

Warum Produkte versagen

Häufige Ursachen für das Scheitern von CE-EMV-Prüfungen

CE-Kennzeichnung und EMV-Prüfung: Was die besten Ingenieure anders machen und warum die Einhaltung der CE-EMV/EMI-Vorschriften nicht nur Bürokratie ist, erfahren Sie hier.



Als Ingenieure sind unsere Prioritäten in der Regel klar: hohe Leistung liefern, Kostenziele erreichen und funktionale Anforderungen erfüllen. Dies sind die Grundlagen der Innovation.

Pflichtveranstaltung CE

Bei der Einführung von Produkten im Europäischen Wirtschaftsraum kommt jedoch noch die Einhaltung der CE-Richtlinie zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) hinzu. Dies ist keine Option. Für viele Teams resultiert das Problem aus einer reaktiven Denkweise. EMV wird erst nach der Entwicklung des Kernprodukts berücksichtigt, häufig während der Validierung. Das ist ungünstig, weil jede Korrektur zu einem Kompromiss wird.

Das Grundproblem ist nicht Unwissenheit, sondern Priorisierung. Die Teams sind intelligent, aber überlastet. Die Zeitpläne sind eng, die Budgets noch enger. Dieser Beitrag soll dieses Muster ändern. Leser erhalten umsetzbare Erkenntnisse zu folgenden Themen:

- Identifizierung kritischer EMV-Design-Beschränkungen während der Schaltplan- und Layout-Phase
- Auswahl von Komponenten und Topologien unter Berücksichtigung der Konformität
- Verständnis der Arten von EMV-Prüfungen, die gemäß den CE-Richtlinien erforderlich sind
- Strategien für kostengünstige Vorab-Konformitätsprüfungen
- Design-Techniken zur proaktiven Minderung von Emissions- und Störfestigkeitsrisiken

CE-EMV-Richtlinien und -Normen: Ihr regulatorischer Kompass

Der regulatorische Rahmen kann sich komplex, ja sogar undurchsichtig anfühlen, aber die Kernprinzipien sind logisch und umsetzbar, wenn man sie aus der richtigen Perspektive betrachtet.

Beginnen wir mit der EMV-Richtlinie 2014/30/EU, das rechtliche Fundament für die EMV in der gesamten EU. Sie verlangt, dass elektrische und elektronische Geräte keine elektromagnetischen Störungen verursachen oder durch solche übermäßig beeinträchtigt werden dürfen.

Wenn Sie nach einer Vorschrift suchen, die definiert, was „EMV-Konformität“ in Europa tatsächlich bedeutet, dann ist es diese. Sie schreibt aber nicht genau vor, wie diese Konformität zu erreichen ist, sondern verweist sie auf harmonisierte Normen/Spezifikationen von europäischen Organisationen wie CENELEC und ETSI. Diese übersetzen abstrakte Rechtssprache in konkrete technische Maßnahmen. Sie definieren Prüfverfahren, Emissionsgrenzwerte, Störfestigkeitsschwellen und vieles mehr.

Wann kann ein Hersteller die EMV-Konformität selbst erklären?

Für viele Produkte genügt eine Selbsterklärung. Hersteller führen die Tests durch, erfüllen die Normen, stellen eine technische Dokumentation zusammen und geben eine Konformitätserklärung ab. Diese enthält Prüfberichte, Schaltpläne, Risikobewertungen und andere unterstützende Unterlagen. Sie dient Ihnen als rechtliche Absicherung, falls Fragen aufkommen.

Nur wenn keine harmonisierte Norm vollständig anwendbar ist oder wenn das Produkt ein erhöhtes Risiko darstellt, kann eine benannte Stelle erforderlich sein. Dies sind von den EU-Mitgliedstaaten autorisierte Drittorganisationen, die die Produktkonformität bewerten.

