

HZ530

Near Field Probes

Benutzerhandbuch

User Manual

ManualPlus.com

HAMEG
Instruments
A Rohde & Schwarz Company



5800489202

Inhaltsverzeichnis

HZ530-Sondensatz für EMV-Diagnose	6
Technische Daten.....	7
Allgemeines	8
Wichtige Hinweise	9
Betriebsbedingungen	10
Gewährleistung.....	10
Grundlagen der Messtechnik mit Nahfeldmesssonden	11
Die H-Feld-Sonde.....	11
Die Hochimpedanzsonde	11
Der E-Feld-Monopol	10
Inbetriebnahme.....	12
Sicherheitshinweis!	14
Applikationen für die Nahfeldsonden HZ 530	15
Messung der Schirmdämpfung von Abschirmgehäusen ..	22

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. In Fällen wo unterschiedliche Grenzwerte möglich sind, 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 zwischen Messgerät und Computer eine Länge von 3 Metern aufweisen. 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 eine Länge von 3 Metern nicht erreichen. 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 Messgeräte

Beim Vorliegen starker hochfrequenter elektrischer oder magnetischer Felder kann es trotz sorgfältigen Messaufbaues über die angeschlossenen Messkabel zu Einspeisung unerwünschter Signalteile in das Messgerät kommen. Dies führt bei unseren Messgeräten nicht zu einer Zerstörung oder Außerbetriebsetzung des Messgerätes. Geringfügige Abweichungen des Messwertes über die vorgegebenen Spezifikationen hinaus können durch die äußeren Umstände in Einzelfällen jedoch auftreten

Dezember 1995

HAMEG Instruments GmbH

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG
DECLARATION OF CONFORMITY
DECLARATION DE CONFORMITE



HAMEG®
Instruments

A Rohde & Schwarz Company

Name und Adresse des Herstellers
Manufacturer's name and address
Nom et adresse du fabricant

HAMEG Instruments GmbH
Industriestraße 6
D - 63533 Mainhausen

Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG Instruments GmbH déclare la conformité du produit

Bezeichnung / Product name / Designation: **Near Field Sniffer Probes**

Typ / Type / Type: **HZ530**

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options: -

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility / Compatibilité électromagnétique

EN 50082-2: 1995 / VDE 0839 T82-2
ENV 50140: 1993 / IEC (CEI) 1004-4-3: 1995 / VDE 0847 T3
ENV 50141: 1993 / IEC (CEI) 1000-4-6 / VDE 0843 / 6
EN 1000-4-2: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-2: 1995 / VDE 0847 T4-2: Prüfschärfe / Level / Niveau = 2

EN 61000-4-4: 1995 / IEC (CEI) 1000-4-4: 1995 / VDE 0847 T4-4: Prüfschärfe / Level / Niveau = 3

EN 50081-1: 1992 / EN 55011: 1991 / CISPR11: 1991 / VDE0875 T11: 1992

Gruppe / group / groupe = 1, Klasse / Class / Classe = B

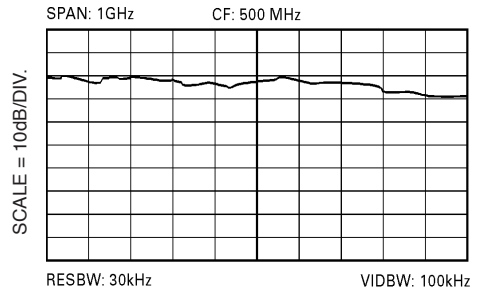
Datum / Date / Date

23.01.1996

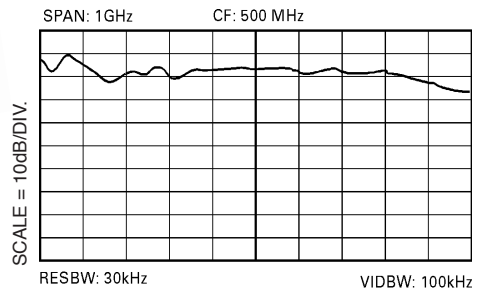
Unterschrift / Signature / Signatur

Dr. J. Herzog
Technical Manager
Directeur Technique

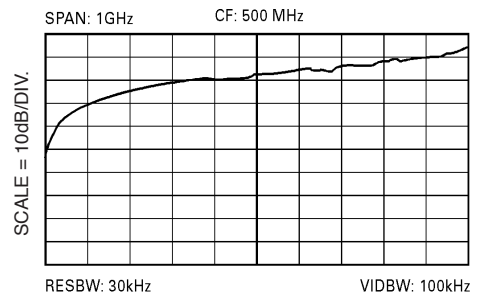
HZ530-Sondensatz für EMV-Diagnose



Typischer Frequenzverlauf Hochimpedanz Sonde



Typischer Frequenzverlauf E-Feld-Sonde



Typischer Frequenzverlauf H-Feld-Sonde

Technische Daten

Frequenzbereich:	100 kHz – $\geq$ 1000 MHz (untere Grenzfrequ. abhängig von Sondentyp)	
Ausgangsimpedanz:	50 Ω	
Anschluss:	BNC-Buchse	
Eingangskapazität:	ca. 2pF (Hochimpedanzsonde)	
Max. Eingangspegel:	+10dBm (zerstörungsfrei)	
1dB-Kompressionspunkt:	-2dBm (frequenzabhängig)	
Max. DC-Eingangsspg.:	20V	
Versorgungsspannung:	6V DC Versorgungsspannung durch Spektrum Analysator oder 4 x 1.5 V Mignon Zelle	
Stromaufnahme:	ca. 8mA; ca. 15mA; ca. 24mA;	H-Feld Sonde E-Feld Sonde Hochimpedanzsonde
Sondenmaße (BxHxL):	40 x 19 x 195 mm	
Gehäuse:	Kunststoff innen elektrisch geschirmt.	
Lieferumfang:	Transportkoffer, 1 H-Feld Sonde, 1 E-Feld Sonde, 1 Hochimpedanzsonde, 1 BNC-BNC Kabel 1 Spannungsversorgungskabel	
Batterien (Typ Mignon) gehören nicht zum Lieferumfang		

Allgemeines

Die Sonden haben je nach Typ eine Bandbreite von 100kHz bis über 1000MHz. Sie sind in modernster Technologie aufgebaut, und GaAs-FET sowie monolitische integrierte Mikrowellen Schaltungen (MMIC) sorgen für Rauscharmut, hohe Verstärkung und Empfindlichkeit. Der Anschluss der Sonden an Spektrumanalysator, Messempfänger oder Oszilloskop erfolgt über ein ca. 1,5m langes BNC-Koaxial Kabel. Die in den Sonden schon eingebauten Vorverstärker (Verstärkung ca. 30 dB) erübrigen den Einsatz von externen Zusatzgeräten.

