückt. Die Veränderung in Bezug zum vorherigen Zustand ist massiv. Der Frequenzbereich ist praktisch auf 200 MHz eingeschränkt. Allerdings ist im Zeitbereich auch ein langsamer Verlauf der Flanke erkennbar. Hier muss die Frage gestellt werden, ob die logische Funktionalität der Digitalschaltung durch eine solche Flanke bereits beeinträchtigt wird. Man kann in einem solchen Falle aber durch eine entsprechende Anpassung der Bestückung des R-C-R-Gliedes den günstigsten Kompromiss zwischen Eingrenzung des Spektrums und der

logischen Funktionalität aufsuchen. Dies ist ein besonders schönes Beispiel für die Wirksamkeit des hier vorgeschlagenen messtechnischen Verfahrens.

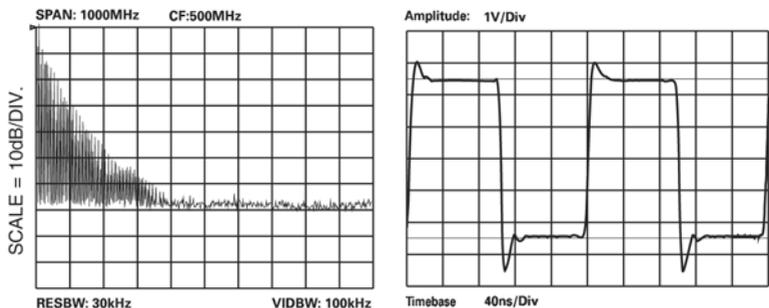
Im Handel sind verschiedene komplette Signalleitungsfiler im Angebot. Auch die Wirksamkeit dieser Filter lässt sich messtechnisch in der gleichen Weise verifizieren.

Bild 5 zeigt den Einsatz eines Dreipol-Kondensators als Signalleitungsfiler in dem Aufbau, der auch bei den anderen Messungen verwendet wurde. Das Ergebnis ist enttäuschend: Trotz starker Verlangsamung der Flanken des Signals, ist das Spektrum mangelhaft eingegrenzt. Dies hängt damit zusammen, dass der Masseanschluss solcher Dreipol-Kondensatoren oftmals nicht so induktionsarm ausführbar ist, wie der eines R-C-R-Gliedes in SMD-Technik. Es werden sogar Dreipol-Kondensatoren angeboten, die in diesem Bereich fehlkonstruiert sind.

Als weiteres Beispiel soll eine einzelne Breitband-Chip-Drossel als Signalleitungsfiler dienen.

In **Bild 6** ist das Resultat zu sehen: Auch hier eine mangelhafte Begrenzung des Spektrums trotz

Bild 7



starker Verlangsamung der Flanken. Man beachte: Hier würde eine ausschließliche Betrachtung des Zeitbereichs leicht zu völlig falschen Schlüssen führen: Eine teure Maßnahme, welche die digitale Funktion bereits erheblich belastet, mit enttäuschendem Ergebnis auf der Seite der EMV.

Bild 7

Schlussendlich soll einer der modernen SMD-Chip-Filter, die aus zwei Ferritperlen und einem Durchführungskondensator bestehen, betrachtet werden. Das Ergebnis, das in Bild 7 dargestellt ist, erscheint als recht gut. Das Spektrum ist sauber begrenzt, die Flanken sind noch erstaunlich steil. Lediglich die Über- und Unterschwinger trüben das sonst so gute Bild. Das ist leider ein Problem, das Filter begleitet, die neben kapazitiven auch induktive Komponenten aufweisen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass für den Digitalelektroniker, der für EMV-Probleme bereits sensibilisiert ist, der Einblick in den Frequenzbereich eine unerlässliche Maßnahme ist, da die reine Betrachtung des Zeitbereichs leicht Anlass zu Täuschungen gibt. Theoretisch ist zwar alles in der Darstellung im Zeitbereich enthalten, was im Frequenzbereich nur anders beschrieben wird. Die praktisch verfügbaren Messgeräte lösen dies aber nur unvollkommen auf. Insbesondere die schwache Dynamik der linearen Darstellung im Oszilloskop und die oftmals zu geringe Geschwindigkeit desselben stehen dem Erreichen der theoretischen optimalen Lösung entgegen.

Für die in dieser Applikation dargestellten Messergebnisse der Frequenzspektren diente eine Hochimpedanz-Sonde wie aus den Nahfeld-Sondensätzen HZ530/HZ540/HZ550 als Aufnehmer.

Messung der Schirmdämpfung von Abschirmgehäusen

Was bringt es, wenn ich das ganze Gerät in ein Abschirmgehäuse stecke? Das wird sich mancher fragen, der bei der Abnahme zur CE-Zertifizierung durchgefallen ist. Leider kann man die Frage nicht pauschal beantworten, denn nicht jedes metallische Gehäuse schirmt auch gut ab. Kaum einer wird aber bis zur nächsten Abnahmemessung warten wollen. Was, wenn es wieder nicht stimmt? Es ist also erforderlich, ein einfaches Messverfahren zu haben, mit dem man zunächst den relativen Erfolg beurteilen kann. Hierzu bieten sich hochempfindlichen E-Feld-Sonden an. Man kann sie auch als sehr breitbandige Messantennen verwenden wodurch sie zur Klärung der o.g. Fragen gut dienen können.

Zunächst muss vor der Verwendung der Sonde geklärt werden, ob sie ausreichend empfindlich ist. Grundsätzlich sind alle passiven Sonden meist unbrauchbar, weil sie zu unempfindlich sind. Die für den Praktiker einfachste Lösung zur Klärung dieser Frage ist die Aufnahme eines Breitbandspektrums von 0 bis 1000 MHz in seinem Labor.

Bild 8 zeigt eine solche Aufnahme, die mittels einer aktiven E-Sonde aufgenommen wurde. Im Bereich bis 50 MHz zeigt sie relativ sehr hohe Pegel die von Rundfunksendern aus dem Mittel- und Kurzwellenbereich stammen. Im Bereich um 100 MHz sieht man Signale von UKW-Rundfunksendern aus der Umgebung. Da es in diesem Fall keinen Ortssender am Platz der Aufnahme gibt, fallen diese Signale etwas schwächer aus. Die stärkste Linie 474 MHz stammt von einem Fernsehsender, der exponiert in ca. 15 km Entfernung steht. Es folgen bis 800 MHz mehrere Linien von Fernsehsendern aus der Umgebung.

Den Abschluss bildet der Bereich knapp über 900 MHz, der zu den örtlichen D-Netz-Stationen gehört. Die Aufnahme zeigt, dass die verwendete Sonde breitbandig und empfindlich ist. Beginnend vom Mittelwellenbereich bis zum D-Netz sind Linien zu finden, die weit aus dem Rauschen herausreichen. Natürlich fällt dieses Bild an jedem Ort anders aus, aber da Deutschland überall mit Rundfunk und Fernsehen versorgt ist dürften

die zugehörigen Linien nirgendwo fehlen. Auch in sehr ländlichen Bereichen darf heute auch nirgendwo das D-Netz in der Aufnahme fehlen: Es würde zeigen, dass die Sonde eine zu niedrige Grenzfrequenz hat.

Hintergrund-Spektrum

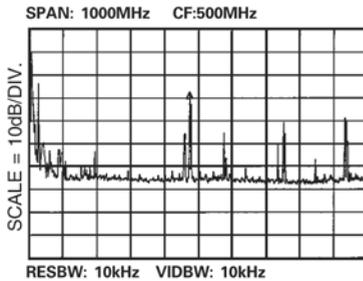


Bild 8

Die Aufnahme des Hintergrundspektrums dient allerdings nicht nur der Prüfung der Sondenempfindlichkeit. Sie soll im Falle, dass man die folgenden Messungen nicht in der Schirmkabine ausführen kann als Referenz dienen, um die wichtigsten Spektrallinien erkennen zu können die nicht aus der zu untersuchenden Elektronik stammen.