Unterschiedliche Produktkategorien stehen vor unterschiedlichen EMV-Hürden. Es gibt keine Abkürzungen. Durch die Beherrschung der Richtlinie und die Anwendung der richtigen Normen reduzieren Sie Risiken, vermeiden kostspielige Verzögerungen und kommen mit Zuversicht einem konformen, marktreifen Produkt näher.

Grundlagen: Woher kommen Störungen?

Um EMV-Fehler zu vermeiden, ist ein tiefes Verständnis der Physik hinter elektromagnetischen Emissionen erforderlich. Dieses ermöglicht ein proaktives Design und führt über die reaktive Fehlerbehebung durch Ausprobieren hinaus. Dabei ergibt sich sofort eine grundlegende Unterscheidung: leitungsgebundene gegenüber abgestrahlten Emissionen.

Quelle:

„Why Products Fail CE-Mark EMC Testing And What the Top Engineers Are Doing Differently.“

Common Causes of CE EMC Test Failures“

Applus+ Keystone

(nach ISO 17025 akkreditiertes CE-EMV-Prüflabor)

<https://keystonecompliance.com/>

übersetzt und leicht gekürzt von FS

Dies sind die beiden Hauptkategorien, denen wir bei EMV-Prüfungen begegnen, wobei jede ihre eigenen Eigenschaften und Ausbreitungswege hat.

Leitungsgebundene Emissionen sind unerwünschte elektrische Störströme oder -spannungen, die von Stromleitungen und Signalkabeln übertragen werden. Normen wie EN 55032 messen diese in der Regel im Bereich von 150 kHz bis 30 MHz. Schaltnetzteile sind Hauptverursacher. Sie erzeugen erhebliche Oberschwingungen, die Spannungstransienten und Hochfrequenzströme auf die Stromschienen koppeln. Hinzu kommen Motorsteuerungen (Kommutatorstörungen und induktive Spitzen) Taktleitungen (Hochfrequenzströme auf Masseflächen), Datenbusse (Differenz- oder Gleichtaktströme) sowie schlecht gefilterte Eingänge (externe Störungen gelangen ins System).

Im krassen Gegensatz dazu breiten sich abgestrahlte Emissionen als elektromagnetische Wellen aus. Dies sind die Störsignale, die wir in einer reflexionsfreien Kammer messen und die in der Regel von 30 MHz bis zu mehreren Gigahertz reichen. Hauptursache sind Taktoszillatoren mit kurzen Anstiegs- und Abfallzeiten (Sender) und Datenleitungen (Antennen). Selbst scheinbar harmlose I/O-Leitungen können zu erheblichen Strahlungsquellen werden, wenn sie nicht richtig behandelt werden. Die häufigsten Ursachen:

- Hochgeschwindigkeits-Digitalleitungen: kurze Anstiegs-/Abfallzeiten bei Takt- und Datenleitungen
- Schleifenbereiche: Strom, der durch eine Schleife (Signal- und Rückleitung) auf einer Leiterplatte fließt
- Resonanz: unbeabsichtigte Resonanzstrukturen auf Leiterplatten oder mit Kabeln
- schlechte Abschirmung von Gehäusen oder Kabeln
- schnelle hochfrequente Spannungsänderungen, die in Stromschleifen induzieren

Das Verständnis dieser elektromagnetischen Ausbreitungsmechanismen ist von entscheidender Bedeutung, wobei wir es im Grunde mit den unbeabsichtigten Folgen schneller Stromänderungen zu tun haben. Das ultimative Ziel ist es, sicherzustellen, dass Ihr Produkt harmonisch mit seiner elektromagnetischen Umgebung koexistieren kann.

Ursachen für das Nichtbestehen von Strahlungsemissionen

Das Nichtbestehen von Strahlungsemissionen gehört zu den ärgerlichsten Rückschlägen bei der CE-Konformität.

