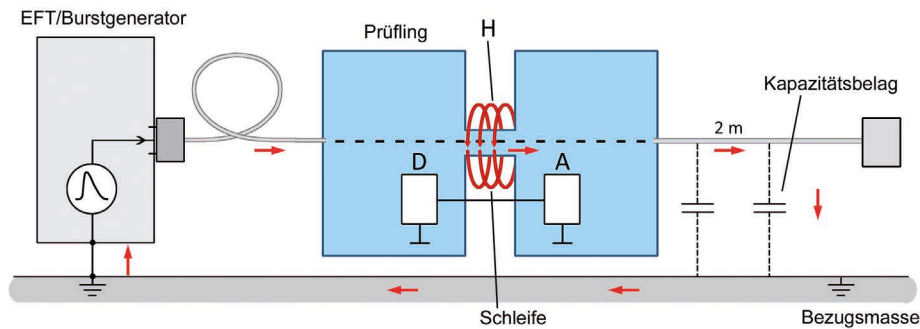


Erhöhung der EMV-Störfestigkeit von Baugruppen

Beschrieben wird die Entstörung einer Elektronikbaugruppe mit Burst-Transformator und Feldquellen.



Normtest einer elektronischen Baugruppe

Die Anforderungen an eine moderne elektronische Baugruppe sind hoch. Das sind zum Beispiel:

- hohe Störfestigkeit
- optimales, möglichst kleines Schirmgehäuse
- geringe Stromaufnahme

Welche Herangehensweisen und Werkzeuge können Entwickler in dieser Arbeit unterstützen? In diesem Artikel wird eine Entstörstrategie vorgestellt, die dem Entwickler bei bekannten Fehlerbildern hilft, die Baugruppe zu entstören und weiter zu härten.

In der Planungsphase

einer Neuentwicklung ist die Bewertung der getroffenen EMV-Maßnahmen durch den Entwickler schwierig. Die EMV-Eigenschaften der ausgewählten Schaltkreise sind nicht oder nur teilweise bekannt. Erhält der Entwickler genauere EMV-Parameter über die Schaltkreise, die zum Einsatz in die Schaltung geplant sind, werden seine EMV-Entscheidungen treffsicherer. Diese Parameter zu bekommen ist mit spezieller IC-Messtechnik heute kein Problem mehr. Trägt die geplante Seriengröße für die Baugruppe die Kosten eines eigenen IC-Tests nicht, so ist eine entwicklungsbegleitende Untersuchung nach eventuellen Störsenken in der Musterbaugruppe der klassische Weg.

Die unterschiedlichen EMV-Erfahrungen und gesammelten Erkenntnissen des Entwicklers von Baugruppenmustern oder Prototypen beeinflussen das Risiko den Störfestigkeitstest nach Norm nicht zu bestehen hoch. Ist dies der Fall, muss der Prüfling nachbearbeitet werden.

Um das Ziel einer hohen Störfestigkeit zu erreichen

organisiert der Entwickler in der Elektronik verschiedenste Gegenmaßnahmen. Ziel-führende EMV-Maßnahmen sind jedoch nur dann erfolgreich, wenn diese aus dem konkreten Wissen über Störkoppelwege abgeleitet werden können. Da jede neu-entwickelte elektronische Baugruppe die Risiken von Fehlannahmen beinhaltet, ist

es nötig, die Baugruppe experimentell auf ihre Störfestigkeit zu überprüfen.

Für eine effektive entwicklungsbegleitende EFT/Burst-Untersuchung in der elektronischen Baugruppe hat sich das Zusammenspiel des EFT/Burst-Generators mit Feldquellen und Burst-Transformatoren erwiesen. Die praxiserprobte Strategie für entwicklungsbegleitende Untersuchungen der Baugruppe zur Aufklärung von schwer analysierbaren Störphänomenen soll hier vorgestellt werden.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen

können gezielte EMV-Maßnahmen zur Optimierung der elektronischen Baugruppe abgeleitet werden. Mit den gleichen Werkzeugen können die eingebrachten EMV-Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit überprüft werden.