Störer ohne Abschirmung

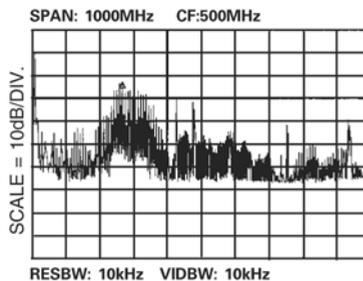


Bild 9

Zur Durchführung der Messung stellt man nun den Prüfling zunächst ohne Abschirmung in einer Entfernung von mindestens 0,5 m von der Sonde auf. Dann dreht man den Prüfling, bis man die Richtung des Abstrahlungsmaximums gefunden hat. In dieser Position wird die zweite Aufnahme gemacht (Bild 9). Man erkennt, dass im Vergleich zum Hintergrundspektrum Störleistung bis 1 GHz vorhanden ist.

Das Maximum der Störstrahlung liegt im Bereich von 250 bis 350 MHz. Die stärkste Linie ist mit dem Marker gekennzeichnet, der relative Pegel liegt bei $-42,8$ dBm. Es folgt die zweite Messung: Hierbei trägt der Prüfling sein Abschirmgehäuse. Er wird zuerst so gedreht, dass wieder das Maximum der Störstrahlung gefunden wird. Dieses kann in einer anderen Richtung liegen als bei offenem Gerät.

Störer mit Abschirmung

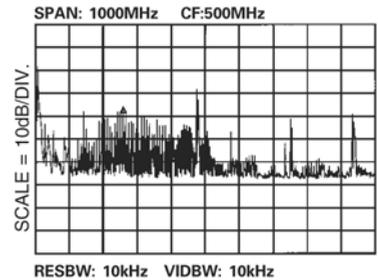


Bild 10

Bild 10 zeigt das Resultat. Man sieht, dass die Abstrahlung im gesamten Frequenzbereich geringer geworden ist. Aus den Pegeldifferenzen aus Bild 2 und Bild 3 kann die Schirmdämpfung für verschiedene Frequenzen ermittelt werden. Für die markierte Linien entnimmt man: $-55,9$ dbm. Das ergibt eine Dämpfung von $13,1$ dB. Für Frequenzen bei 800 MHz werden nur 9 db erreicht.

Schirmdämpfungen in dieser Größenordnung scheinen kaum das Blech wert zu sein, aber leider ist so ein Ergebnis nicht ungewöhnlich. Die Messungen wurden an einem handelsüblichen Frequenzzähler der unteren Preisklasse vorgenommen. Es gibt zahllose Geräte, deren Gehäuse keine besseren Werte erwarten lassen. Es lohnt sich also zu messen, bevor man zuviel Geld für Blech ausgibt.

Auch hier zeigt sich wieder die ausgezeichnete Verwendbarkeit der Messsonden in der entwicklungsbegleitenden EMV-Messtechnik



DECLARATION OF CONFORMITY

Manufacturer: HAMEG Instruments GmbH
 Industriestraße 6
 D-63533 Mainhausen

The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product

Product name: Near Field Probe

Type: HZ540 / 550

with: -

Options: -

with applicable regulations:

EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC

Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC

Harmonized standards applied:

Safety:
 EN 61010-1:2001 / IEC (CEI) 61010-1:2001

Measuring category II
Degree of pollution: 2

Electromagnetic compatibility:
 EN 61326-1/A1: 1997 + A1: 1998 + A2: 2001/IEC 61326: 1997 + A1: 1998 + A2: 2001

Radiation: Table 4, class B.
Immunity: Table A1

EN 61000-3-2/A14
Harmonic current emissions: Klasse D

EN 61000-3-3
Voltage fluctuations and flicker

Date: 1.06.2007

Signature

Holger Asmussen
Manager

General information regarding the CE marking

HAMEG instruments fulfill the regulations of the EMC directive. The conformity test made by HAMEG is based on the actual generic and product standards. In cases where different limit values are applicable, HAMEG applies the strictest standard. For emission the limits for residential, commercial and light industry are applied. Regarding the immunity (susceptibility) the limits for industrial environment have been used.

The measuring and data lines of the instrument have much influence on emission and immunity and therefore on meeting the acceptance limits. For different applications the lines and/or cables used may be different. For measurement operation the following hints and conditions regarding emission and immunity should be observed:

1. Data cables

For the connection between instruments resp. their interfaces and external devices, (computer, printer etc.) sufficiently screened cables must be used.

Maximum cable length of data lines must not exceed 3 m. The manual may specify shorter lengths. If several interface connectors are provided only one of them may be used at any time.

Basically interconnections must have a double screening. For IEEE-bus purposes the double screened cable HZ72 from HAMEG is suitable.

2. Signal cables

Basically test leads for signal interconnection between test point and instrument should be as short as possible. Without instruction in the manual for a shorter length, signal lines must be less than 3 meters long.

Signal lines must be screened (coaxial cable - RG58/U). A proper ground connection is required. In combination with signal generators double screened cables (RG223/U, RG214/U) must be used.

3. Influence on measuring instruments.

In the presence of strong high frequency electric or magnetic fields, even with careful setup of the measuring equipment an influence can not be excluded.

This will not cause damage or put the instrument out of operation. Small deviations of the measuring value (reading) exceeding the instrument's specifications may result from such conditions in some cases.

HAMEG Instruments GmbH

Deutsch	2
English	
General information regarding CE-marking	20
Near Field Probe HZ540 / HZ550	22
Specifications	23
Important hints	24
Safety	24
Used Symbols	24
Operating conditions	24
Warranty and repair	24
Introduction	25
General	26
Practical EMI problems	27
Practical Selection of Signal-Line Filters	30
Measurement of Shielding Attenuation of Shielded Housings	34
Commonly asked questions	36

Nearfield probe set HZ540/HZ550



Locating radiated emission sources

Localisation of EMI sensitive devices

Checks on shielding effectiveness

Diagnosis of radiated signals

Identification of radiating components

Nearfield probe set
HM530



Nearfield probe set
HM540



SPECIFICATIONS

Valid at 23 °C after a 30 minutes warm-up period

HZ 551 Electric Field Probe

Frequency range:	1 MHz to approx. 3 GHz
Directional sensitivity:	Omnidirectional Sensitive to electrical fields
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector
Power supply:	6 V / 80 mA

HZ 552 Magnetic Field Probe

Frequency range:	<30 MHz to approx. 3 GHz
Directional sensitivity:	like frame antenna, Sensitive to changing magnetic fields
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector

HZ 553 High Impedance Probe

Frequency range:	1 MHz to approx. 3 GHz
Attenuation:	in the range of approx. 10:1 up to 30:1
Input impedance:	<2pF // 250 KΩ
Max. input voltage:	10 Vpp
Max. voltage of a non-insulated conductor:	30 V
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector
Power supply:	6 V / 80 mA

HZ554 Magnetic Field Probe (small sensor)

Frequency range:	<50 MHz to approx. 3 GHz
Directional sensitivity:	like frame antenna, Sensitive to changing magnetic fields, High spatial resolution due to very small sensor area

Max. voltage of a non-insulated conductor:	30 V
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector
Power supply:	6 V / 50 mA