Die Tests sind anspruchsvoll, die Fehler oft undurchsichtig. Und die Ursachen? In der Regel sind sie nicht außergewöhnlich. Es handelt sich um kleine, vermeidbare Design-Entscheidungen, die dazu führen, dass Ihr Produkt sich wie eine überraschend effiziente Antenne verhält. Die Kunst besteht darin, sie zu erkennen, bevor das Labor dies tut.

Schlechte Signalarückleitung

Das ist einer der häufigsten und folgeschwersten Fehler. Wenn ein Hochgeschwindigkeitssignal über eine Leiterbahn läuft, möchte sein Rückstrom direkt darunter fließen und dabei den Weg der geringsten Impedanz nehmen. Wenn diese Leiterbahn jedoch eine Lücke in der Grundplatte überquert, muss der Rückstrom einen Umweg nehmen. Das bedeutet eine große Stromschleife – die als effiziente Strahlungsstruktur wirkt.

Zu große Leiterbahnlänge

Lange Leiterbahnen, insbesondere solche, die Hochfrequenzsignale übertragen, können als Monopol- oder Dipolantennen resonieren. Besonders berüchtigt sind hier Taktleitungen. Ein 100-MHz-Takt hat eine Wellenlänge von 3 m; eine 75 cm lange Leiterbahn ist ein Viertel davon und kann mit störender Effizienz abstrahlen.

Um durch Leiterbahnen verursachte Emissionen zu mindern, wenden Sie folgende Maßnahmen an:

- Halten Sie Hochgeschwindigkeitsleiterbahnen so kurz wie funktional möglich.
- Sorgen Sie für eine durchgehend konsistente, kontrollierte Impedanz.
- Verwenden Sie enggekoppelte Differentialpaare mit benachbarten Massebezügen.
- Fügen Sie Stich-Durchkontaktierungen ein, um die Kontinuität des Rückleitungswegs zu gewährleisten.
- Vermeiden Sie das Verlegen von Leiterbahnen über Ebenentrennungen oder Hohlräume hinweg.

Un- oder schlecht geschirmte Kabel

Eine gutkonzipierte Leiterplatte kann dennoch z.B. aufgrund ungeschirmter Kabel, die als externe Antennen wirken, die Prüfung auf abgestrahlte Emissionen nicht bestehen. Das Problem ist nicht immer internes Rauschen, sondern dass das Kabel zu einer Erweiterung des HF-Profiles Ihres Systems wird. Wenn Sie also Kabel verwenden müssen – und das ist bei den meisten Designs der Fall –, entscheiden Sie sich für geschirmte Kabel und

schließen Sie die Abschirmung optimal an (nur am Eingang, dann keine Schleife, oder am Eingang und am Ausgang, erproben).

Undichte Gehäuse

Kleine Lücken, Lüftungsöffnungen oder undichte Nähte können ein ansonsten einwandfreies Design zu einem Testfehler machen. Gute Abschirmungspraktiken beginnen damit, das Gehäuse wie einen Faradayschen Käfig zu behandeln – also es entsprechend abzudichten. Wichtige Maßnahmen zur Verbesserung der Abschirmung Ihres Gehäuses:

- Verwenden Sie leitfähige Dichtungen, um Gehäusenahtstellen zu überbrücken.
- Minimieren Sie die Größe von Öffnungen, insbesondere in der Nähe empfindlicher Schaltungen.
- Stellen Sie sicher, dass I/O-Anschlüsse die Abschirmungskontinuität an der Schnittstelle aufrechterhalten.
- Entwerfen Sie alle erforderlichen Lüftungsöffnungen oder Öffnungen so, dass sie elektrisch klein sind (weniger als 1/20 der kürzesten problematischen Wellenlänge).

Wie sieht also eine solide EMV-Erdung aus?