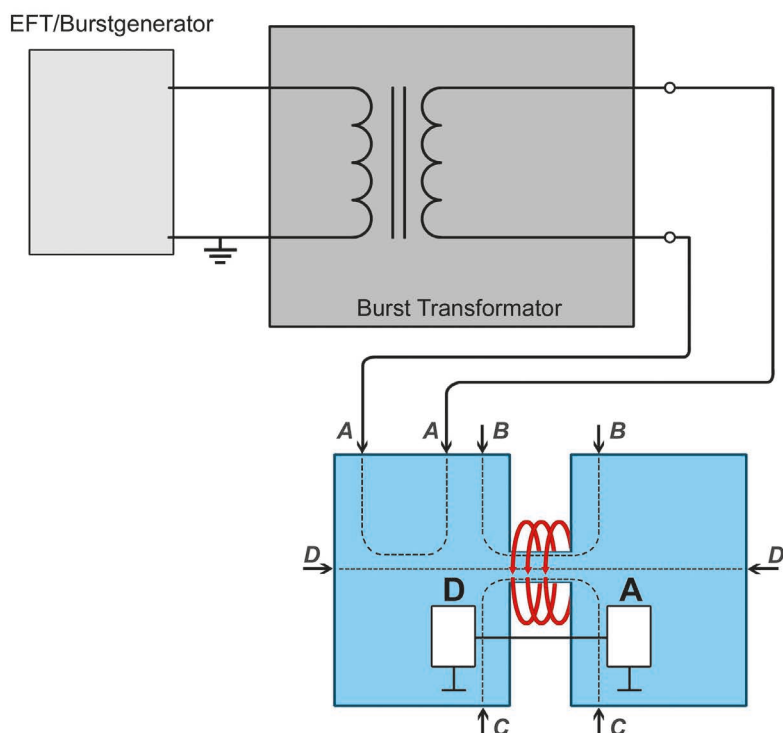
Dieses systematische und zielführende Vorgehen kann zu einer erheblichen Zeit- und Kostenersparnis während der Entwicklung einer Baugruppe führen.

Vorbereitung: Prüfung einer elektronischen Baugruppe nach IEC 61000-4-4

Der Prüfling steht mit einem Abstand von 10 cm über einer Bezugsmasseplatte. Der Störstromkreis wird über den Ausgang des EFT/Burst-Generators (BG) und der Stromversorgung des Prüflings und den Kapazitätsbelägen angeschlossener Kabel zur Masseplatte und von dort zurück über eine Masseverbindung zum BG geschlossen (Bild 1). Der Störstrom, der durch den Prüfling fließt, verursacht im Prüfling Burst-Magnetfelder. Diese greifen in Leitungsnetze und induzieren Störspannung. Damit stören sie die Schaltung des Prüflings.

Die Spannung des BGs liegt zwischen Prüfling und Bezugsmasseplatte an. Diese Spannung erzeugt elektrische Felder, die vom Prüfling zur Bezugsmasseplatte führen. Diese elektrischen Felder können ebenfalls auf Leitungen und Bauteile des Prüflings einwirken. Zum Beispiel Schwingquarze, Reset-Leitungen, Bussysteme usw. Die elektrischen Felder können über diesen Weg die Schaltung des Prüflings stören.

Wenn wie in Bild 1 ein Kabel angeschlossen ist, werden durch die zusätzlichen kapazitiven Ströme, die magnetischen Felder auf



Selektive potenzialfreie Einspeisung von EFT/Burst-Störstrom in definierte Baugruppentteile, um den Bereich der Störsenke grob einzugrenzen

der Baugruppe verstärkt. Ob der kapazitive oder induktive Störweg für das Fehlerbild verantwortlich ist, hängt von der Beschaffenheit des Prüflings ab. Im Weiteren wird der Ablauf der Baugruppententstörung beschrieben.

Erster Schritt: Typprüfung im Labor nach IEC 61000-4-4

Der Prüfling wird nach Bild 1 verschaltet. Der Störvorgang erzeugt am Prüfling elektrische und magnetische Felder. Diese können über die Leitungsnetze und Bauteile den Prüfling stören. Die Störungen äußern sich durch Funktionsfehler. Am Beispiel von dem Aufbau in Bild 1 kann das ein Versagen der analogen Schaltungen sein. Es ist aus dem Messprinzip und dem Fehlerbild nicht ermittelbar, was (Leitungsnetz und zugehöriger IC) konkret gestört wird und ob Magnetfeld oder elektrisches Feld die Störungen ausgelöst hat. Die Aufklärung und Fehlereingrenzung erfolgt in weiteren Entstörschritten.

