

Elektromagnetische Interferenzen erfolgreich verhindern

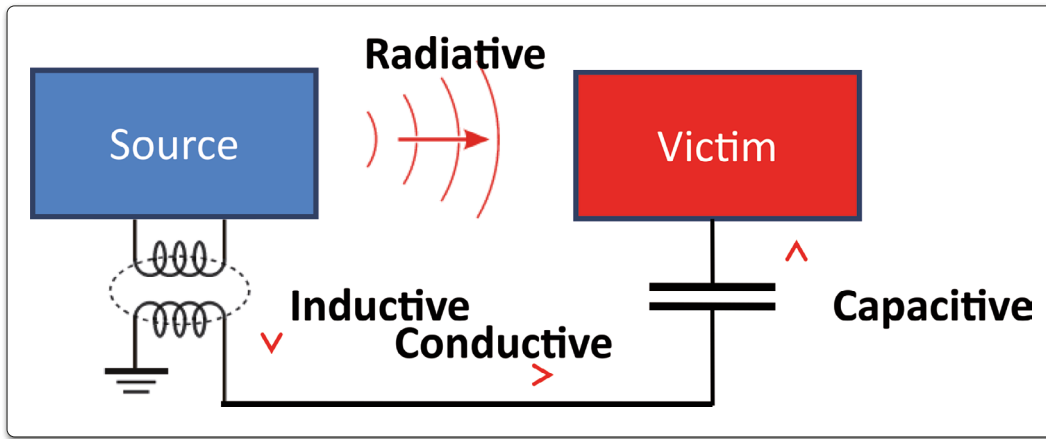


Bild 1: Grundlegender EMI-Kopplungsmechanismus

Elektromagnetische Interferenzen (EMI), im Hochfrequenzbereich auch als Hochfrequenzinterferenzen (RFI) bezeichnet, werden durch unerwünschte abgestrahlte elektromagnetische Felder oder leitungsgebundene Spannungen oder Ströme von einer externen Quelle verursacht und stören den sicheren und stabilen Betrieb eines elektronischen Geräts. Diese Störungen können von vielen künstlichen oder natürlichen Objekten stammen, die schnell wechselnde elektrische Ströme führen, wie z.B. ein Stromkreis, die Sonne oder Nordlichter. Diese Störung oder Interferenz kann die effektive Leistung eines elektronischen Geräts unterbrechen, behindern, einschränken oder verschlechtern. Die Auswirkungen können von einer einfachen Leistungsver schlechterung bis hin zu einem vollständigen Datenverlust oder schlimmstenfalls einem Geräteausfall reichen.

Ursachen

Wie kommt es zu EMI? Normalerweise entsteht EMI durch einen Kopplungsmechanismus (oder Pfad), der durch eines der folgenden Modelle verursacht wird. Die allgemeine Theorie der Kopplung ist in Bild 1 dargestellt:

- Kopplung durch elektrischen Strom

Leitungsgebundene Störungen werden zwischen zwei oder mehr Komponenten über Verbindungsleitungen, wie Stromversorgungs- oder Erdungsleitungen, übertragen. Eine gemeinsame Impedanzkopplung wird verursacht, wenn Ströme von zwei oder mehreren Stromkreisen durch dieselbe Komponente oder denselben Stromkreis fließen. Die meisten leitungsgebundenen Kopplungen zwischen Geräten erfolgen über AC-Stromleitungen.

- Elektromagnetische Strahlung

Im Nahfeld werden E- und H-Feld getrennt diagnostiziert. Im Fernfeld wird die Kopplung als eine ebene Welle behandelt.

- Induktive Kopplung

Die Magnetfeldkopplung wird durch den Stromfluss in Leitern verursacht. Der Kopplungsmechanismus kann durch

einen Transformator modelliert werden.

- Kapazitive Kopplung

Die Kopplung eines elektrischen Feldes wird durch eine Spannungsdifferenz zwischen Leitern verursacht. Der Kopplungsmechanismus kann durch einen Kondensator modelliert werden.

Bei der Analyse eines EMI-Kopplungsmechanismus, der die Leistung eines Geräts beeinträchtigt oder beeinträchtigen könnte, ist es entscheidend, die Ursache der Störung zu identifizieren. Die richtige Lösung optimiert das Design für die Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), ohne andere Design-Anforderungen wie Abmessungen, Kosten und Ästhetik zu beeinträchtigen.