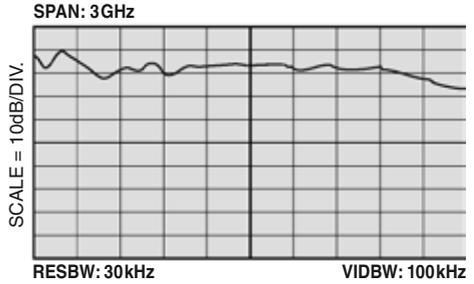
HZ 555 Low Capacitance Probe

Frequency range:	0.25 MHz to approx. 3 GHz
Attenuation:	10:1
Input impedance:	<0.2pF // 250 KΩ
Max. input voltage:	5 Vpp
Max. voltage of a non-insulated conductor:	30 V
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector
Power supply:	6 V / 80 mA

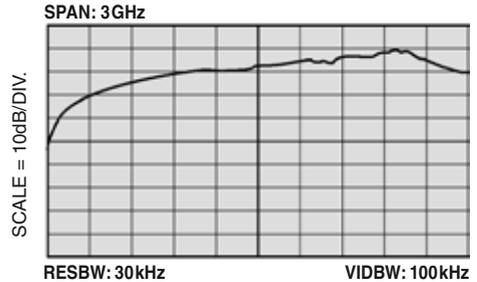
HZ 556 Radiation Probe

Frequency range:	<30 MHz to approx. 3 GHz
Directional sensitivity:	like frame antenna Sensitive to changing magnetic fields, Radiation of changing magnetic fields
Output impedance:	50 Ω; SMA-connector
Power supply:	not required; passive probe
Max. input power:	0,5 W (short term)

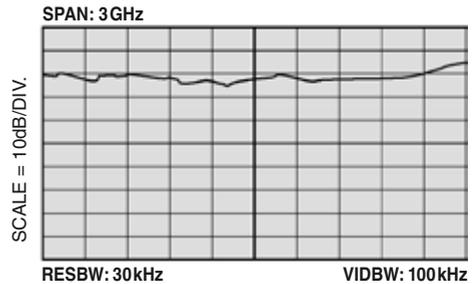
E-Field-Probe Frequency response (typical)



H-Field-Probe Frequency response (typical)



High Impedance Probe Frequency response (typical)



Divers

Physical dimensions (H x W x L): 13 x 27 x 70 mm (+ antenna at HZ551)

Power supply from HAMEG Series 5000 Spectrum analyzers

Package content:

HZ540 (Basic set):	1x HZ551; 1x HZ552; 1x HZ553; 1x SMA/N-Cabel 1,2m; Carrying case; Manual
HZ550	as basic set HZ540 + 1x HZ554 + 1x HZ556 + second SMA/N-cable

Important hints

Users are advised to read through these instructions so that all functions are understood. Immediately after unpacking, the instrument should be checked for mechanical damage and loose parts in the interior. If there is transport damage, the supplier must be informed immediately. The probes must then not be put into operation

Safety

The probes have been designed and tested in accordance with IEC Publication 1010-1, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use. The CENELEC regulations EN 61010-1 correspond to this standard. They have left the factory in a safe condition. This instruction manual contains important information and warnings which have to be followed by the user to ensure safe operation and to retain the probes in a safe condition.

Whenever it is likely that protection has been impaired, the instrument shall be made inoperative and be secured against any unintended operation. The protection is likely to be impaired if, for example, the instrument

- shows visible damage,
- fails to perform the intended measurements,
- has been subjected to prolonged storage under unfavourable conditions (e.g. in the open or in moist environments),
- has been subject to severe transport stress (e.g. in poor packaging).

Basically, it is not permissible to perform measurements on parts that are live above 30V. Since a significant part of the measurements are performed on exposed parts, it is a prerequisite that the user is familiar with any potential electrical hazard. Under no circumstances may the probes be used on equipment that is not safety grounded. When in doubt, a safety isolation transformer must be used.

Operating conditions

The probes have been designed for indoor use. The permissible operating temperature is +5°C ... +40°C. During transport and storage the tem-

perature may be -20°C ... +70°C. The maximum relative humidity is up to 80%.

If condensed water exists in a probe it should be acclimatized before switching on. In some cases (e.g. probe extremely cold) two hours should be allowed before the probe is put into operation.

Symbols



ATTENTION - refer to manual



Danger - High voltage



Protective ground (earth) terminal

Warranty and Repair

HAMEG instruments are subjected to a strict quality control. Prior to leaving the factory, each instrument is burnt-in for 10 hours. By intermittent operation during this period almost all defects are detected. Following the burn-in, each instrument is tested for function and quality, the specifications are checked in all operating modes; the test gear is calibrated to national standards.

The warranty standards applicable are those of the country in which the instrument was sold. Reclamations should be directed to the dealer.

Only valid in EU countries

In order to speed reclamations customers in EU countries may also contact HAMEG directly. Also, after the warranty expired, the HAMEG service will be at your disposal for any repairs.

Return material authorization (RMA):

Prior to returning an instrument to HAMEG ask for a RMA number either by internet (<http://www.hameg.com>) or fax. If you do not have an original shipping carton, you may obtain one by calling the HAMEG service dept (+49 6182 800 500) or by sending an email to service@hameg.com.

Introduction

Probe power is supplied directly from HAMEG HM5010/HM5014/HM5530 Spectrum Analyzers. In case different instruments are used, probe power is supplied from an optional 6 V_{DC} power supply.

The connection of the probe to the spectrum analyzer, oscilloscope or measurement receiver is made via a supplied SMA- to N-connector cable of approximately 1.2 meters length. This length is generally sufficient for most measurements. If for special reasons a longer cable is used, the insertion loss of this cable must be added to the output values at the higher frequencies.

For normal measurements, the probes are connected to a spectrum analyzer. These instruments generally have an input impedance of 50 Ohms. This impedance is the normal termination impedance for the probes. If an oscilloscope or measurement receiver with a different input impedance is used, an additional 50 Ohms feed-through termination must be used. If the probe is not loaded with a 50 Ohm impedance, it is not calibrated.

The different probes are used for different tests since their electric characteristics are quite different. The E-field probe is normally used at a distance of 0.5 to 1.5 meters from the RFI source. The thereby observed frequencies are then further localized near the source by use of the H-field probe. The high impedance (Hi-Z) probe makes further localization possible by directly contacting the source and to judge the effectiveness of suppression measures.

Because of its electrical characteristics, the E-field probe is not intended to perform measurements within an equipment or directly on parts that are live. Electrical contact of the antenna with live parts exceeding 20 VDC or + 10 dBm at RF may cause damage to the built-in pre-amplifier. These limits also apply to the Hi-Z probe; however, electrical contact to parts that are below 20VDC or + 10dBm are permitted.

Safety notice



Basically, it is not permissible to perform measurements on parts that are live above 30V. Since a significant part of the measurements are performed on exposed parts, it is a prerequisite that the user is familiar with any potential electrical hazard. **Under no circumstances may the probes be used on equipment that is not safety grounded. When in doubt, a safety isolation transformer must be used.**

The probes may not be used to perform accurate quantitative measurements. It is not possible to relate the probe measurements directly to final values of field strength in V/m necessary for certification tests. The probe kit is intended as an aid for developmental tests to obtain a qualitative amplitude as a function of frequency. These values are strongly influenced by the limiting conditions of the measurement which may change as a function of frequency.

General informations

Electromagnetic compatibility continues to be an important issue. The main goal is to make circuitry „quieter“ and more sustainable to meet tough EMC regulations. Even with the best PCB layout techniques and the most substantial decoupling, at the speeds of today's designs, radiation from boards and the consequent noise impinging on PCBs is becoming a growing problem that will not go away.

In order to minimize the cost of test to comply with EMC regulations, it is recommended that a "Pre-Compliance" phase in product development first to be conducted. This phase would use a spectrum analyzer such as the HM5014 or HM5530 in conjunction with HZ540 or HZ550 near field sniffer probes, to inspect for emission and leakage, isolate the source, redesign and correct the problem and then retest.