Die Sonden werden entweder durch einsetzbare Batterien/Akkus betrieben oder können direkt aus dem HAMEG Spektrumanalysator HM5010 mit Spannung versorgt werden. Die schlanke Bauform erlaubt guten Zugang zur zu prüfenden Schaltung auch in beengter Prüfumgebung. Mittels eines Akkusatzes hat jede Sonde eine Betriebsdauer von ca. 20 - 30 Stunden.

Der HZ530-Sondensatz besteht aus drei aktiven Breitbandsonden für die EMV-Diagnose bei der Entwicklung elektronischer Baugruppen und Geräte auf Laborebene. Er enthält eine aktive Magnetfeldsonde (H-Feld-Sonde), einen aktiven E-Feld-Monopol und eine aktive Hochimpedanzsonde. Die Sonden sind zum Anschluss an einen Spektrum-Analyzer vorgesehen und haben daher einen koaxialen Ausgang mit einem Wellenwiderstand von 50Ω .

H-Feld Sonde

Die H-Feld-Sonde gibt einen der magnetischen Wechsel-Feldstärke proportionalen Pegel ab. Mit ihr können Störquellen in elektronischen Baugruppen relativ eng lokalisiert werden und Abschirmungen auf „undichte“ Stellen untersucht werden.

E-Feld Sonde

Der E-Feld-Monopol wird z.B. verwendet, um die Wirkung von Abschirmmaßnahmen zu prüfen. Mit ihm kann auch die Gesamtwirkung von Filtermaßnahmen beurteilt werden, soweit sie etwa das Gerätegehäuse verlassende Kabel und Leitungen betreffen. Ferner kann man mit dem E-Feld-Monopol Relativmessungen zu Abnahmeprotokollen durchführen.

High-Impedanz Sonde

Die Hochimpedanzsonde ermöglicht eine Untersuchung des Störpegels auf einzelnen Kontakten oder Leiterbahnen. Sie belastet den zu prüfenden Messpunkt mit nur 2pF. Dadurch kann direkt in der Schaltung gemessen werden, ohne nennenswerte Veränderungen der Verhältnisse durch den Messeingriff.

Wichtige Hinweise

Allgemeines

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.

Symbole



Bedienungsanleitung beachten



Hochspannung



Erde

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 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 entsprach).

Betriebsbedingungen

Der zulässige Umgebungstemperaturbereich während des Betriebs reicht von +10°C... +40°C. Während der Lagerung oder des Transports darf die Temperatur zwischen -40°C und +70°C betragen. Hat sich während des Transports oder der Lagerung Kondenswasser gebildet, müssen die Sonden ca. 2 Stunden akklimatisiert werden, bevor sie in Betrieb genommen werden. Die Sonden sind zum Gebrauch in sauberen, trockenen Räumen bestimmt. Die Betriebslage ist beliebig.

Gewährleistung

Unsere Geräte unterliegen einer strengen Qualitätskontrolle. Jedes Gerät durchläuft vor dem Verlassen der Produktion einen 10-stündigen „Burn in-Test“. Anschließend erfolgt ein umfangreicher Funktions- und Qualitätstest, bei dem alle Betriebsarten und die Einhaltung der technischen Daten geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Prüfmitteln, die auf nationale Normale rückführbar kalibriert sind. Es gelten die gesetzlichen Gewährleistungsbestimmungen des Landes, in dem das Produkt erworben wurde. Bei Beanstandungen wenden Sie sich bitte an den Händler, bei dem Sie das Produkt erworben haben.



Das Produkt darf nur von dafür autorisiertem Fachpersonal geöffnet werden. Vor Arbeiten am Produkt oder Öffnen des Produkts ist dieses von der Versorgungsspannung zu trennen, sonst besteht das Risiko eines elektrischen Schlages.

Abgleich, Auswechseln von Teilen, Wartung und Reparatur darf nur von autorisierten Fachkräften ausgeführt werden. Werden sicherheitsrelevante Teile (z.B. Netzschalter, Netztrafos oder Sicherungen) ausgewechselt, so dürfen diese nur durch Originalteile ersetzt werden. Nach jedem Austausch von sicherheitsrelevanten Teilen ist eine Sicherheitsprüfung durchzuführen (Sichtprüfung, Schutzleitertest, Isolationswiderstands-, Ableitstrommessung, Funktionstest). Damit wird sichergestellt, dass die Sicherheit des Produkts erhalten bleibt.

Grundlagen der Messtechnik mit Nahfeldmesssonden

Die H-Feld-Sonde

Die H-Feld-Sonde gibt einen der magnetischen Wechsel-Feldstärke proportionalen Pegel an das angeschlossene Messsystem ab. Mit ihr können Störquellen in elektronischen Baugruppen relativ eng lokalisiert werden. Dies hat seine Ursache darin, dass moderne elektronische Baugruppen als Störer meist niederohmig wirken (relativ kleine Spannungsänderungen bei entsprechend großen Stromänderungen). Die abgestrahlten Störungen beginnen daher an ihrer Quelle zunächst überwiegend mit einem magnetischen Wechselfeld. Da beim Übergang vom Nah- zum Fernfeld das Verhältnis vom magnetischen zum elektrischen Feld die $377\ \Omega$ Wellenwiderstand des freien Raumes erreichen muss, nimmt das H-Feld zunächst mit der dritten Potenz des Abstandes vom Störer ab. Eine Verdoppelung des Abstandes bedeutet ein Abnehmen des Feldes auf ein Achtel.

Beim praktischen Gebrauch der H-Feld-Sonde bemerkt man deshalb ein sehr starkes Ansteigen des Pegels bei Annäherung an den Störer. Beim Absuchen einer Baugruppe mit der H-Feld-Sonde fallen die Störer daher sofort auf. Es kann z.B. schnell festgestellt werden, welcher IC stark stört und welcher nicht. Ferner kann hierbei auf einem Spektrumanalysator erkannt werden, wie sich die Störleistung über den Frequenzbereich verteilt. Somit kann man Bauelemente, die aus EMV-Gründen weniger geeignet sind, schon früh in der Entwicklung eliminieren. Die Wirkung von Gegenmaßnahmen lässt sich qualitativ gut beurteilen. Man kann Abschirmungen auf „undichte“ Stellen untersuchen, und Kabel oder Leitungen auf mitgeführte Störleistungen absuchen.