Gegenmaßnahmen

Um diese potenziellen Leistungsprobleme zu vermeiden, werden bei der Entwicklung elektronischer Geräte mehrere Materialien verwendet, die eine stabile Leistung in Gegenwart von EMI fördern. Ein Beispiel für dieses Design ist die spezielle Installation eines abschirmenden Gehäuses und der Erdungsdichtungen, wie in Bild 2 dargestellt.

Elektromagnetische Störungen können aus einer Reihe von ver-

schiedenen Quellen stammen und auf verschiedene Weise kategorisiert werden. EMI-Quellen sind natürlich oder vom Menschen verursacht. Sie können nach ihrer Dauer kategorisiert werden, wie kontinuierliche Interferenz oder impulsartige Störungen, oder nach der Bandbreite (schmal- oder breitbandig). Schaltungs-Design: Die Idee ist, Schaltungsinterferenzen durch das Design zu vermeiden. Vermeiden Sie eine Schleife im Schaltungs-Design, die ein Stromfeld verursacht (auch als Antenneneffekt bekannt), und entwickeln Sie geeignete Kondensator- und Transformatorkomponenten im Design, um Kopplungsprobleme zu minimieren.

EMV-Filter: Entwerfen Sie ein Filter an einer bestimmten Stelle der Leiterplatte, um Störungen auszublenken wie in Bild 3 dargestellt. Korrekte Erdung/Masseleitungs-führung: Entwerfen Sie ein großflächiges und schleifenfreies Erdungssystem mit entsprechender Strombelastbarkeit, das als angemessener Nullspannungsbezug dient. Ein allgemeines Erdungskonzept ist in Bild 4 dargestellt.

Abschirmendes Gehäuse: Es gibt eine grundlegende Theorie, dass bei Frequenzen unter 200 MHz eine Erdung eine praktikable Lösung sein kann, aber wenn die Frequenz höher als 200 MHz ist,

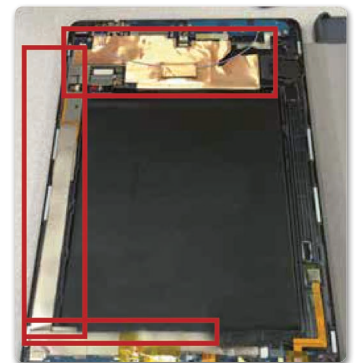


Bild 2: Allgemeiner EMI-Schutz in einem Mobiltelefon

Quelle:
„Discussion of
Electromagnetic Interference“
White Paper 2023
Andy Chou
Boyd Corp.
www.boydcorp.com
übersetzt von FS

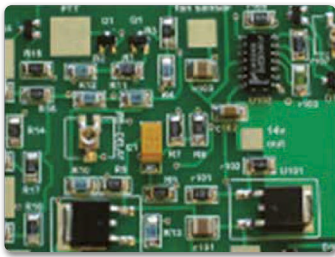


Bild 3: Filter/Kondensator/Transformator

entsteht Strahlung, und die beste Lösung ist ein Abschirmgehäuse oder leitfähiger Schaumstoff, um die Strahlung zu kontrollieren. Abschirmgehäuse werden üblicherweise in elektronischen Geräten verwendet, wie in Bild 5 dargestellt. Daneben gibt es auch leitfähigen Schaumstoff zur Abschirmung oder eine Kombination aus leitfähigem Schaumstoff und Abschirmgehäusen, wie in Bild 6 zu sehen.

Geschirmte Leitungen und Kabel: Aufgrund des unsymmetrischen Stroms, der eventuell auftritt, wenn ein Gerät angeschlossen wird, ist es am besten, das Kabel mit einem Ferritkern oder einem flexiblen Ferritband zu ummanteln, um die Abstrahlung von Störungen zu verhindern, wie in Bild 7 dargestellt.

Von EMI zur EMV

EMV ist die Fähigkeit von elektrischen oder elektronischen



Bild 7: Ferritkern auf Kabel



Bild 8: Abschirmungsraum



Bild 4: Möglichst viele Erdungs-Pads

Geräten und Systemen, in der vorgesehenen Betriebsumgebung zu funktionieren, ohne dass es zu Leistungsbeeinträchtigungen durch unbeabsichtigte EMI kommt. Elektronische Geräte sollten in der Lage sein, in einer gemeinsamen Umgebung zu arbeiten, ohne sich gegenseitig zu beeinträchtigen. Dies ist nicht einfach zu messen, denn es gibt viele potenzielle EMI-Störfaktoren in einer bestimmten Umgebung. Normalerweise ist es besser, die EMV-Leistung unter isolierten Bedingungen oder in einem abgeschirmten Raum zu messen, um sicher zu sein, dass es keine unerwarteten Störeinflüsse von externen Quellen gibt (Bild 8).