Once the product appears electromagnetically "quiet", it is submitted to the compliance certification laboratory. This should save the expense for much of the test time, since the submitted unit has already been pretested. Typically, the test time and money saved should represent many times the purchase price of the spectrum analyzer.

HZ540 and HZ550 EMI-Near Field Probe Sets

The HZ540/550 are the ideal toolkits for the investigation of RF electromagnetic fields. They are indispensable for EMI pre-compliance testing during product development, prior to third party testing. The sets include 3 resp. 5 hand-held probes with built-in pre-amplifier covering the frequency range from <1MHz to approx. 3000 MHz.

The probes of the basic set HZ540 include one magnetic field probe, one electric field probe, and a high impedance probe. In addition to it the HZ550 features an optional μ -magnetic field probe and a passive radiation probe. All probe outputs are matched to the 50 Ohm inputs of spectrum analyzers or RF-receivers.

The probes are designed to assist in providing quick identification of signal sources. It can be

used to diagnose emissions from circuit boards, integrated circuits, PC board edge runs, ground plane currents, ribbon cables, corner seams and similar interference sources.

Signal feed is via a 1.2m SMA to N-connector cable. When used in conjunction with a spectrum analyzer or a measuring receiver, the probes can be used to locate and qualify EMI sources, as well as evaluate EMC problems at the breadboard and prototype level. They enable the user to evaluate radiated fields and perform shield effectiveness comparisons. Mechanical screening performance and immunity tests on cables and components are easily performed.

Electric-Field Probe HZ 551

The electric field (mono-pole) probe has the highest sensitivity of all probes in the HZ540/550 sets. It can be used to check shielding and perform pre-compliance testing on a comparative basis. It is even sensitive enough to be used as an antenna for radio or TV reception. With this probe the entire radiation from a circuit or an equipment under test can be measured. It is used, for example, to determine the effectiveness of shielding measures. The effect of suppression „fixes“ can be quickly verified. The probe may be used to perform relative measurements for certification tests. This makes it possible to apply remedial suppression measures so that any requalification results will be positive. In addition, pre-testing for certification tests may be performed so that no surprises are encountered during the certification tests.

Magnetic-Field Probe HZ 552

The radiated signals detected with the E-Field probe can be further investigated by means of the magnetic field probe HZ552. The magnetic probe incorporates a high degree of rejection of both stray and direct electric fields, and provides far greater repeatability than with conventional field probes. Measurements can be made on the very near field area that is close to components or radiation sources. It is especially suited to locate emission "hot spots" on PCBs and cables. One can investigate shields for "leaking" areas and cables or wires for conducted interference. With this probe, the entire effectiveness of filters can be measured by measuring the RFI which is conducted along cables that leave the equipment and may influence the total radiation.

High Impedance Probe HZ553

The high impedance probe is used to measure directly on the component under test or e.g. at the conductive trace of a PC board. This allows the precise determination of the emission source. It features a low input capacitance of only 2pF (0.3 pF at the HZ545 Low Capacitance Probe) and supplies only a very small electrical charge to the device under test. The attenuation of the probe is in the range of 10:1 to 30:1. Testing is performed similar to an oscilloscope probe. Due to its patented construction a ground termination by cable is not necessary (see also HZ555).

 μ -Magnetic-Field Probe HZ554

The HZ554 is used to check for magnetic disturbances at e.g. even smallest SMD devices. It also detects emissions generated by currents in the ground plane of PCBs. The probe is sensitive to changing magnetic fields (similar to HZ552). The HZ554's sensor area is much smaller than that of the HZ 552 probe and is located in the tip of the probe. Thus the position of the probe when using the HZ 554 is vertical (or upright), compared to a horizontal position of the HZ 552 probe when measuring. Also the measuring distance of both probes to the emission source is different. Measurements with the HZ 552 are made at a distance of 1 to 2 cm from the radiation source, where the HZ554 probe uses direct mechanical contact of the tip to the point under test. When using the H-field probes one observes a rapid increase of the probe's output voltage as the interference source is approached. While investigating a circuit board, the sources are immediately obvious. It is easily noticed which component causes interference and which does not. The HZ554 is also very good suitable to measure the time domain results of the emission by means of a fast digitizing scope (fBandwidth > 300 Mhz) which gives important additional information on e.g. decoupling measures on PCBs.

Low Capacitance Probe HZ 555

When measuring at low signal levels and when low capacitive load is a matter, the low capacitance probe HZ555 is the right tool. It is a direct-contact probe to an oscilloscope probe. Due to its patented construction a ground termination by cable is not necessary (see also HZ553). The probe is of very high impedance (about 250 kOhms) and is loading the test point with less than 0.3pF (800 Ohms at 1GHz). Thereby one can measure directly in a circuit without significantly influencing the relationships in the circuit by the probe.

Radiation Probe HZ556

The passive probe HZ556 owns the same characteristics as the magnetic field probe HZ552 except, it does not feature a built-in amplifier. Thus it can be used as an emitting or receiving antenna.

Practical EMI problems

The electronics circuit designer meanwhile became knowledgeable as regards EMI prevention e.g. on EC boards. The worth of EMI countermeasures often is seen only when radiation is measured. As the amount of time and cost for such measurements is high, the effect of individual circuit changes is seldomly tested. After several circuit changes were made a test will not reveal anymore which effect an individual measure had.

It is hence advantageous to test prior to going to a test lab using the near-field probes resp. sniffer probes mentioned. The E field probe reacts to electric AC fields, the H field probe is sensitive to changes of magnetic flux.

Before using these probes one is well advised to realize which fields play the decisive role in modern EC boards. In the case of high voltages but low currents the E field will be predominant. In the case of low voltages and high currents the H field will dominate. The former case was the rule with electron tube circuits.

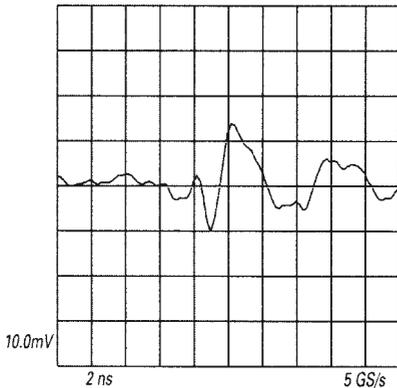
Modern IC's operate with low voltages and high currents. Of course, it is not the amplitude of a current which counts but in addition its rate of change (or frequency). If an electromagnetic wave is generated it is also the rate of change of the magnetic field vs. unit of time which is the determining factor.

It is exactly this component which is sensed by the H field probe. The amplitude of the probe signal is directly proportional to the flux change and thus to the change of the current creating the field. Hence these probes are eminently suited to a first and rough test of the efficiency of EMI counter-measures.

The majority of such probes suffer from a disadvantage: their spatial resolution is very limited. It is hence difficult to locate the source of the measured signal. Therefore, when shopping for a probe, it is advisable to look especially for a probe with high resolution of the magnetic field. This becomes ever more important as the degree of integration on EC boards increases so that localizing individual sources of interference requires resolution down to millimeters.

Measurements on 4 layer EC boards using HM554

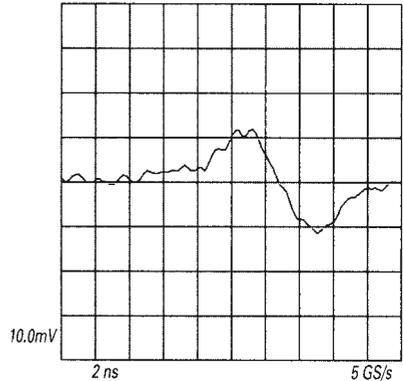
The following describes how to extract interesting details from the probe signals. Principally the signals may be displayed in the time or frequency domains. The displays, time may be more transparent. The following measurements were taken from a 4 layer EC board of „Europe“ format 100 x 160 mm square. The power distribution on this board is on individual layers. The distance between the Vcc- and groundlayers is 100 µm. In the middle of this board a set of capacitors is located which connect both layers for AC.