- kurze, niederohmige Verbindung(en) zwischen PCB-Masse und Gehäuse
- sternförmige Erdung zur Minimierung von Masseschleifen
- sorgfältige Abstimmung von Signal-, Gehäuse- und Sicherheitserdungen
- Vermeidung langer, schmaler Erdungspfade, die resonieren können
- klare Planung der Rückwege für Hochfrequenzströme

Selbst perfekte Platinen und Gehäuse können durch Erdungsfehler zunichte gemacht werden. Bei der EMV-Erdung geht es nicht darum, alles mit der Erde zu verbinden, sondern zu kontrollieren, wo und wie der Strom fließt. Ob über eine Leiterbahn, ein Kabel, eine Lücke oder eine Erdschleife – die versteckten Antennen in Ihrem System suchen immer nach einer Möglichkeit, zu senden.

Fehler bei leitungsgebundenen Emissionen

Leitungsgebundene Emissionen beeinträchtigen die Konformitätsbemühungen häufiger, als Sie vielleicht denken. Insbesondere in Verbindung mit Stromleitungsrauschen treten diese Fehler erst spät auf und haben schwerwiegende Folgen – in der Regel genau dann, wenn Sie glauben, dass Sie aus dem Schneider sind. Schaltnetzteile sind besonders berüchtigt.



Leitungsgebundene Emissionen in einem Testlabor

Ihre schnellen Schaltflanken und ihr Hochfrequenzbetrieb erzeugen breitbandige Oberschwingungen, oft im Bereich von 150 kHz bis 30 MHz – genau dort, wo CE-Normen wie EN 55032 Grenzwerte für leitungsgebundene Störungen festlegen. Selbst wenn das SMPS zertifiziert ist, kann sich sein Verhalten drastisch ändern, wenn es in Ihr System integriert wird. Warum? Weil Layout, Erdung und Filterung auf unvorhersehbare Weise miteinander interagieren. Dieses „konforme“ Modul kann leicht zu einer Störquelle werden, sobald es in ein reales Produkt eingebaut wird. Bei der Integration scheitern auch gute Designs.

Viele Ingenieure gehen davon aus, dass das Netzteil die einzige Variable ist. Das eigentliche Problem ist jedoch, wie sich Störungen auf die AC- oder DC-Eingangsleitungen auswirken, insbesondere wenn die Filterung unzureichend, falsch angewendet oder einfach falsch platziert ist. Es ist eine klassische Falle: Das Modul besteht die Isolationstests, aber die Tests auf Systemebene zeigen ein anderes Bild.

Eine ordnungsgemäße EMV-Filterung ist die erste Verteidigungslinie. Ein gut ausgeführtes Filter blockiert sowohl Gleichtakt- als auch Gegentaktstörungen – und es ist wichtig, den Unterschied zu verstehen:

- Differentialmodus-Rauschen tritt zwischen Leitung und Neutraleiter (oder +V und Rückleitung) auf. Es wird durch Serieninduktoren und X-Kondensatoren bezwungen.
- Gleichtaktmodus-Rauschen findet sich parallel auf beiden Leitern relativ zur Erde und wird durch Gleichtaktdrosseln und Y-Kondensatoren unterdrückt.

X-Kondensatoren werden über die Eingangsleitungen gelegt, um Differenzrauschen zu shunt. Y-Kondensatoren werden von jeder Leitung zum Chassis/Erdungsanschluss gelegt, um Gleichtaktrauschen zu dämpfen. Die Platzierung und die Erdungsimpedanz haben einen großen Einfluss auf die Wirksamkeit des Filters, insbesondere bei höheren Frequenzen.

Erdungsschleifen und Emissionen

Und dann ist da noch die Erdung. Erdungsschleifen und ungeeignete Rückwege bleiben oft unbemerkt, bis sie durch Emissionsprüfungen aufgedeckt werden. Leitungsgebundene Störsignale können sich frei über diese unbeabsichtigten Pfade ausbreiten, insbesondere wenn digitale und Stromversorgungserdungen schlecht voneinander getrennt sind. Hochfrequente Störsignale folgen nicht dem Weg des geringsten Widerstands, sondern dem Weg der geringsten Impedanz. Diese Nuance bringt selbst erfahrene Teams ins Straucheln.