Bei Fertigprodukten sind Drei- und Zehn-Meter-Tests die gebräuchlichsten Verfahren zur Zertifizierung eines Produkts nach bestimmten EMV-Anforderungen. Eine gute Testeinrichtung erlaubt die Zertifizierungen für gestrahlte Emissionen und gestrahlte Immunitätsanforderungen gemäß der verschiedenen internationalen Normen, die in ANSI C63.4, EN50147 Teil 2 (Emissionen) und EN61000-4-3 (Störfestigkeit) festgelegt sind.

Für HF-Module oder halbfertige Komponenten kann ein „Noise“-Scanner (s. Bild 9) oder ein Spektrum-Analyzer die Störungen vor der Prüfung der Endmontage des Produkts zutage bringen. Es ist optimal, die Störungen auf Komponentenebene zu erkennen, die Quelle des „Rauschens“ zu identifizieren und die Konstruktion so anzupassen, dass die Störung behoben wird, bevor das Produkt-Design abgeschlossen und die EMV-Konformitätsprüfung durchgeführt wird.

EMI-Lösungen

Wenn ein Design feststeht und ein EMI-Problem festgestellt wird, gibt es immer noch Möglichkeiten: Etwa geeignete EMI-Materialien können EMI-Probleme lösen, ohne dass Änderungen am Geräte-Design vorgenommen werden müssen. Der erste Schritt ist die Identifizierung der Leistungsprobleme und der zweite Schritt die Diskussion von „Fix-it“-Lösungen wie Absorber, Erdung, Abschirmung oder anderen speziellen Materialien.

Es gibt drei grundlegende Schritte zur Untersuchung von EMI-Leistungsproblemen. Das Konzept ist in Bild 10 dargestellt:

- Überprüfung der Erdung

Dies ist das gängigste Diagnoseinstrument für EMI-Störungen. Vermeiden Sie die Erzeugung einer „Vorspannung“, die der Signalübertragung dienen kann, indem ein elektrisch leitfähiges Produkt eingefügt wird, das als Zwischenverbindung fungiert. Ein Erdungsprodukt könnte ein leitfähiger Schaumstoff, ein leitfähiger Klebstoff, ein leitfähiges Polymer, ein Gewebe über Schaumstoff usw. sein.

- Prüfung der Abschirmung

Die grundlegende Theorie besteht darin, Störungen von externen (Immunität) oder internen Strahlungsquellen (Emission) zu isolieren und Strahlungslecks durch schlecht installiertes Abschirmungsmaterial zu vermeiden. Eine Abschirmung kann aus leitfähigem Schaumstoff, einer leitfähigen Unterlage, einem Metallgehäuse, einer Metallfolie, metallisiertem Stoff oder leitfähigem Kleber bestehen. Das hängt von den verfügbaren Abmessungen, der erforderlichen Leistung und den zusätzlich benötigten Eigenschaften ab.

- Absorberlaminiierung

Wenn Erdungs- und/oder Abschirmungslösungen in das Gerät integriert wurden, das Störproblem aber weiterhin besteht, müssen Absorbermate-

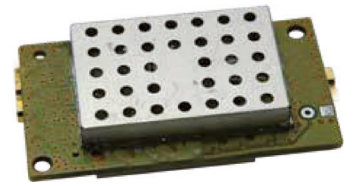


Bild 5: Abschirmdosen/-käfige in einem elektronischen Gerät

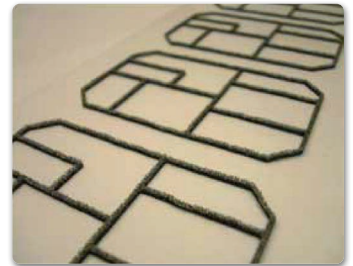


Bild 6: Leitfähige Dichtungen zur EMI-Abschirmung

rialien verwendet werden. Dies ist ein relativ neues Konzept. Es ist dabei wichtig, den Frequenzbereich zu kennen, in dem das „Rauschen“ liegt, um die richtige Absorberlösung zu wählen. Gängige Materialien sind magnetische Geräuschunterdrückungsfolien, elektrische Geräuschunterdrückungsfolien oder eine Kombination aus beiden.