Die Hochimpedanzsonde

Die Hochimpedanzsonde ermöglicht eine Untersuchung des Störpegels auf einzelnen Kontakten oder Leiterbahnen. Sie ist sehr hochohmig (Isolationswiderstand des Leiterplattenmaterials) und belastet den zu prüfenden Messpunkt mit nur 2pF . Dadurch kann direkt in der Schaltung gemessen werden, ohne nennenswerte Veränderungen der Verhältnisse durch den Messeingriff.

Es kann z.B. die Wirkung von Filter- und Abblockmaßnahmen quantitativ gemessen werden. Es können einzelne Anschlüsse von IC's als Störer identifiziert werden. Innerhalb von Leiterplatten können problematische Leiterbahnen ermittelt werden. Mit dieser Sonde kann man jeden einzelnen Punkt einer Schaltung direkt dem Spektrumanalysator zugänglich machen.

Die niedrige Eingangskapazität und der flache Amplitudenverlauf der Hochimpedanzsonde macht sie auch hervorragend zur Messung von Frequenzen und Signalanteilen bis in den GHz-Bereich mittels eines Oszilloskopes nutzbar. Die geringe Belastung wird unter anderem durch Einsatz eines kapazitiven Spannungsteilers am Eingang der Sonde und den nachfolgenden Verstärker erreicht. Trotz des eingebauten Verstärkers hat die Sonde jedoch eine Abschwächung von ca. 30dB auf.

Der E-Feld-Monopol

Der E-Feld-Monopol hat von allen drei Sonden die höchste Empfindlichkeit. Er ist so empfindlich, dass man ihn ohne weiteres als Antenne zum Radio- oder Fernsehempfang benutzen könnte. Daher kann man mit ihm die Gesamtabstrahlung einer Baugruppe oder eines Gerätes beurteilen.

Er wird z.B. verwendet, um die Wirkung von Abschirmmaßnahmen zu prüfen. Mit ihm kann auch die Gesamtwirkung von Filtermaßnahmen beurteilt werden, soweit sie etwa das Gerätegehäuse vorlassende Kabel und Leitungen betreffen, und damit die Gesamtabstrahlung beeinflussen. Ferner kann man mit dem E-Feld-Monopol Relativmessungen zu Abnahmeprotokollen durchführen. Dies macht es möglich, erforderliche Nachbesserungen so gezielt auszuführen, dass man bei der Abnahmeprüfung nicht ein zweites Mal durchfällt. Ferner können Abnahmeprüfungen so gut vorbereitet werden, dass man im allgemeinen vor Überraschungen sicher ist.

Inbetriebnahme

Vor Beginn der ersten Messung mit den Sonden HZ530 sind die Hochimpedanzsonde und die E-Feld-Sonde mit den notwendigen Antennen zu versehen. Diese befinden sich in Form von ca. 0.8mm starken, geraden Drähten in einem kleinen Plastikbeutel im Transportkoffer des Sondensatzes. Das Einstecken der Antennen erfolgt mittels einer Zange und unter Anwendung von sanfter Gewalt.

Die Öffnung zur Aufnahme der Antenne befindet sich jeweils im verjüngten vorderen Teil der Sonde. Die kurze Tastspitze ist für die Hochimpedanzsonde vorgesehen. Die längere Antenne wird für die E-Feld-Sonde verwendet. Je nach vorgesehenem Frequenzbereich kommt die kürzere (ca. 6.5cm) oder längere (9.5cm) Antenne zum Einsatz.

Anschließend wird die Spannungsversorgung der Sonden sichergestellt. Beim Einsatz eines HM5010/5011 kann dies direkt, mittels des mitgelieferten Spezialkabels, aus dem Spektrumanalysator geschehen. Batterien sind dann nicht erforderlich. Wird ein anderer Spektrumanalysator, ein Oszilloskop oder ein Messempfänger für die Messungen verwendet, so erfolgt die Versorgung durch 4 Mignon-Zellen entweder in Form von Batterien oder entsprechender wiederaufladbarer Akkus.

Zu Beginn der Messung ist die jeweils verwendete Sonde mittels des neben dem BNC-Anschluss befindlichen Schalters in Betrieb zu nehmen. Dies ist unabhängig davon ob die Sonde durch Batterien oder den Spektrum-Analysator versorgt wird. Auf jeden Fall sollte man bei Verwendung von Batterien bei Nichtgebrauch der Sonden die Spannungsversorgung abschalten. Im Normalfall hat ein Satz Batterien eine Lebensdauer von ca. 20-30 Stunden.

Der Anschluss der Sonden an Spektrumanalysator, Messempfänger oder Oszilloskop erfolgt durch ein mitgeliefertes BNC-Kabel von ca. 1.5 m Länge. 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 1m bis 1.5m 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. 20V; AC max. +10dBm) 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 40V 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 Messergebnissen 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.

Denken auch Sie an unsere Umwelt. Zur Spannungsversorgung der Sonden sollten Sie möglichst das mitgelieferte Versorgungskabel einsetzen. Ist dies nicht möglich, sollten wiederaufladbare Akkus verwendet werden. Bei der Verwendung von Batterien stellen Sie bitte die sachgerechte Entsorgung sicher.

Applikationen für die Nahfeldsonden HZ 530

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 einstufte, 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 tr 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 unterscheiden. 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 2ns 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 digital-technischen Labors nicht messen. Hierfür müssten Oszilloskope bereitstehen, die Zeiten von 100ps 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 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 Spektrumanalysator hochfrequenztechnische Geräte sind, haben sie üblicherweise einen 50 Ω Eingang. Dies macht sie zur Messung in Digitalschaltungen ungeeignet, weil der Anschluss einer solchen Last in der Regel von der Schaltung nicht verkraftet 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 $50\ \Omega$ umsetzt.

Im Prinzip könnte man auf den Gedanken kommen, Signalleitungsfiler 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.