Eine wichtige Erkenntnis: Erdung dient nicht nur der Begrenzung von abgestrahlten Emissionen. In leitungsgebundenen Szenarien bestimmt Ihr Erdungsschema, wohin Ströme zurückfließen und wie sauber sie austreten. Gemeinsam genutzte Rückwege zwischen Strom- und Signalstromkreisen können Schaltgeräusche in empfindliche analoge oder Steuerungsbereiche einspeisen. Von dort aus breiten sie sich über die Stromleitungen aus – direkt in Ihren Testaufbau.

- Ein effektives EMV-Design beginnt beim Steckverbinder.
- Platzieren Sie Filter unmittelbar am Eintrittspunkt. Minimieren Sie die Leiterbahnlängen zwischen den Filterelementen.
- Stellen Sie sicher, dass die Erdungsrückwege kurz, breit und gut mit dem Gehäuse verbunden sind.
- Machen Sie sich mit dem Impedanzprofil Ihres Layouts über das gesamte Frequenzspektrum hinweg vertraut.

Dies sind nicht nur Layout-Tipps. Es sind Überlebensstrategien.

Wenn Sie ein geräuscharmes Netzteil-Design mit einer eng integrierten Filterung und intelligenter Erdung kombinieren, können Sie das Risiko von Fehlern aufgrund leitungsgebundener Emissionen drastisch reduzieren. Das bedeutet weniger Überraschungen im Labor, weniger Verzögerungen und einen schnelleren Weg zur CE-Konformität.

Frühe Design-Strategien für die EMV-Konformität

Sie haben Ihren Schaltplan fertiggestellt, Ihre Komponenten ausgewählt und die ersten Platinen durch die Montage geschickt. So verlockend es auch sein mag, den Weg zur endgültigen Zertifizierung zu beschleunigen, das Überspringen von Vorab-Konformitätstests ist eine der teuersten Abkürzungen im EMV-Design. Es endet fast nie gut.

Ingenieure fragen oft: „Warum sind frühe EMV-Tests wichtig?“ Weil man so die Probleme erkennen kann, solange sie noch klein sind. Das Ziel ist nicht die Zertifizierung, sondern die Diagnose. Sie untersuchen Ihr Design auf Emissions- und Störanfälligkeitsprobleme, bevor die Kosten für deren Behebung in die Höhe schnellen.

Vorab-Konformitätsprüfungen sind schnell, flexibel und unglaublich aufschlussreich. Sie können einen Tisch-Test mit einer Nahfeldsonde und einem Spektrumanalysator einrichten, nach Strahlungs-Hotspots suchen oder ein Leitungsimpedanz-Stabilisierungnetzwerk (LISN) verwenden, um leitungsgebundene Emissionen zu überprüfen. Mit Tools wie GTEM-Zellen oder TEM-Zellen können Sie wiederholbare Strahlungsmessungen in einem frühen Stadium durchführen, ohne Zeit in einer vollständigen schalltoten Kammer buchen zu müssen. Es gibt viele Gründe, warum sich Vorab-Konformitätsprüfungen auszahlen. Dazu gehört auch: Durch die Vorabkonformität wird EMV von einem Testereignis zu einer Design-Feedbackschleife. Es hilft Ihnen, EMV-Bewusstsein in jede Revision einzubauen, anstatt es am Ende anzuhängen.

Bewährte Verfahren für PCB-Layout und Erdung

Die Leiterplatte ist oft der Ort, an dem die EMV gewonnen oder verloren wird. Viele EMV-Probleme beginnen nicht mit dem Schaltungs-Design, sondern auf der Layout-Ebene. Ein fehlerfreier Schaltplan kann durch eine schlechte physikalische Implementierung unbrauchbar werden. Die Signalintegrität ist die Grundlage für ein emissionsarmes PCB-Design. Hochgeschwindigkeits-Digitalsignale erzeugen naturgemäß einen breiten Frequenzgehalt. Ohne kontrollierte Impedanz reflektieren, schwingen und strahlen diese Flanken. Was wie ein sauberer digitaler Übergang aussieht, wird zu einer Quelle für Breitbandrauschen.