Zweiter Schritt: Anwendung eines Burst-Transformators als Zubehör für EFT/Burst-Generatoren nach IEC 61000-4-4 zur Fehlereingrenzung

Mit dem gezeigten Aufbau lässt sich der Fehler auf der Schaltung nur schwer weiter

eingrenzen. Das hat seine Ursache darin, dass der Generator immer massebezogen arbeitet und immer ein Einspeisepunkt die Bezugsmasseplatte sein muss. Es ist nicht möglich, selektiv in ausgewählte Bereiche des Prüflings zweipolig zu speisen und damit den Fehler einzugrenzen.

Um selektiv zweipolig in den Prüfling speisen zu können, benötigt man potenzialfreie, differenzielle Generatorausgänge. Den massebezogenen Ausgang des Generators kann man mit einem Burst-Transformator (BT) in einen zweipoligen potentialfreien, differenziellen Ausgang umwandeln.

Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild eines solchen Transformators dargestellt. Mit dem zweipoligen Ausgang kann in das Masse-system des Prüflings eingespeist werden. Es ist dargestellt, wie an den verschiedenen Punkten AA bis DD in den Prüfling eingespeist werden kann. Im Bild 3 sieht man einen entsprechenden Prüfaufbau.

Es wird vorweggenommen, dass im Prüfling eine Störsenke existiert, die auf Magnetfeld reagiert. Diese Störsenke soll eine Leitungsverbindung zwischen digitalen und analogen Schaltungsbereichen sein. Die Masseflächen der digitalen und analogen Schaltungsbereiche werden meist layouttechnisch durch einen Spalt getrennt und in der Nähe des empfindlichsten Bauteiles punktförmig

verbunden. Leitungen, die von analog nach digital führen, können über den Spalt hinweggeführt sein. Damit entsteht zwischen dem Massesystem, der punktförmigen Verbindung und der Leitung eine wie in Bild 1 sichtbare Schleife. Wenn der Störstrom dort über die punktförmige Verbindung fließt, wird sein Magnetfeld diese Schleife durchsetzen. Das durch den Störstrom entstehende Magnetfeld induziert in der Schleife eine Störspannung, die zum Beispiel einen angeschlossenen Analog-IC stört.

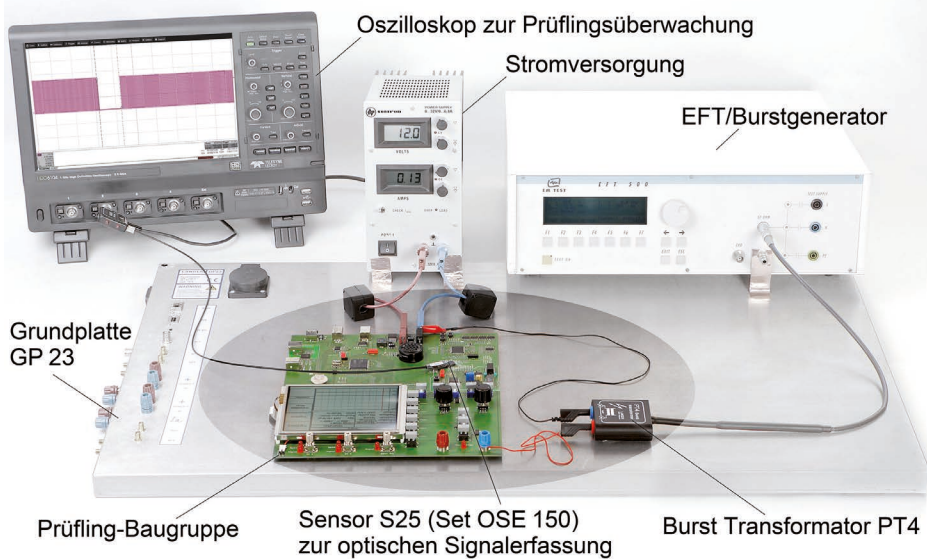
Aus diesem Sachverhalt kann eine allgemein gültige Entstörstrategie für Störungen durch Magnetfeld abgeleitet werden. Wenn die Ausgänge des BTs an den Punkten AA angeschlossen sind, wird kaum Störstrom über die punktförmige Verbindung fließen und der Analog-IC wird nicht gestört. Das heißt, in dem Bereich AA der Baugruppe ist keine Störsenke vorhanden. Wenn die Ausgänge über DD angeschlossen werden, entsteht das Fehlerbild wie bei der Typprüfung (Bild 1).