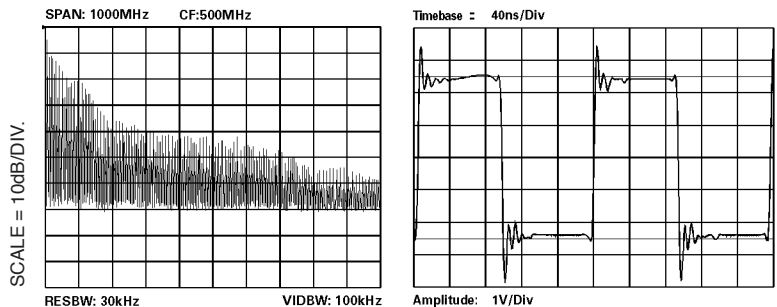


Bild 1 zeigt die Ergebnisse an einem solchen Gatter, welches auf einer Leiterplatte bestückt ist und dessen Ausgang im Leerlauf arbeitet. Das Spektrum deckt den gesamten Bereich bis 1000MHz ab. Tatsächlich reicht es noch darüber hinaus, aber die Spektren in den vorliegenden Bildern sind alle bis 1000 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.

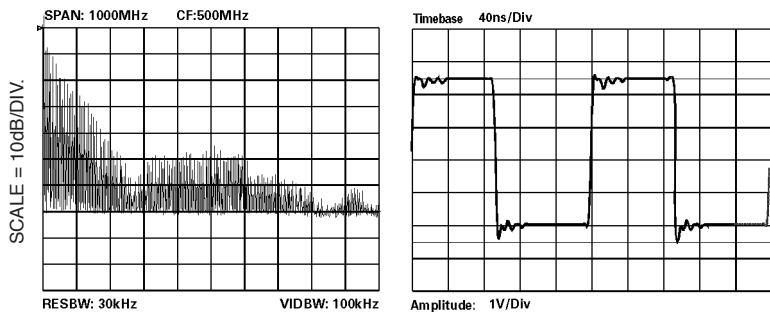


Bild 2 zeigt die entsprechenden Ergebnisse für einen 470Ω Widerstand. Im Zeitbereich erkennt man eine deutliche Verbesserung: Die Überschwinger sind gemindert, die Flanken weniger steil. Leider täuscht das Ergebnis. Die geringe Dynamik der linearen Darstellung des Oszilloskops kann die EMV-relevanten 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 6pF kapazitive Last mitbringt. Die Hochimpedanz-Sonde weist dagegen nur eine Belastungskapazität von 2pF 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.

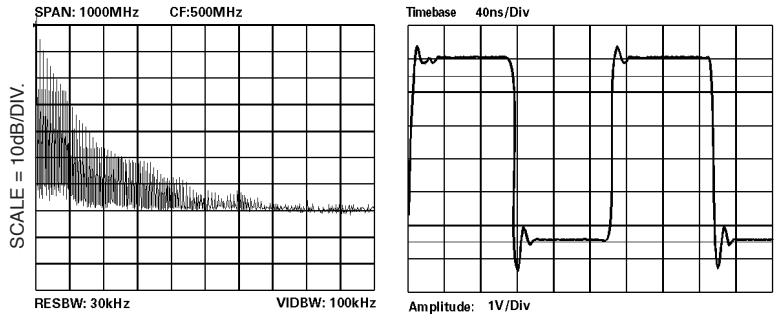


Bild 3 zeigt die Resultate für eine Bestückung mit 47Ω und 100pF . Auch hier erfolgt die Belastung des Aufbaus, wie bisher, mit der Leiterbahn und dem einzelnen Gattereingang. Im Zeitbereich ist im Vergleich zu Bild 2 kaum eine Veränderung erkennbar. Der Frequenzbereich zeigt aber besonders im mittleren 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.

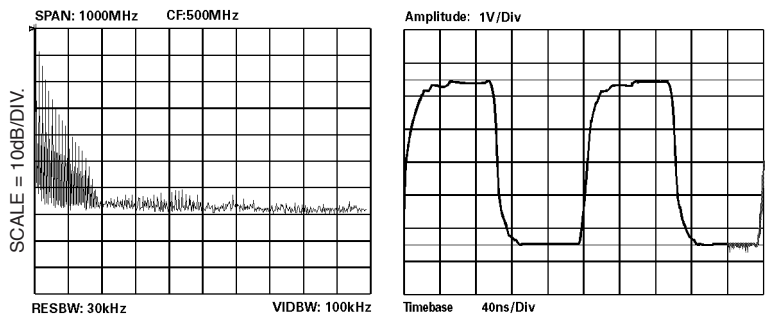


Bild 4

Der nächste Schritt besteht in dem Ausbau des Signalleitungsfilters zu einem R-C-R-Glied. Es wurde mit 47Ω , 100pF und 47Ω bestückt. Die Veränderung in Bezug zum vorherigen Zustand ist massiv. Der Frequenzbereich ist praktisch auf 200MHz 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 Signalleitungsfilter im Angebot. Auch die Wirksamkeit dieser Filter lässt sich messtechnisch in der gleichen Weise verifizieren.

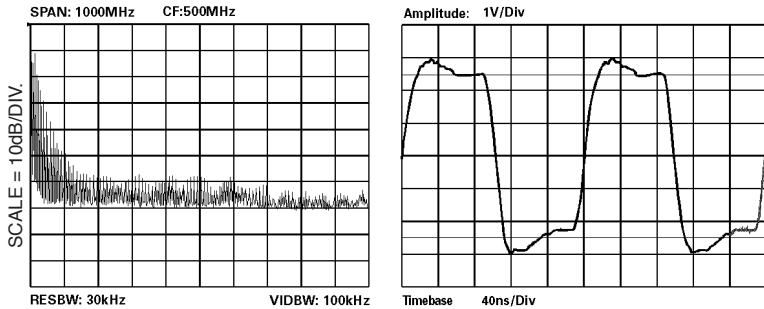
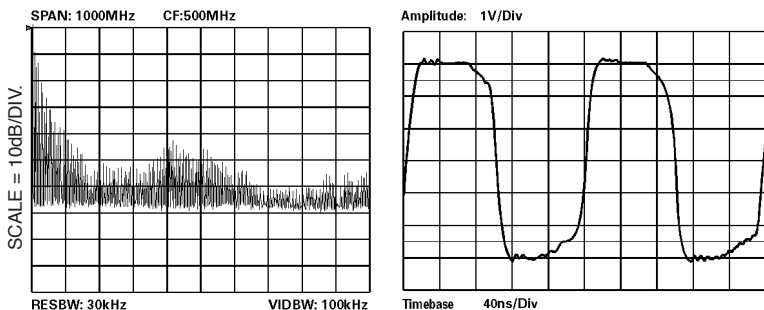


Bild 5 zeigt den Einsatz eines Dreipol-Kondensators als Signalleitungsfilter in dem Aufbau, der auch bei den anderen Messungen verwendet wurde. Das Ergebnis ist enttäuschend: Trotz starker Verlangsamung der Flanken des Signals, ist das Spektrum mangelhaft eingegrenzt. Dies hängt damit zusammen, dass 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 fehlerkonstruiert sind.