Einer der kritischsten Faktoren ist die Leiterbahnimpedanz. Ein kontrolliertes Impedanz-Design sorgt dafür, dass Hochgeschwindigkeitssignale sauber und vorhersehbar übertragen werden. Bei einer falschen Impedanz oder fehlender Terminierung entstehen stehende Wellen und Resonanzen, die elektromagnetische Hotspots verursachen.

Die Grundplatte ist jedoch der Ort, an dem viele Designs stillschweigend scheitern. Sie ist nicht nur ein „Rückweg“, sondern auch Ihre Referenz, Ihre Abschirmung und Ihr Begrenzer für den Schleifenbereich. Die Frage, die Ingenieure oft stellen – „Massiv oder geteilt?“ – hat eine klare Antwort: Verwenden Sie eine massive Grundplatte.

Um eine solide EMV-Grundlage zu gewährleisten, sollten Sie diese grundlegenden Layout-Aspekte berücksichtigen:

- Halten Sie Hochgeschwindigkeits-Leiterbahnen eng mit einer durchgehenden Grundplatte verbunden.
- Vermeiden Sie das Verlegen von Leiterbahnen über Grundplatten-Trennungen oder Ausschnitte.
- Verwenden Sie kurze, direkte Rückwege für alle Signalschichten.
- Platzieren Sie großzügig Erdungs-Vias um die Kanten der Platine und in Hochgeschwindigkeitsbereichen.
- Vermeiden Sie Stubs und Umwege beim Routing, die Stromschleifen verlängern.

Nirgendwo ist die Nähe wichtiger als bei Entkopplungskondensatoren. Diese sind nicht optional, sondern lebenswichtig für ICs, die mit schnellen Transienten zu tun haben. Jeder Kondensator sollte so nah wie möglich an seinem zugehörigen Stromanschluss sitzen. Jeder zusätzliche Millimeter erhöht die Induktivität und beeinträchtigt die Wirksamkeit. Idealerweise montieren Sie den Kondensator neben dem Pin und verbinden ihn direkt mit den Strom- und Masseflächen über kurze Durchkontaktierungen. Wenn Sie mit einer mehrschichtigen Leiterplatte arbeiten, ist dies ein Muss.

Ein einziger Satz macht hier den Unterschied: Eine schlechte Platzierung der Entkopplung ruiniert die ansonsten ausgezeichnete Stromintegrität.

Die Strom- und Signalführung geht Hand in Hand mit der Minimierung von Schleifen. Je größer die Stromschleife, desto effizienter ist ihre Strahlung.

- Führen Sie Hochgeschwindigkeitssignale über benachbarte Masseflächen.
- Platzieren Sie Stromleitungen direkt über ihren Rückleitungsflächen.
- Bevorzugen Sie massive Stromflächen mit lokaler Entkopplung gegenüber langen, gewundenen Stromleitungen
- Isolieren Sie störende Schalter von analogen oder empfindlichen digitalen Bereichen.
- Verlegen Sie Taktleitungen und Datenbusse fern von Störquellen.

Eine weitere wichtige Taktik ist die Abschirmung kritischer Signalpfade durch innere Schichten, die durch massive Massebezüge begrenzt sind. Dadurch wird die Energie eingedämmt und Übersprechen und Kopplung in benachbarte Netze verhindert.

Beim PCB-Design für EMV ist das Layout nicht der letzte Schritt. Es ist das Schlachtfeld.

Dokumentation und Risiko-Management für CE

Über das Layout und die Tests hinaus erfordert die Erreichung der CE-Konformität eine gründliche Dokumentation und ein aktives Management. Die technische Dokumentation ist unerlässlich – eine lebendige Aufzeichnung der Konformität mit den EU-Richtlinien, insbesondere der EMV-Richtlinie, und sollte parallel zum Design-Prozess gepflegt werden.