Picture 1: Current signal in the Vcclayer and close to the Vcc pin of a 74AC163.

Picture 1 shows the current signal in the vicinity of the Vcc pin of a 74AC163. The signal amplitude is proportional to the rate of change of the magnetic field and thus of the current at this location of the layer. The rise and fall times are in the subnanosecond range.

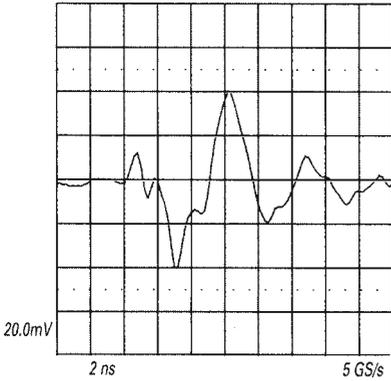
The reason is that the high frequency currents will flow mostly close to the Vcc pin as they can only be fed from the charge of the layers there. Such high frequency components can not be fetched far as the impedance would become too high. There is no bypassing capacitor at the Vcc pin as it would not be able to deliver high frequency current. Of course, the two layers Vcc and ground have a set of capacitors in the middle of the board. But this set can only deliver the low frequency components.



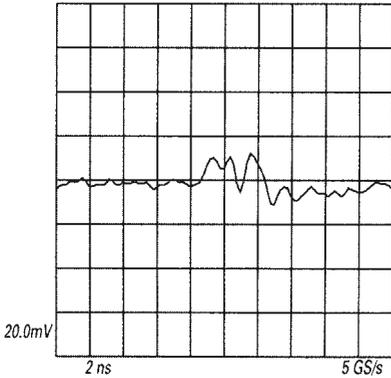
Picture 2: Current changes in the power distribution layers close to the set of capacitors.

Picture 2 shows the current changes in the vicinity of this set of capacitors. It is obvious that this signal is much slower than that of picture 1. Here the rise and fall times are approx. 3ns. The set of capacitors can only deliver current slowly to the layers. Such details are only visible with high resolution probes such as the µH field probe.

The following example demonstrates the effect of absorption measures. In picture 3 the signal was taken directly at the Vcc pin of a 74AC00 using the µH field probe. This IC is powered by a Vcc-ground system which is un damped. The changes of the magnetic field are strong.



Picture 3: Signal directly close to the Vccpin of a74AC00.

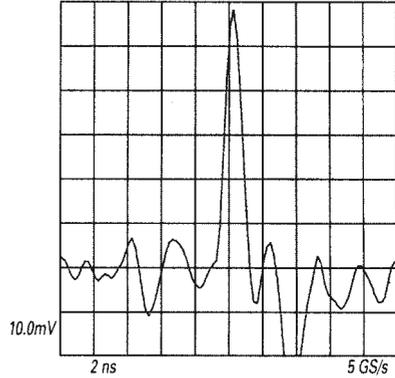


Picture 4: Comparable signal taken in a power-distribution system with 2 stage damping.

In contrast to this picture 4 shows the same signal pick-off point, but now the IC is powered by a two-stage damped distribution system. The Vcc pin is connected to the Vcc layer via a large bandwidth filter choke, also this layer is damped by a layer of carbon. The reduction of amplitude is obvious. Just using this probe allows to determine the effect of the measure without the use of any further equipment.

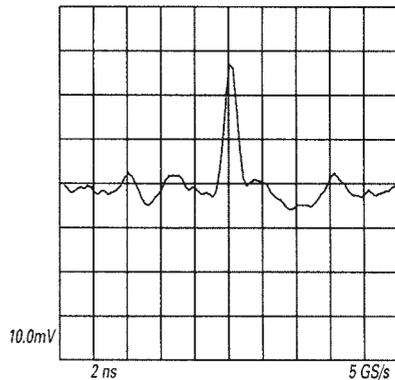
Signal at clock generator output

The last example shows the signal taken from a clock distribution point on a "Europe" size EC board. The signal is taken directly from the output of the clock generator. Picture 5 shows the signal without any EMI damping measures, a very large amplitude signal of 60mV is measured.



Picture 5: μ H field probe signal taken from a circuit with no EMI prevention measures taken.

A popular means of improving the situation is the insertion of a series resistance directly at the output of the clock generator. In this case 82 Ohms were used. Picture 6 shows the result: the signal amplitude is cut by half. The effect of the measure is visible immediately.



Picture 6: A series resistor at the output of the clock generator cuts the amplitude in half.

Practical Selection of Signal-Line Filters

The steadily increasing operating speed of modern digital logic causes significantly greater concerns with EMC problems. This has become more noticed by all manufacturers of electrical and electronic devices since 1 January 1996, the effective compliance date for the European Union EMC Directive. The EMC Directive does not cause the radiated interference problems, but it causes conflict with the requirements of compliance for each manufacturer.

The times are long gone when the EMC problems could be left to the EMC department or a non-compliant product was not noticed and could be sold anyhow. Every circuit designer must at the beginning of a development be aware of potential EMC problems to even allow the successful certification of a product. Printed circuit boards must be built differently than was possible several years ago. A reasonable broadband decoupling of the supply voltages is the present state-of-the-art. But also the design of signal lines must be considered and can not be left to chance. Digital signals have a spectrum with a bandwidth, B, that is related by:

$$B = 1 / (3.14 \cdot tr),$$

where tr is the risetime.

Consequently, the risetime of a digital signal transition is the determinant. The shorter the risetime, the wider the frequency range. However, the calculated bandwidth is not as important as the one that actually exists which can be significantly different than the calculated one. The reason for

this is that the calculated value is referenced to a capacitive total load. For most practical cases this does not occur. An approximate calculation shows that one half of the capacitive load means a twice faster risetime; e.g. a microprocessor has a specified risetime of 2×10^{-9} s (2ns). The capacitive load is supposed to be 150 pF. If a signal from this processor is loaded only with a CMOS gate of 12.5 pF, the risetime will be 12 times faster and a value of 200×10^{-12} s (200ps) must be expected. In the frequency domain, 200ps is equivalent to a bandwidth of 1.6 GHz. Even in practical circuits, where additional capacitance can be expected, actual bandwidths of over 1GHz are measurable.

From an EMC point of view, this is naturally very damaging. The actual risetime in CMOS circuits is not easily measurable in most digital labs. To measure the actual risetimes, oscilloscopes with the ability to measure 100ps (10E-10s) or smaller must be used. Such oscilloscopes are available but at a significant price.

A practical solution is to perform the measurements in the frequency domain: The digital function is observed with a „slower“ and economical oscilloscope and the relevant EMC characteristics are measured with a spectrum analyzer. Since the spectrum analysis of corresponding frequency ranges is technically simpler than the measurement of the equivalent risetimes, basic spectrum equipment can be obtained which is relatively more economical. Spectrum analyzers with a bandwidth of 1,000MHz are already suitable for analyzing CMOS circuits. The corresponding oscilloscopes are still very expensive.