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



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

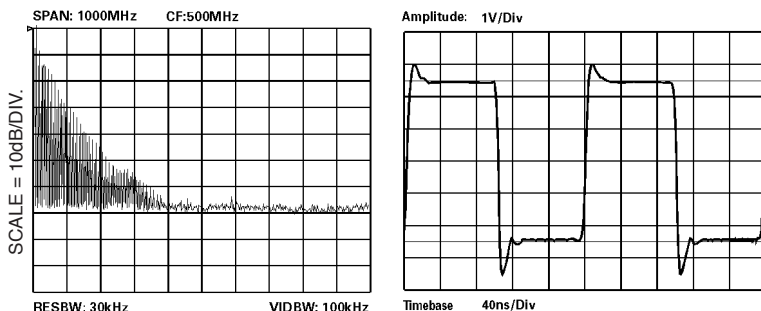


Bild 7

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 diene die Hochimpedanz-Sonde aus dem Nahfeld-Sondensatz HZ530 als Aufnehmer.

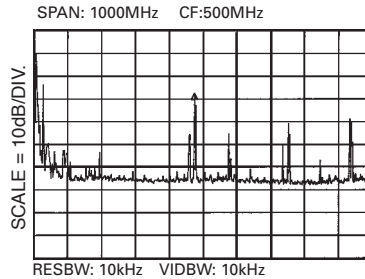
Messung der Schirmdämpfung von Abschirmgehäusen mit der E-Feld-Sonde

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 1000MHz in seinem Labor. Bild1 zeigt eine solche Aufnahme, die mittels aktiven E-Sonde aus dem HZ530 SONDENSATZ aufgenommen wurde. Im Bereich bis 50MHz zeigt sie relativ sehr hohe Pegel die von Rundfunksendern aus dem Mittel- und Kurzwellenbereich stammen. Im Bereich um 100MHz 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 474MHz stammt von einem Fernsehsender, der exponiert in ca. 15km Entfernung steht. Es folgen bis 800MHz mehrere Linien von Fernsehsendern aus der Umgebung. Den Abschluss bildet der Bereich knapp über 900MHz, 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

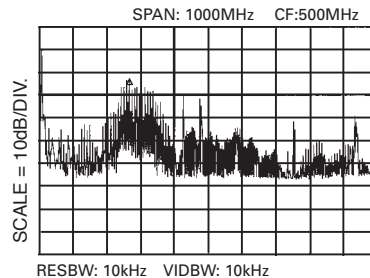
Bild 8



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 0,5m 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 1GHz vorhanden ist.

Das Maximum der Störstrahlung liegt im Bereich 250...350MHz. Die stärkste Linie ist mit dem Marker gekennzeichnet, der relative Pegel liegt bei -42.8dBm. 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

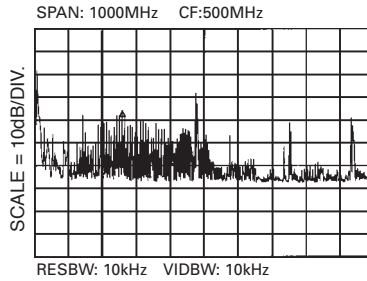


Bild 10 zeigt das Resultat. Man sieht, dass die Abstrahlung im gesamten Frequenzbereich geringer geworden ist. Aus den Pegeldifferenzen aus Bild 2 und Bild 3 kann die Schirmdämpfung für verschiedene Frequenzen ermittelt werden. Für die markierte Linien entnimmt man: $-55,9 \text{ dbm}$. Das ergibt eine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

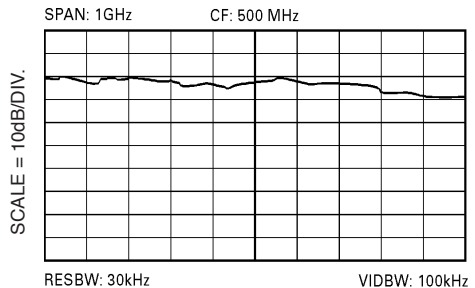
Near Field Sniffer Probes HZ 530	26
Specifications	26
General Information.....	27
Important Hints	28
Safety	28
Operating Conditions.....	29
Warranty	29
Introduction	30
Operation of the Probes	31
Battery Operation	31
Output Impedance Matching.....	31
Use of different probe types	32
Safety Notice.....	32
Accuracy Notice.....	33
Basis for Near-Field Probe Measurements	
The H-Field Near-Field Probe	33
The High-Impedance Probe	34
The E-Field Monopole Probe	34
HZ 530 Near-Field Probe Applications	
Practical Selection of Signal-Line Filters	35
Measurement of the Shielding Attenuation of	
Shielded Housings with the E-Field Probe	41

Near Field Sniffer Probes HZ 530

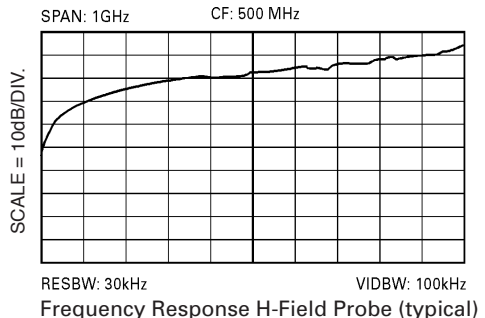
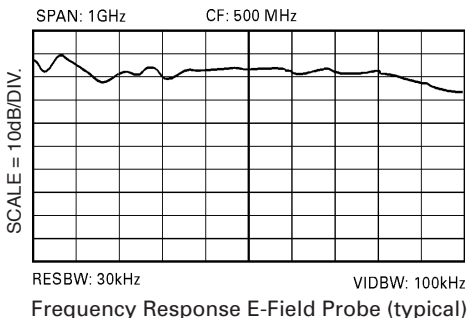
Specifications