Es gibt wichtige Leistungsmerkmale, die dabei helfen können, die beste „Fix-it“-Lösung zu finden:

- geringer Oberflächenwiderstand (Ohm/sq)/geringer Kontaktwiderstand (z.B. Ohm/in²)

Ein allgemeines Modell gemäß Bild 11 basiert auf MIL-DTL-83258C (MIL-STL202.307) oder gleichwertigen Normen zur Messung von Oberflächen- und Kontaktwiderstand. Es ist



Bild 9: EMI-Störungsabtastung. Über flexible Drähte werden Proben angenähert

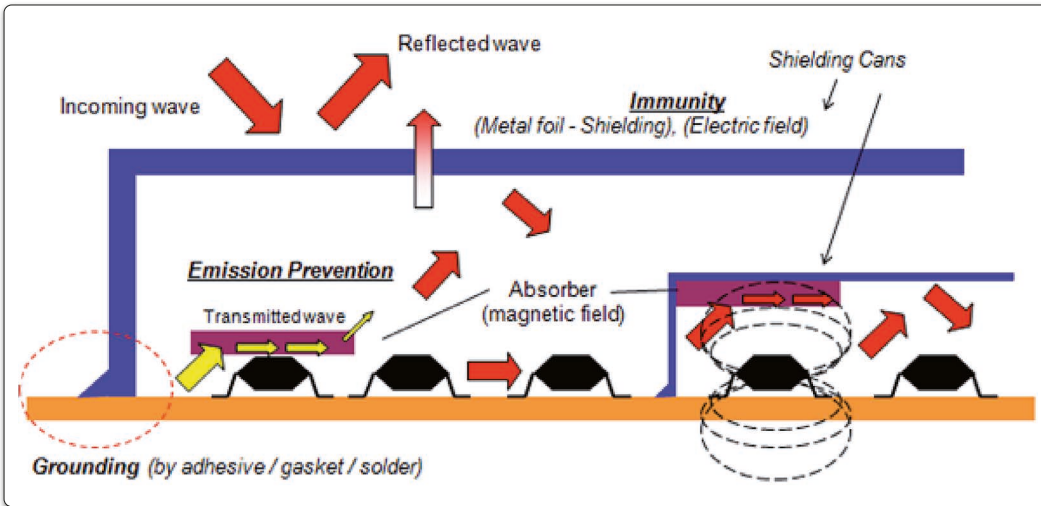


Bild 10: Einbau der wichtigsten EMI-Materialien

wichtig, zu beachten, dass die Einheit für den Oberflächenwiderstand Ohm/sq bzw. Ohm/Quadrat ist. Diese Einheit steht in keinem Zusammenhang mit der Größe der Kontaktfläche, noch korreliert die Größe der Kontaktfläche mit der Leistung – ein Produkt mit einer größeren Grundfläche hat keine höhere Leistung. Der Kontaktwiderstand ist das Maß für den Widerstand der Z-Achse. Dies ist eine sehr kritische Messung, die die Erdungsleistung anzeigt, und die übliche Einheit ist Ohm/in^2 . Die Kontaktfläche wirkt sich auf die Leitfähigkeitsleistung aus. Das gleiche Material mit einer größeren Kontaktfläche bietet eine bessere Erdungsleistung. Wenn eine höhere Leistung erforderlich ist, aber eine größere Kontaktfläche nicht verfügbar ist, kann ein Material mit höherer Leitfähigkeit erforderlich sein, um eine bessere Erdungsleistung zu erzielen.

- bessere Abschirmungsfähigkeit (dB)

Ein schirmendes Gehäuse ist eine gute Möglichkeit, Immunität zu bieten oder Abstrahlung zu verhindern, und dieses Design ist häufig in elektronischen Geräten zu sehen. Der allgemeine Testaufbau ist in Bild 12 dargestellt. Die Wirksamkeit der Materialabschirmung wird gemäß ASTM D4935 gemessen, und die erzeugten Daten sind in Bild 13 dargestellt.

Wie sind die Daten zur Abschirmwirkung zu interpretieren?