Spectrum analyzers are high frequency equipment and have therefore an input impedance of 50 Ohms. They are therefore not suitable to

Figure 1

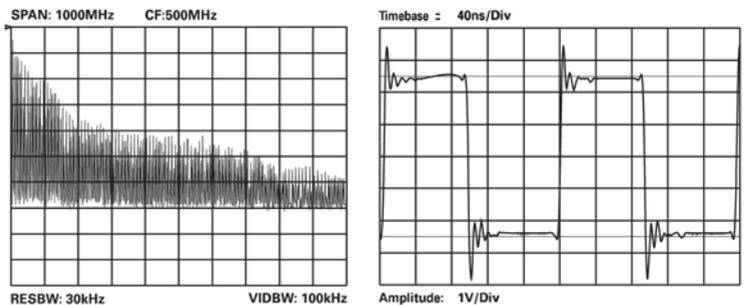
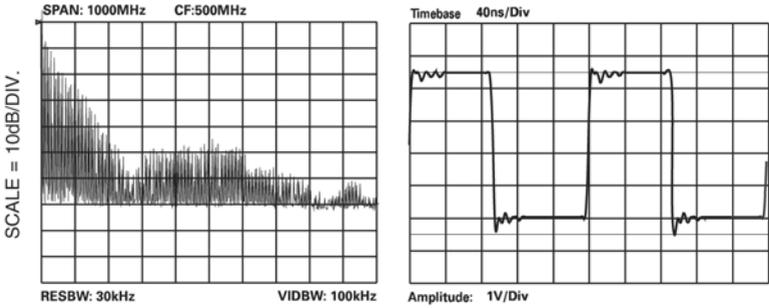


Figure 2



measure directly in digital circuits because of this impedance which will influence the circuit behavior. As a minimum the measurement results are false. Consequently, for the measurement in digital circuits a high impedance probe is required which does not load the circuit and convert the signal to a 50 Ohms system over a wide frequency range.

The following measurement results were measured with the High Impedance Probe connected to a Spectrum Analyzer and with a digital scope.

In principle, it is easy to assume that it is possible to select signal-line filters from catalog values. Well-known manufacturers offer filters with measurement data in the time- and frequency-domain. Unfortunately, the filter data is performed with an entirely resistive load and therefore the data looks very good. However, in practice an entirely resistive circuit seldom exists. Therefore, the filters must be evaluated when installed in a practical circuit. It is then observed that the performance of the filters is not as promised in the catalog. This shall be demonstrated with a series

of illustrative examples which are measured in circuits of the 74 ACT family. The gates are always operated with a 5MHz frequency.

Figure 1 shows the time and frequency domain outputs of such a gate which is mounted on a printed circuit and is not loaded. The frequency spectrum is measurable to 1,000MHz. In fact, it extends even above 1,000MHz, but for comparison purposes all measurements are scaled only 1,000MHz. In the time domain relatively strong over and under shoot and fast risetimes are observable. This signal is very poor relative to the EMC characteristics. The excessive bandwidth permits radiation to take place on relatively small printed circuit boards. When this signal is conducted to other parts, it is especially important to limit the spectrum to avoid excessive shielding structures.

As a first measure to limit the spectrum, a resistor is recommended between the gate output and the conductor connection. The conductor is simulated by an individual gate input to obtain a realistic circuit. The connection and the conductor length must correspond to the actual relationship to

Figure 3

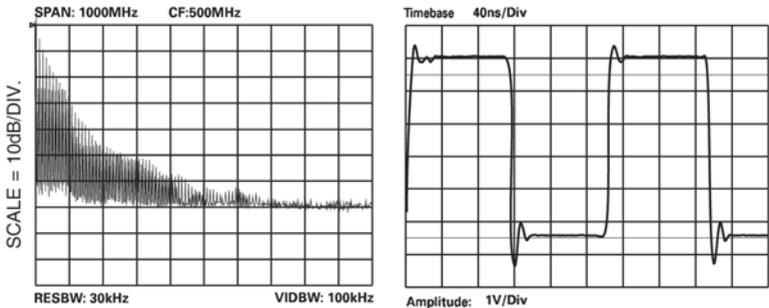
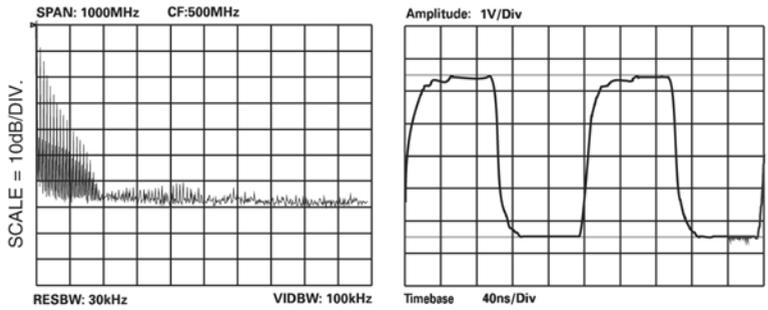


Figure 4



make the measurements of signal line filter evaluation meaningful. The effectiveness of line filters is strongly influenced by their termination.

Figure 2 shows the results when a 470ohms resistor is used. In the time domain a significant improvement occurs. The overshoot is reduced and the risetimes are somewhat slower. The linear dynamic range of an oscilloscope can not demonstrate adequately the EMC characteristics of the signal. The frequency spectrum shows only a slight decrease of the upper frequencies. The oscilloscope probe is partially responsible for this error since the probe has a capacitance of 6pF. The Hi-Z probe has only a load capacitance of 2pF. By selecting specific values of resistors the EMC characteristics may be slightly improved, but an EMC success can not be scored with only the insertion of a resistor. Another improvement can be made by inserting a capacitor to form an RC filter.

Figure 3 shows the results when 100pF is added to the 470ohms resistor. The load continues to be the printed circuit track and another gate input. In the time domain, the difference appears negligible. In the frequency domain, the middle and

upper frequency range is significantly improved. If a slower oscilloscope is used, any improvement would no longer be recognizable in the time domain. The limitation of using an oscilloscope and using only time domain measurements is easily recognizable: The EMC relevance of a suppression measure is not noticeable. The next step is to insert a 470ohms, 100 pF, 470ohms T-filter.

Figure 4 shows that the change is quite noticeable when compared to Figure 3. The frequency range is now practically reduced to 200 MHz. At the same time the risetime is significantly slowed down. The approach may be questionable if this slow risetime influences the digital operation. In this case, the component values may be varied to find a compromise between desired EMC characteristics and digital functionality. This suitable example demonstrates the effectiveness of the measurement procedures recommended here. Several complete signal-line filters are commercially available. The effectiveness of these filters can be evaluated using the same procedures.

Figure 5 shows the use of a three-pole capacitor used as a signal-line filter in the same circuit

Figure 5

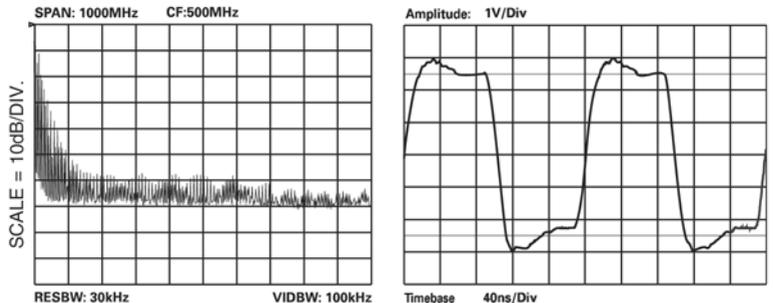
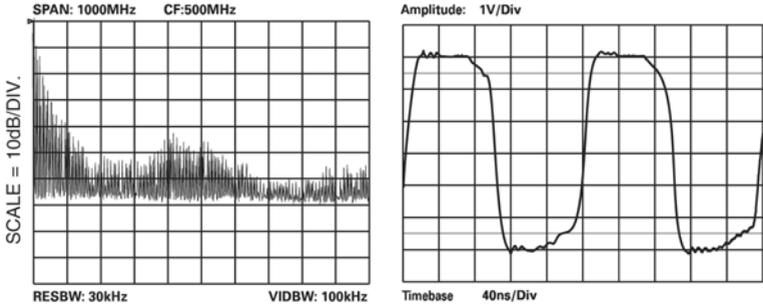


Figure 6



as used in the previous examples. The results are disappointing: Even though the risetime is significantly reduced, the frequency spectrum is only marginally reduced. This results from the generally poor ground connection of a three-pole capacitor which is relatively high in inductance compared to a R-C-R combination in surface mount technology (SMT). Some offered three-pole capacitors are poor high frequency filters.