Frequency range:	0.1MHz to $\geq 1000\text{MHz}$ (lower frequency limit depends on probe type)
Output impedance:	50 Ω
Output connector:	BNC-jack
Input capacitance:	2pF (high imp. probe)
Max. Input Level:	+10dBm (without destruction)
1dB-compression point:	-2dBm (depends on frequency range)
DC-input voltage:	20V max.
Supply Voltage:	6V DC 4 AA size batteries or Supply-power of HM5010/5011
Supply Current:	8mA (H-Field Probe) 15mA (E-FieldProbe) 24mA (High imp.Probe)
Probe Dimensions:	40x19x195mm (WxDxL)
Housing:	Plastic; (electrically shielded internally)
Package contents:	Carrying case 1 H-Field Probe 1 E-Field Probe 1 High Impedance Probe 1 BNC cable (1.5m) 1 Power Supply Cable

(Batteries or Ni-Cads are not included)



Frequency Response High Impedance Probe (typical)



General Information

The HZ530 is the ideal toolkit for the investigation of **RF electromagnetic fields**. It is indispensable for **EMI pre-compliance testing** during product development, **prior to third party** testing. The set **includes 3 hand-held probes** with a built-in pre-amplifier covering the frequency range from **100 kHz** to over **1000 MHz**.

The probes - one **magnetic field** probe, one **electric field** probe, and one **high impedance** probe - are all matched to the $50\ \Omega$ inputs of **spectrum analyzers or RF-receivers**. The power can be supplied either from batteries, Ni-Cads or through a power cord directly connected to an HM5010/11 series spectrum analyzer.

Signal feed is via a 1.5m BNC-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.

The H-Field Probe

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.

The E-Field Probe

The electric field (mono-pole) probe has the **highest sensitivity** of all three probes. It can be used to check screening and **perform pre-compliance** testing on a comparative basis.

High Impedance Probe

The high impedance probe is used to measure **directly on the components** under test or at the conductive trace of a PC board. It has an **input capacitance** of only 2pF and supplies **virtually no electrical charge** to the device under test.

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.

Symbols



ATTENTION - refer to manual



Danger - High voltage



Protective ground (earth) terminal

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).

Operating Conditions

The probes have been designed for indoor use. The permissible ambient temperature range during operation is +10°C (+50°F) ...

+40°C (+104°F). It may occasionally be subjected to temperatures between +10°C (+50°F) and -10°C (+14°F) without degrading its safety. The permissible ambient temperature range for storage or transportation is -40°C (+14°F) ... +70°C (+158°F).

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.

Specifications: **Values without tolerances are typical for an average instrument.**

Warranty

Our instruments are subject to strict quality controls. Prior to leaving the manufacturing site, each instrument undergoes a 10-hour burn-in test. This is followed by extensive functional quality testing to examine all operating modes and to guarantee compliance with the specified technical data. The testing is performed with testing equipment that is calibrated to national standards. The statutory warranty provisions shall be governed by the laws of the country in which the product was purchased. In case of any complaints, please contact your supplier.

Any adjustments, replacements of parts, maintenance and repair may be carried out only by authorized technical personnel. Only original parts may be used for replacing parts relevant to safety (e.g. power switches, power transformers, fuses). A safety test must always be performed after parts relevant to safety have been replaced (visual inspection, PE conductor test, insulation resistance measurement, leakage current measurement, functional test). This helps ensure the continued safety of the product.



The product may only be opened by authorized and qualified personnel. Prior to working on the product or before the product is opened, it must be disconnected from the AC supply network. Otherwise, personnel will be exposed to the risk of an electric shock.

Introduction

Electromagnetic compatibility continues to be an important issue in the electronics industry worldwide. The main goal of design engineers is to meet even more demanding specifications, while also making circuitry quieter and more robust to meet tough EMC regulations. The design of microcontroller-based products which fully comply with present and imminent EMC regulations isn't an easy task to undertake with the use of current technologies. 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.

By the date of January 1, 1996, every electronic instrument or device which can be imported to the European community must meet the EMC regulations according to EN 55011 to 22, EN 50081-1 and CISPR-Publications 11 to 22. The EMC directive refers to both electromagnetic emissions and electromagnetic immunity. The manufacturer of electronic equipment or devices declares the conformity of his product with the above regulations by the placement the CE-sign on the device or equipment. By doing so the manufacturer is liable for all violations of the above regulations. Goods without the CE-sign are not allowed to be sold in the European Community.

In order to be sure that the manufactured equipment meets all specifications according to the EMC regulations, extensive test during the design phase of every electronic device must be done. One of the methods of CE certification is to use the services of a professional testing lab that specializes in the compliance certification process. The lab will have precise test equipment and a shielded, screen room within which the inspection is performed. Since many products being certified will require modification and redesign, the customer is charged on an hourly basis for test time used. Quite often, many trips are made between the test lab and the design/development facility. In order to minimize the cost of the test, it is recommended that a "Pre-Compliance" phase in product development first be conducted. This phase would use a spectrum analyzer such as the HM5010 in conjunction with HZ530 close field sniffer probes, to inspect for emission and leakage; isolate the source, design 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.

Operation of the Probes

Before performing measurements with two of the HZ530 probes, the High Impedance (Hi-Z) Probe and the E-Field Probe they must be configured for testing. The 0.8 mm diameter wires which are used as antennas are located in the plastic bag that is in the case for the probes. The wires are plugged into the probe by use of pliers and a light force. The opening for the antenna is located on the narrower front of the probes. The short wire is intended as a contact for the Hi-Z probe. The longer antenna is to be used on the E-field probe. Depending on the frequency range either the short antenna (6.5cm) or the long antenna (9.5cm) is used.

Battery Operation

Next, power must be provided to the probes. If a HM 5010 spectrum analyzer is used, the necessary voltage is obtained from the HM 5010 by use of a provided special cable. In this case, batteries are not required. If another spectrum analyzer, oscilloscope or RFI measurement set is used for the measurement, the supply must be provided via 4 AA-Cells either NiCad or rechargeable batteries.

Prior to each measurement the switch needs to be actuated. This switch is located adjacent to the BNC connector. This switch must be turned on when either the battery or spectrum analyzer supply are used. However, when not in use, the switch must be turned off to save the batteries which have a life of 20 - 30 hours when turned on.