Wenn der BT über BB angeschlossen wird, entsteht das Fehlerbild, da die Störsenke getroffen wird. Die Beeinflussung wird nicht so hoch sein, wie beim seinem Anschluss über CC. Bei CC entsteht die höchste Beeinflussung. Durch Sichtung des Layouts im CAD-System kann man an dieser Stelle den Spalt als Schwachstelle ermitteln. Jetzt ist noch nicht bekannt, welcher Leiterzug und IC-Eingang betroffen ist.

Dritter Schritt: Eingrenzung der Störsenke mit Feldquellen

Die Feldquellen werden an den HV-Ausgang des BGs angeschlossen und mit EFT/Burst gespeist. Es gibt Feldquellen, die magnetisches Feld erzeugen (H-Feldquelle) als auch Feldquellen, die elektrisches Feld erzeugen (E-Feldquelle). Da es sich hier um eine magnetfeldsensible Störsenke handelt, ist für die weitere Untersuchung eine Feldquelle auszuwählen, die magnetisches Feld erzeugt. Die Feldquelle sollte an ihrer Spitze einen relativ dünnen Feldstrahl erzeugen, damit der Ort der Störsenke gut aufgelöst werden kann.

Die Feldquelle wird in geringer Höhe über die Oberfläche des Prüflings geführt (Bild 4). Wenn der zur Störsenke gehörige Leiterzug näher kommt, wird eine Beeinflussung einsetzen. Deshalb ist der Pegel des Generators soweit zu verringern, dass nur in unmittelbarer Nähe des Leiterzuges die Beeinflussung einsetzt. Man kann einen ähnlichen Effekt erzeugen, wenn man den Abstand der Feldquelle von der Prüflingsoberfläche erhöht. Mit dieser Abstandsvergrößerung verringert sich aber die Auflösung der Feldquelle.



Prüfaufbau mit Burst-Transformator

Die Beeinflussung ist am stärksten, wenn die Sonde in das Schleifeninnere (s. Bild 1, sichtbare Schleife) geführt wird. Die Grenze der Schleife im Spalt lässt sich mit der Feldquelle relativ genau orten. Aus dieser Ortung kann der verursachende Leiterzug im Layout ermittelt werden. Wenn jedoch die Leiterzüge eng gepackt sind, lässt sich der verursachende Leiterzug nicht genau orten. Es können dann zwei bis drei Leiterzüge verdächtig sein. Eine genauere Eingrenzung ist aus der Funktion der Leiterzüge heraus möglich. Im Layout sind die Leiterzüge bis zum entsprechenden IC zu verfolgen. Aus der Signalbelegung kann dann auf eventuelle Empfindlichkeiten geschlossen werden. Wenn das nicht möglich ist, sollten im Layout die Leiterzüge verfolgt und eine Stelle ausfindig gemacht werden, an welcher einer der Leiterzüge einzeln liegt. An dieser Stelle kann der Leiterzug mit der H-Feld-Quelle selektiv getestet werden. Danach kann durch Gegenmaßnahmen wie Filter vor den IC-Eingängen oder durch Verschließen des Spaltes mit Masse getestet werden, ob der Funktionsfehler behoben ist.

Vierter Schritt: Eingrenzung von E-Feld-sensiblen Störsenken

Unabhängig zur magnetfeldsensiblen Störsenke können E-Feld-sensible Störsenken vorhanden sein. Diese Störsenken sind im Allgemeinen nicht durch Schrittfolge 2 und 3 auffindbar. Denn der Anschluss des BTs nach Schritt zwei erzeugt im Prüfling hauptsächlich Magnetfeld und keine nennenswerten Spannungsdifferenzen. Um Spannungsdifferenzen zu erzeugen, muss der BT einpolig an den Prüfling angeschlossen werden.

Der andere Pol kann wie bei Schritt 1 mit der Bezugsmasseplatte verbunden sein. Vorteilhaft ist es alle Leitungsverbindungen des Prüflings mit mehreren Ferritkernen zu entkoppeln, sodass der Störstromfluss über die parasitären Kapazitäten unterdrückt wird. Damit wird verhindert, dass der Prüfling über Magnetfeld gestört wird.