Another example is a wideband choke used as a signal line filter.

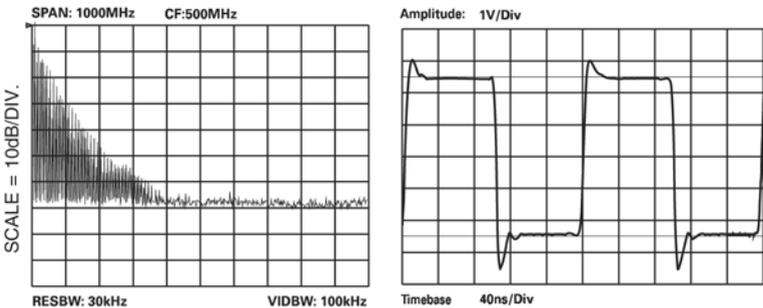
Figure 6 shows the results. The frequency spectrum is poorly suppressed, but the risetimes are significantly slowed down. It should be noticed here that a time domain analysis only will lead to poor EMC performance and the wrong conclusions. This is an expensive measure that will influence the digital function with disappointing EMC suppression.

As a final example a modern SMT chip filter consisting of two ferrite beads and a feed-through capacitor is shown.

Figure 7 shows the results which are relatively good. The spectrum is limited and the risetime is surprisingly fast. The over- and under-shoot is somewhat disappointing. This occurs in filters which consist of only inductance and capacitance.

In conclusion, it is observed that the digital circuit designer who is aware of EMC problems, must look at the frequency domain and not only at the time domain or a false picture may result. Theoretically, everything is contained in the time domain which is only differently presented in the frequency domain. The problem rests with the linear presentation and the resolution of the oscilloscope. Using a generally poor oscilloscope will not lead to a theoretically optimal solution.

Figure 7



Measurement of the Shielding Attenuation of shielded housings with the E-Field Probe

What are the results if I surround the entire equipment in a shielded housing? This question will be asked if I fail the CE-Mark EMC test. Unfortunately, this question can not be answered in general because a metallic housing is not always a good shield. No one wants to wait until the next full-scale EMC test for the results. What if the EUT fails again? What is needed is a simple measurement procedure to determine the relative improvement of the radiated RFI. For this purpose the highly sensitive E-Field probe is used, which is used as broad bandwidth measurement antennas to help answer the above questions.

First, before the E-field probe is used, determination must be made if the probe has sufficient sensitivity and bandwidth. In general, all passive probes are not usable since they have insufficient sensitivity. The simplest solution to determine the sensitivity and bandwidth is to measure the existing ambient field in the practitioner's laboratory that is generated by the surrounding transmitters from 0 to 1,000MHz.

Figure 8 shows the result of such a measurement which was made with the active E-field probe from the HZ540/550 probe kit connected to a spectrum analyzer. From 0 to 50MHz, Figure 8 shows relative high levels which originate from transmitters in the broadcast band and shortwave region. In the frequency range near 100MHz signals from FM stations are noticeable. Since in the particular case measured, there were no nearby FM transmitters, the amplitudes are relatively low. The strongest signal observed was a UHF TV transmitter at 474 MHz which was located only 15 km from the laboratory. Then up to 800 MHz are several weaker (more distant) UHF TV transmitters. The final signals occur above 900MHz which are related to cellular telephones. This data shows that the probe is wideband and has sufficient sensitivity. From the AM band around 1MHz to the cellular telephone band there are spectrum lines which are significantly above the noise level. Of course, the spectrum display will be different at each location depending on the relative distance of transmitters. Even in rural areas

cellular telephone lines must show the absence of which would show that the probe has insufficient sensitivity at the higher frequencies.

Measurement of the Ambient Spectrum.

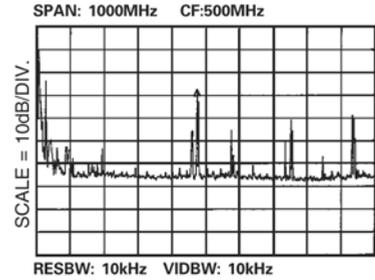


Figure 8

The measurement of the ambient spectrum serves not only to determine probe sensitivity. If the measurements are not performed in a shielded room, the ambient signals can also serve as a reference to recognize the most important frequencies which do not originate from the EUT.

To perform the measurements, the EUT is set up, without the additional shield, at a minimum distance of 0.5 meter from the probe. Then the EUT is rotated in azimuth to find the maximum of the radiation from the EUT. At this point the data is recorded as shown in Figure 9.

EUT RFI Characteristics without Additional Shield

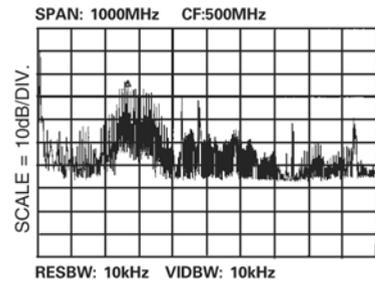


Figure 9

Comparison of Figure 9 with Figure 8 shows that RFI is radiated up to a frequency of 1GHz. The maximum of the radiated power occurs at frequencies between 250 to 350MHz. The strongest signal is at the marker frequency of 275MHz at a level of 42.8 dBm.

Next, the same measurement is performed with the additional shielding around the EUT. Again the EUT must be rotated in azimuth until the maximum RFI is observed. The direction may be different than in the non-shielded equipment.

EUT RFI Characteristics with Additional Shielding

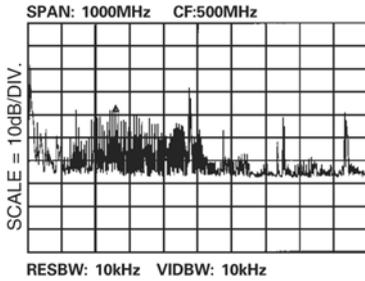


Figure 10

Figure 10 shows the data with the additional shield. By comparing Figure 10 with Figure 9, it is observed that the entire spectrum is lower. The shielding attenuation can be determined from these two figures. For the marker frequency of 275MHz a signal of -55.9 dBm gives a shielding effectiveness of $[-42.8(-)-55.9 \text{ dBm}]$ of 13.1 dB. For the frequency of 800MHz, the shielding effectiveness is only 9 dB. Shielding effectiveness of this magnitude are hardly worth the additional sheet metal. But such results are quite common. These measurements were performed on an EUT which was low-price frequency counter. There is other equipment where similar results are obtained because the radiation may also occur from windows and other openings in the housing or cables connected to the EUT. However, it is cost-effective to measure before spending money for sheet metal.

Commonly asked questions about pre-compliance emissions testing

The EMC Directive has prompted a large selection in the choice of EMC test instruments. In particular, a new class of low-cost pre-compliance instruments has opened an debate on the merits of this new class of instruments compared with established high-cost EMC compliance test equipment. In this situation it's not surprising that a high degree of confusion prevails. In order to get a clear view of the situation, the first step is to define compliance and pre-compliance EMC test equipment and then establish how they differ.