Output Impedance Matching

The connection of the probe to the spectrum analyzer, oscilloscope or measurement receiver is made via a supplied BNC cable of approximately 1.5 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 the normal measurements, the probes are connected to a spectrum analyzer. These instruments generally have an input impedance of 50Ω . This impedance is the normal termination impedance for the probes. If an oscilloscope or measurement receiver with a different impedance is used, the correct (50Ω) termination impedance must be used. If the 50Ω termination impedance is not used, the probe output is not calibrated.

Use of different probe types

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 $20 V_{DC}$ or $+10\text{ dBm}$ 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 $20 V_{DC}$ or $+10\text{ dBm}$ are permitted.

Safety Notice



Basically, it is not permissible to perform measurements on parts that are live above 40V. 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.

Think also of ecology. The power supply for the probes should be,

whenever possible, be made by use of the supplied 1.5 m supply cable connected to the spectrum analyzer. If this is not possible, rechargeable batteries should be used. If non-rechargeable batteries are used, they should be disposed of properly.

Accuracy Notice

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.

Basis for Near-Field Probe Measurements The H-Field Near-Field Probe

The H-Field probe provides a voltage to the connected measurement system which is proportional to the magnetic radio frequency (RF) field strength existing at the probe location. With this probe, circuit RF sources may be localized in close proximity of each other. This effect is caused by the interference sources which in modern electronic circuits are of low resistance (relatively small changes in voltage cause large changes in current). The sources of radiated interference begin as a primarily magnetic radio frequency field (H-Field) directly at its origin. Since in the transition from the near- to the far-field, the relationship between the magnetic- to the far-field must reach the free-space impedance of 377Ω , the H-field will decrease as the cube of the distance from the source. A doubling of the distance will reduce the H-field by a factor of eight ($H = 1/d^3$); where d is the distance.

In the actual use of the H-field sensor one observes therefore 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 (e.g.) IC causes interference and which does not. In addition, by use of a spectrum analyzer, the maximum amplitude as a function of frequency is easily identified. Therefore one can eliminate early in the

development components which are not suitable for EMC purposes. The effectiveness of countermeasures can be judged easily. One can investigate shields for “leaking” areas and cables or wires for conducted interference.

The High-Impedance Probe

The high-impedance probe (Hi-Z) permits the determination of the radio frequency interference (RFI) on individual contacts or printed circuit traces. It is a direct-contact probe. The probe is of very high impedance (near the insulation resistance of the printed circuit material) and is loading the test point with only 2pF (80 Ω at 1GHz). Thereby one can measure directly in a circuit without significantly influencing the relationships in the circuit with the probe.

One can, for example, measure the quantitative effectiveness of filters or other blocking measures. Individual pins of IC's can be identified as RFI sources. On printed circuit boards, individual problem tracks can be identified. With this Hi-Z probe individual test points of a circuit can be connected to the 50 Ω impedance of a spectrum analyzer.

The E-Field Monopole Probe

The E-field monopole probe has the highest sensitivity of the three probes. It 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.

It is used, for example, to determine the effectiveness of shielding measures. 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. In addition, the E-field 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.

HZ530 Near-Field Probe Applications

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:

$$B = 1 / (3.14 \cdot tr), \quad \text{where } tr \text{ is the risetime.}$$

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 1.6GHz. 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) must be used. Such oscilloscopes are available but at a significant price.

Such fast oscilloscopes are not really necessary to observe the digital system operation. This is the reason that these fast oscilloscopes are not used in digital laboratories and slower oscilloscopes are used. However, slow scopes simulate a risetime which in reality do not exist because they measure only the internal risetimes of the oscilloscope.

This exposes a measurement problem: The relevant EMC characteristics cannot be measured with existing equipment in many cases and the necessary oscilloscope is very expensive.

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.

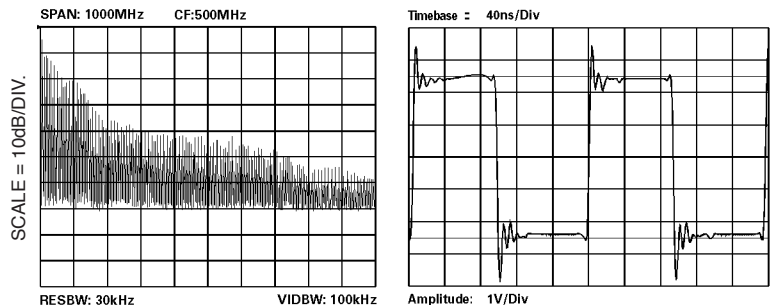
Spectrum analyzers are high frequency equipment and have therefore an input impedance of 50 Ω . They are therefore not suitable to measure directly in digital circuits because of this impedance which will influence the circuit behavior. As a minimum the measurement results are false. Consequently, for the measurement in digital circuits a high impedance probe is required which does not load the circuit and convert the signal to a 50 Ω system over a wide frequency range.

The following measurement results were measured with the High Impedance Probe HZ530 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 make the measurements of signal line filter evaluation meaningful. The effectiveness of line filters is strongly influenced by their termination.

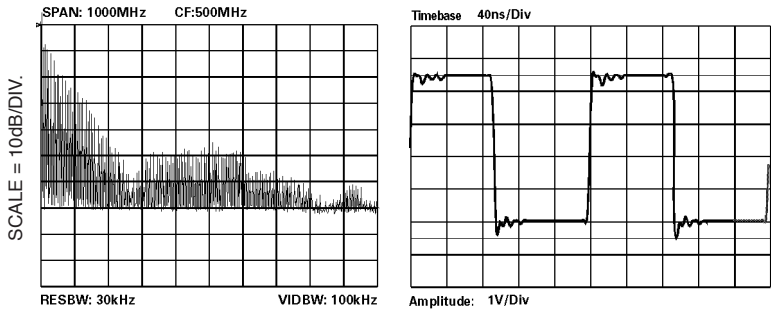
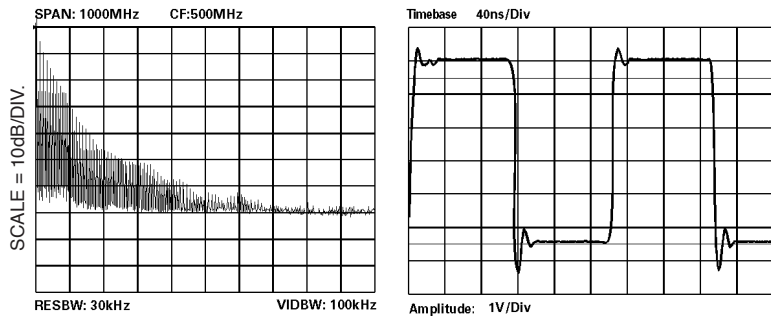


Figure 2 shows the results when a 47Ω resistor is used. In the time domain a significant improvement occurs. The overshoot is reduced and the risetimes are somewhat slower. The linear dynamic range of an oscilloscope can not demonstrate adequately the EMC characteristics of the signal. The frequency 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 47Ω resistor.