Um konform zu sein, muss die technische Dokumentation eine transparente und gründliche Darstellung des Produkt-Designs und der Verifizierung enthalten. Zu den wichtigsten Komponenten gehören:

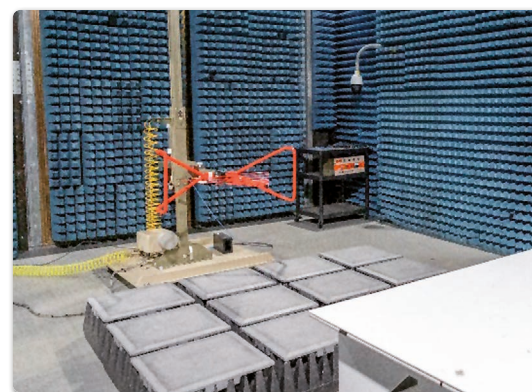
- detaillierte Designschaltpläne und PCB-Layouts
- Blockdiagramme auf Systemebene
- vollständige Stückliste (BOM)
- alle relevanten technischen Berechnungsunterlagen
- sowohl interne Vorab-Konformitätsberichte als auch abschließende externe Testberichte
- formelle EMV-Risikobewertung

Sobald die Konformität festgestellt wurde, muss der Hersteller eine Konformitätserklärung (DoC) ausstellen. Darüber hinaus müssen Sie eine interne Produktionskontrolle sicherstellen, um zu garantieren, dass jedes hergestellte Gerät den Anforderungen der Richtlinie entspricht. Dies setzt ein robustes Qualitäts-Management voraus, das die Konsistenz vom ersten Prototyp bis zur Massenproduktion validiert und sicherstellt, dass geringfügige Abweichungen bei Komponenten oder Prozessen die EMV-Leistung nicht beeinträchtigen.

Die technischen Unterlagen und die DoC müssen mindestens zehn Jahre nach dem Inverkehrbringen des Endgeräts aufbewahrt werden. Für die meisten elektronischen Produkte, die gemäß der EMV-Richtlinie selbst zertifiziert sind, ist eine benannte Stelle nicht erforderlich, es sei denn, eine harmonisierte Norm wird nicht vollständig angewendet oder das Produkt birgt besondere Risiken.

Wann sollte ein EMV-Prüflabor hinzugezogen werden?

Eine starke Laborpartnerschaft geht über die reine Durchführung von Tests und die Erstellung eines Berichts hinaus.



Strahlenemissionen in einem Testlabor

Die besten Labore bieten unschätzbare EMV-Fachwissen, das ein Projekt retten kann. Um einen reibungslosen Testtag zu gewährleisten, sollten Sie gut vorbereitet sein. Die Ingenieure des Labors benötigen neben dem endgültig zu testenden Gerät (EUT) detaillierte Anweisungen zur Bedienung in allen relevanten Modi, einen umfassenden Testplan, in dem die zu testenden spezifischen Konfigurationen beschrieben sind, sowie alle erforderlichen Zusatzgeräte oder kundenspezifischen Kabel.

Letztendlich ist die Entscheidung eine wirtschaftliche. Was ist teurer: ein paar Stunden Beratungszeit eines Experten oder eine zusätzliche Woche Entwicklungsarbeit, um einen neuen Prototyp für erneute Tests zurückzuschicken?

Vorschriften und akkreditierte Stellen

- Europäische Union: Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV-Richtlinie), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0030>
- CENELEC – Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung EN 55032: Elektromagnetische Verträglichkeit von Multimedia-Geräten – Emissionsanforderungen
- ETSI – Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
- EN 301 489-Reihe: EMV für Funkanlagen und -dienste, www.etsi.org
- Federal Communications Commission (FCC) Teil 15 – Hochfrequenzgeräte, US-Bundesgesetzbuch, www.fcc.gov ◀