Wenn Fehler entstehen, ist nachgewiesen, dass sie mit großer Wahrscheinlichkeit über ein elektrisches Feld verursacht werden. Lokalisieren kann man die E-Feld-sensiblen Störsenken direkt über diesen Weg nicht. Man kann durch Näherung der Hand die Felder an der Oberfläche des Prüflings verstärken und damit E-Feld-sensible Störsenken zum Ansprechen bringen. Der Effekt der Handnäherung kann durch Spannungspegeländerungen am BG unterstützt werden. Die räumliche Auflösung der Störsenke ist meist nicht sehr hoch, kann aber zum Ziel führen.

Mit einer großflächigen E-Feld-Quelle am zweiten Pol des BTs (dazu zweiten Pol von der Bezugsmassefläche trennen), kann man die Eingrenzung ähnlich zur Handnäherung verbessern. Als E-Feld-Quelle kann man eine 5 x 5 cm große Metallplatte verwenden, die mit dem zweiten Pol des BTs verbunden wird. Zur Eingrenzung eignen sich verschiedengroße Metallplatten. Die Feldquelle sollte mithilfe eines Isolierstabes geführt werden. Mit diesem Verfahren lässt sich die Störsenke meist nur grob eingrenzen.

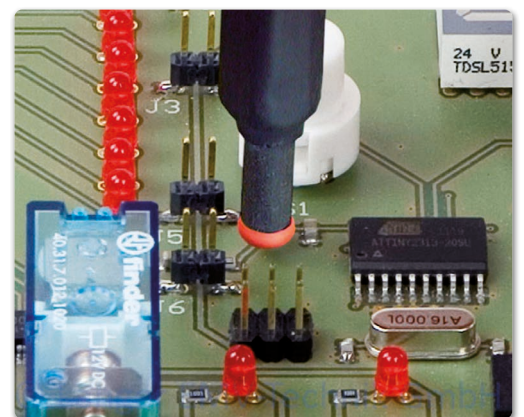
Zum genauen Lokalisieren der Störsenke müssen höhere Auflösungen erzielt werden. Dazu verwendet man spezielle E-Feld-Quellen, die an den HV-Ausgang des Generators angeschlossen werden. Zur Erzielung der

erforderlichen Auflösung müssen diese Quellen an der Spitze eine Feldelektrode mit einer Größe im Millimeterbereich besitzen. Die Elektrode ist mit dem coaxialen Innenleiter des HV-Kabels verbunden. Der Ort der Störsenke wurde bereits grob eingegrenzt, sodass die Feldquelle gezielt auf Leiterzüge oder Bauteile, IC-Pins usw. aufgesetzt werden kann.

Die Feldquelle muss entsprechend isoliert sein, um Überschläge in Leitungsnetze und Zerstörungen zu verhindern. Wenn beim Aufsetzen der E-Feld-Quelle Funktionsfehler entstehen, ist der Leiterzug oder das Bauteil als Störsenke identifiziert. Der Leiterzug selbst ist meist nicht das direkte Problem, sondern das am Leiterzug angeschlossene Bauteil (IC, Transistor, Referenzquelle...). Aus der Art des Bauteilanschlusses und der dazugehörigen Funktion kann man entsprechende Gegenmaßnahmen (Filter, Schirmung) ableiten. Diese Maßnahmen werden eingebracht und durch Prüfung mit dem BT und den Feldquellen bestätigt.

Fazit

Wenn eine hinreichende Menge an Störsenken beseitigt wurde, ist es sinnvoll, eine Typprüfung nach Schritt 1 durchzuführen, um zu prüfen, ob die erreichte Härting des Prüflings genügt. Als Hinweis für das Vorgehen in der Praxis gilt es, Folgendes zu beachten. Schritt 1 ist im Allgemeinen immer als erstes durchzuführen. Ob dann Schritt 2 die Magnetfeldentstörung oder Schritt 4 die E-Feld-Entstörung folgt, lässt sich nicht genau vorhersagen. Wenn man bereits bei der Typprüfung z.B. einen Handnäherungstest durchführt und entsprechende Reaktionen des Prüflings entstehen, lässt das auf E-Feld-Empfindlichkeit schließen, sodass man direkt mit Schritt 4, der E-Feldentstörung, beginnen kann. ◀



Anwendung einer Feldquelle über dem Prüfling