Der niedrigste Punkt in den Daten bietet die geringste Abschirmungseffektivität. Im Allgemeinen ist die Abschirmung bei dünneren Materialien geringer als bei dickeren Materialien. Hier gilt es aber, zwischen elektrischer und magnetischer Abschirmung zu unterscheiden. Die elektrische Abschirmung verlangt eine Erdung, daher ist die Dicke kaum von Bedeutung. Bei der magnetischen Abschir-

mung, die eine Erdung verlangt, geht die Dicke mit der Abschirmwirkung einher.

Wählen Sie den richtigen Frequenzbereich für den Absorber für die EMI-Unterdrückung (Permeabilität usw.): EMI-Absorber werden in einem breiten Spektrum von Anwendungen eingesetzt, um Streustrahlung oder unerwünschte Strahlung zu eliminieren, die den Betrieb eines Systems stören könnte. Absorber können extern eingesetzt werden, um die Reflexion von oder die Transmission zu bestimmten Objekten zu verringern, und sie können intern verwendet werden, um durch Hohlraumresonanz (geschlossener Raum) verursachte Schwingungen zu reduzieren.

Absorber bestehen im Allgemeinen aus Füllstoff mit einem oder mehreren Bestandteilen, die für die Absorption von abgestrahlten Störungen zuständig sind.

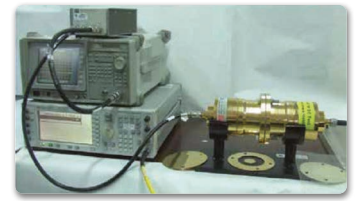


Bild 12: Das ASTM D4935 ist ein Abschirmungseffektivitäts-Prüfgerät

Dabei muss die Durchlässigkeit bei der bestimmten Frequenz, wo die EMI-Leistungsprobleme entstehen, getestet werden. Das Aufmacherbild zeigt verschiedene EMI-Absorber-Durchlässigkeitswerte. Das Material, das den Leistungsanforderungen entspricht, wird gewählt. Die Grundidee ist die Auswahl einer höheren Permeabilität mit geringerem (magnetischen Verlust) auf der Problemfrequenz.

EMI-Lösungen für verschiedene Marktsegmente und Anwendungen

- Netzwerkausrüstungs-Gehäuse mit komprimierbaren Abschirmungsdichtungen aus Stoff über Schaumstoff, Beryllium-Kupfer, Beryllium-Kupfer-Fingerlinge, leitfähige Schaumstoffdichtungen und Erdungsmaterialien in und um Öffnungen und Türen
- elektronische Server-Lösungen für Unternehmen mit einer leitfähigen, mit Gewebe umwickelten Eingangs-/Ausgangsdichtung
- Geräte der Unterhaltungselektronik mit einem flexiblen Ferritabsorber, der strategisch um Kabel und Leitungen gewickelt ist ◀

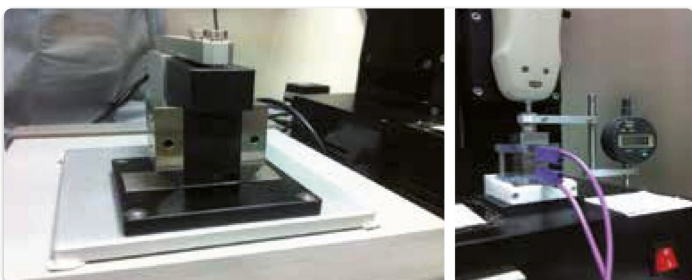


Bild 11: Impressionen vom Test des Widerstands

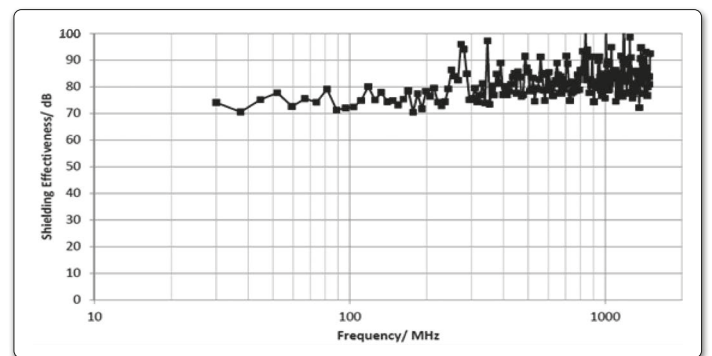


Bild 13: Abschirmungseffektivitäts-Test bei 30 MHz bis 1,5 GHz