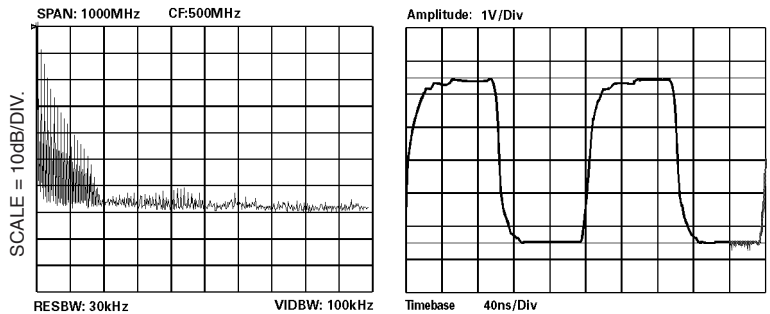


stor. The load continues to be the printed circuit track and another gate input. In the time domain, the difference appears negligible. In the frequency domain, the middle and upper frequency range is significantly improved. If a slower oscilloscope is used, any improvement would no longer be recognizable 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 $47\ \Omega$, $100\ \text{pF}$, $47\ \Omega$ T-filter.

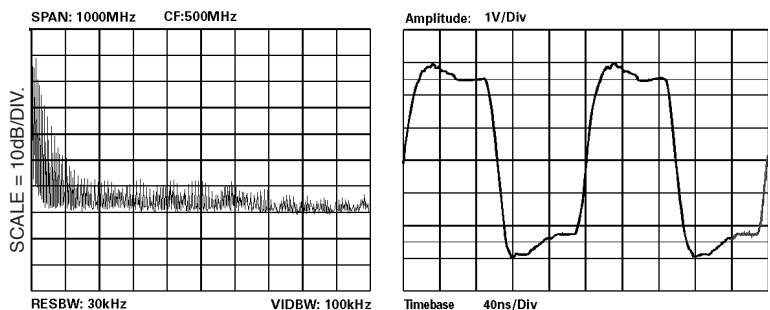
Figure 4 shows that the change is quite noticeable when compared



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.

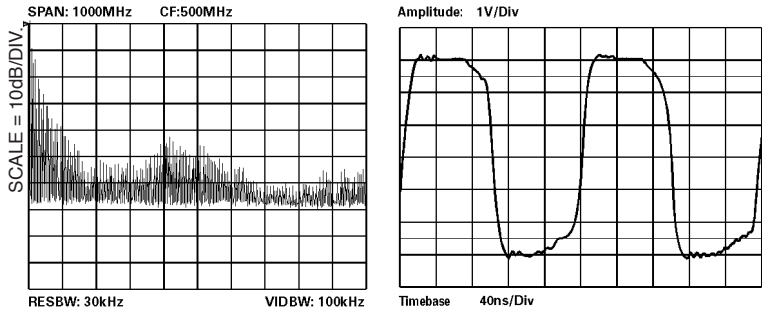
Figure 5 shows the use of a three-pole capacitor used as a signal-line filter in the same circuit as used in the previous examples. The



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.

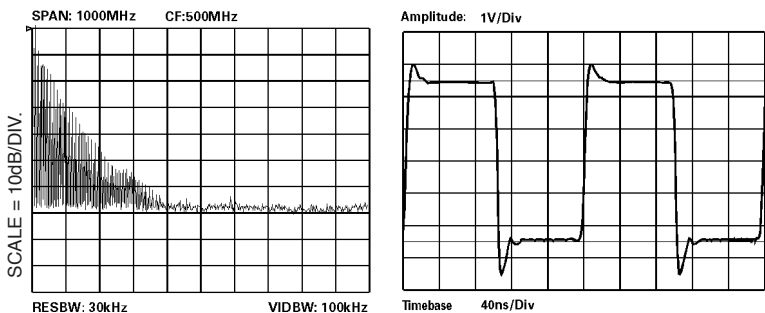
Another example is a wideband choke used as a signal line filter. **Figure 6** shows the results. The frequency spectrum is poorly suppressed, but the risetimes are significantly slowed down. It should be noticed here that a time domain analysis only will lead



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.

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 HZ530 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.

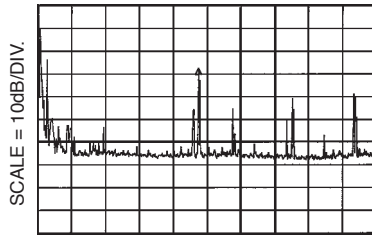


Figure 8

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

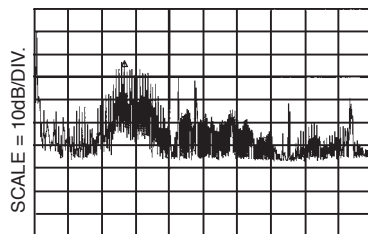


Figure 9

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 the
Additional Shielding

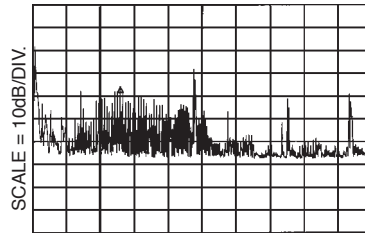


Figure 10

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.

© 2015 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Mühl Dorfstr. 15, 81671 München, Germany

Phone: +49 89 41 29 - 0

Fax: +49 89 41 29 12 164

E-mail: info@rohde-schwarz.com

Internet: www.rohde-schwarz.com

Customer Support: www.customersupport.rohde-schwarz.com

Service: www.service.rohde-schwarz.com

Subject to change – Data without tolerance limits is not binding.

R&S® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG.

Trade names are trademarks of the owners.