HAMEG Instruments has considerable experience with both types of equipment. We use high-cost equipment for compliance testing and also specify and design low-cost pre-compliance equipment. As a result, we are well positioned to express a balanced view in this debate.

The following questionnaire is a summary of commonly asked questions concerning the practical use of HAMEG measuring equipment for EMC pre-compliance testing and how useful EMC pre-compliance instruments are in general.

How can pre-compliance instruments be defined?

EMC standards for both radiated and conducted emissions require that compliance measuring equipment conforms to CISPR 16-1. This requirement implies that for full compliance tests you need expensive, high-quality receivers. On the other hand, you can use pre-compliance equipment as tools to build EMC conformance into your products during design and development. Often the debate over compliance or pre-compliance instruments reduces to a choice between a test receiver or a spectrum analyzer. However, these definitions and choices are not the whole story because the way you make EMC measurements can have more influence on the validity of a test than the type of equipment you use.

Why is there such a cost difference between compliance and pre-compliance test instruments?

Instruments for making compliance measurements must conform to CISPR 16. This standard details stringent requirements, and some are costly to implement. Pre-compliance instruments provide valuable measurements and possess some of the features of compliance equipment. Generally, though, pre-compliance instruments do not need to conform fully to CISPR 16 and therefore can cost less.

Compliance equipment is your first choice if money is no object. In reality, often you cannot justify the cost of such equipment and need a more economical approach. Pre-compliance instruments cost less and can provide useful measurements, but you must be aware of the difference between the two types of equipment and what you get as a measurement result. It is entirely possible to make meaningless measurements with a US\$50,000 CISPR-compliant receiver. Equally, you can make valuable measurements with a US\$5,000 pre-compliance set-up.

How important is EMC training?

EMC training is vital irrespective of whether you make compliance or pre-compliance measurements. Much of the current debate regarding the two types of instruments is rooted in misconceptions that arise because of lack of knowledge and training. Without proper training you can make meaningless measurements irrespective of the type of equipment you use.

How important is an instrument's amplitude accuracy?

An instrument's amplitude accuracy is important, but uncertainty for the whole measurement is of equal importance. If total measurement uncertainty is $\pm 6\text{dB}$, the additional uncertainty between a $\pm 0.5\text{dB}$ receiver accuracy and a $\pm 2\text{dB}$ spectrum analyzer accuracy is small.

Should pre-compliance instruments contain "CISPR bandwidths"?

The significance of CISPR bandwidths depends if your objective is full compliance or pre-compliance testing. Not all pre-compliance equipment necessarily contains CISPR-compliant bandwidths.

How will the level of ambient signals affect my radiated emissions measurements and will using fully compliant measuring equipment help?

The level of ambient signals that exist in your laboratory or at a particular "open area test site" directly affects your ability to make radiated emissions measurements. In some industrial environments, the existing ambient may make obtaining radiated emissions measurements very difficult. There is no advantage in using compliance instruments in such locations.

Will a screened room overcome the problem of ambient signals?

Any Faraday cage structure provides screening from externally generated ambient signals. However, in an unlined screened room, any electromagnetic energy inside from the unit under test, for instance - reflects from all the metallic surfaces of the room. The result is a very uneven and position sensitive field, and you will measure different levels depending on the positions of both the unit and the antenna. You may encounter errors up to ± 40 dB irrespective of the instruments you use.

Can I make meaningful radiated emissions measurements with a near field probe instead of an antenna?

The two types of measurements are different. In fact, they are complementary and not alternatives. A near field probe only operates in the "near field", whereas an antenna operates in the "far field". In the near field you cannot easily quantify the impedance of the source, whereas in the far field the impedance of free space is a constant 377Ohms.

For example, a near field probe allows you to detect RF currents on printed circuit boards, and consequently enables you to pin-point problem signals that you first observed using an antenna on an open area test site. If you are going down to detect the source of the radiation (e.g. a transistor, IC, or any other component) on the contact-level, the high-impedance probe of the HZ530 probe set is indispensable for measurements due to its ultra-low input capacitance of 2pF only.

Do spectrum analyzers have any advantages over receivers?

Yes. Spectrum analyzers are generally more flexible, particularly for design and diagnostic testing. The main advantage is that you can observe large frequency spans, whereas a receiver only displays one amplitude and one frequency at a time. An additional advantage of the HM5000 Spectrum Analyzer series is its fast sweep rate. The display is "updated" every 23ms which allows very fast tracking of the test signal.

Will a spectrum analyzer allow me to make sensible emissions measurements?

The main problem with noise floor occurs when you make radiated emissions measurements. Radiated emissions limits for residential, commercial, or light industrial environments with a 10-meter separation between a unit under test and an antenna are 30 to 230 MHz for 30 dB μ V/m, and 230 to 1000 MHz for 37 dB μ V/m. A typical maximum receiver noise floor is 1-5 dB μ V, whereas for a spectrum analyzer the noise floor is around 10-20 dB μ V. Clearly, sensible measurements at some frequencies are not easily obtained with a spectrum analyzer because the noise floor is comparable with the limit.

You can overcome this limitation by using a 3-meter test distance, or by use of a pre-selector or preamplifier (which is built-in for example in the E-Field probe of the HZ530) with the spectrum analyzer. Each of these methods effectively increases the limit or reduces the noise floor of the measurement.

On the other hand we observed in many cases clearly noticeable radiation from the test receiver or measuring equipment itself. Concerning this phenomena the HM5000 series spectrum analyzer has a big advantage due to its strictly analog design. There is no self generated radiation measurable from the analyzer within its own sensitivity range.

Does a spectrum analyzer's response to pulsed interference influence the measurement result?

CISPR 16 contains a curve that defines how quasi-peak detectors respond to a pulsed signal. The curve is based upon the signal's pulse repetition frequency (PRF). For a 30MHz to 1000MHz radiated emissions measurement, the measured value of the input signal can potentially be reduced by a figure up to about 40dB. This number is also known as the overload factor. The design of a compliance receiver ensures this response. However, pulsed signals can overload a spectrum analyzer's input circuitry, particularly on signals with a very low PRF. In practice, few signals have such a low PRF and therefore errors occur infrequently.

What are the results if I surround the entire equipment under test in a shielded housing?

This question is often asked if a CE-Mark EMC test is failed. Unfortunately, this question can not be answered in general because a metallic housing is not always a good shield. No one wants to wait until the next full-scale EMC test for the results. What if the EUT fails again? What is needed is a simple measurement procedure to determine the relative improvement of the radiated RFI. For this purpose the highly sensitive E-Field probe is used, which is used as broad bandwidth measurement antenna to help answer the above questions.

Does the E-Field-Monopole of the HZ540/550 have sufficient sensitivity for pre-compliance testing?

First, before the E-field probe is used, determination must be made if the probe has sufficient sensitivity and bandwidth. In general, all passive probes are not usable since they have insufficient sensitivity. The E-Field-Monopole is sensitive enough to be used as an antenna for radio or TV reception. With this probe the entire radiation from a circuit or an equipment can be measured

Oscilloscopes



Spectrum Analyzers



Power Supplies



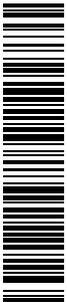
Modularsystem
Series 8000



Programmable Instruments
Series 8100



authorized dealer



47-0540-5010

www.hameg.com

Subject to change without notice

47-0540-5010 / 24112008

© HAMEG Instruments GmbH

A Rohde & Schwarz company

® registered trademark



DQS-Certification: DIN EN ISO 9001:2000

Reg.-Nr.: DE-071040 QM

HAMEG Instruments GmbH

Industriestraße 6

D-63533 Mainhausen

Tel +49 (0) 61 82 800-0

Fax +49 (0) 61 82 800-100

sales@hameg.de