

Realitätsnahe ESD-Prüfverfahren

ESD-Modellbildung unter Berücksichtigung der Erdanbindung des Prüflings

A.02

Entladungen statischer Elektrizität (ESD) stellen wegen des Miniaturisierungsgrads elektronischer Baugruppen und deren Einsatz in sicherheitsrelevanten Bereichen ein wachsendes Störpotential dar. Außerdem entstehen erhebliche Kosten aufgrund von ESD-Schäden, die durch unsachgemäßen Umgang bei Einbau, Transport und Wartung von Elektronikkomponenten verursacht werden. Eine bestandene ESD-Prüfung bietet keine Garantie für die ESD-Sicherheit eines Produkts. Dem Hersteller nützt es nichts, sich auf erfolgreiche Prüfungen zu berufen. Der Beitrag geht der Frage nach, ob das angewendete Prüfverfahren den realen Verhältnissen entspricht.

Von den unterschiedlichen Modellen, die in den vergangenen Jahren zur Beschreibung von ESD-Ereignissen entwickelt wurden, konnten sich im Wesentlichen zwei durchsetzen: das ‚Human Body Model‘ (HBM), dessen physikalische Grundlage die Entladung des menschlichen Körpers in ein Gerät oder Bauteil ist, und das ‚Charged Device Model‘ (CDM), das im Gegensatz dazu die niederohmige Entladung eines bereits aufgeladenen Bauteils simulieren soll. Während Letzteres bislang nur zur Prüfung von Halbleiterbauelementen eingesetzt wird (E DIN IEC 60749-28), bildet das HBM die Grundlage der DIN EN 61000-4-2, der Norm zur allgemeinen Störfestigkeitsprüfung von Geräten gegen ESD.

HBM und CDM

Das HBM bildet den Menschen durch eine Kapazität von 150 pF und einen Widerstand von 330 Ω nach (je nach Branche sind auch andere Kombinationen möglich). Weitere pa-

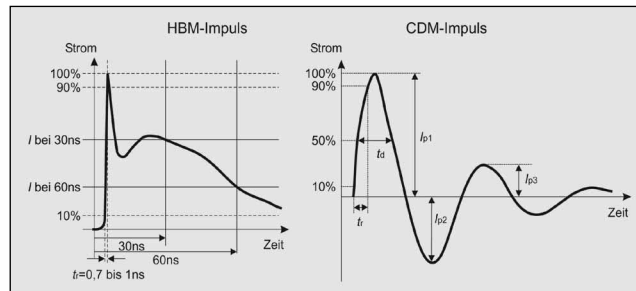


Abb. 1:
Standard-ESD-Impulse
für HBM und CDM

rasitäre Induktivitäten, Kapazitäten und Widerstände, die in der Norm jedoch nicht berücksichtigt sind, führen schließlich zu dem in Abbildung 1 dargestellten Kurvenverlauf. Der Impuls lässt sich in zwei Bereiche gliedern, den so genannten Initialimpuls, verursacht durch die Entladung der Handkapazität, und einen zweiten, weniger schnellen, aber dafür wesentlich energiereicheren Hauptimpuls, bedingt durch die Entladung der Körperkapazität. Der Initialimpuls besitzt Anstiegszeiten von 0,7 ns bis 1 ns und eine Stromspitze von 30 A bei einer Aufladespannung von 8 kV und einer Entladung über 2 Ω. In der Praxis treten jedoch auch Spannungen auf, die um den Faktor 3 höher liegen können.

Der Verlauf des CDM ist ebenfalls in Abbildung 1 dargestellt. Die typische Impulsanstiegszeit liegt hier im Bereich von 200 ps. Da die Prüfspannungen üblicherweise unter 1 kV liegen, ist beim CDM die Stromspitze mit kleiner 10 A auch deutlich unterhalb der des HBM. Der schwingende Verlauf führt zur mehrfachen Belastung eines Bauteils pro Ereignis.

Die DIN EN 61000-4-2

Das in der DIN EN 61000-4-2 beschriebene Prüfverfahren bildet die Grundlage zahlreicher Herstellerspezifikationen. Wichtige Voraussetzung für die Anwendung dieser Norm ist, dass der Prüfling mit allen auch während des Betriebs angeschlossenen Leitungen getestet wird, insbesondere mit allen Masseverbindungen. Beaufschlagt werden alle Geräteteile, die dem Endnutzer zugänglich sind. Prüflinge, die auf freiem Potential betrieben werden, wie beispielsweise batterieversorgte oder schutzisolierte Geräte, sollen auch während der Prüfung keine nieder-

ohmige galvanische Erdverbindung besitzen. Um jedoch zu verhindern, dass auf dem Prüfling Ladungen gespeichert werden und dieser damit im Potential angehoben wird, ist sicherzustellen, dass möglicherweise gespeicherte Ladungen nach jedem Prüfpuls langsam abgeführt werden. Dies geschieht durch eine ausreichend lange Wartezeit oder den Anschluss einer an beiden Enden mit 470 kΩ abgeschlossenen Masseleitung.

Die Konsequenz daraus ist, dass Geräteeingänge fest installierter Geräte nach DIN EN 61000-4-2 nicht geprüft werden sollten, da diese dem Endverbraucher in der Regel nicht zugänglich sind. Es ist jedoch sofort einzusehen, dass gerade diese Eingänge den Hauptschwachpunkt vieler Elektronikkomponenten bei Transport, Einbau und Wartung darstellen. Darum finden sich inzwischen ESD-Prüfungen von Gerätepins in zahlrei-

Autoren

Dipl.-Ing. KARSTEN GLÖSER ist Mitarbeiter am Lehrstuhl Hochspannungstechnik und EMV, zuständig für das Themengebiet ESD; Fon: 0631/205-2826 E-Mail: gloeser@eit.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. PAUL WEISS Universität Kaiserslautern; Lehrstuhl Hochspannungstechnik und EMV Postfach 3049, D-67653 Kaiserslautern

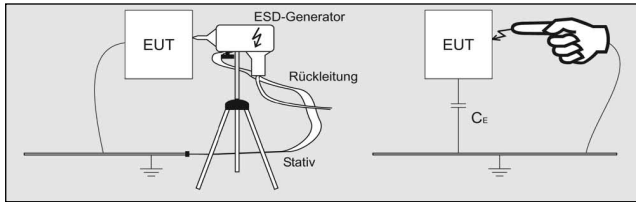


Abb. 2: Prinzipieller Prüfaufbau und reale Verhältnisse

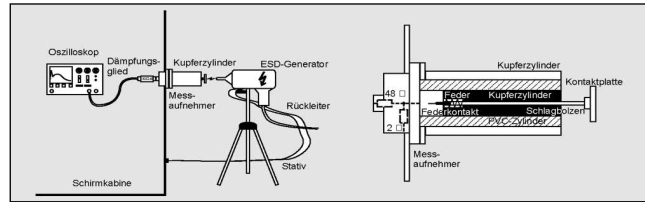


Abb. 3: Versuchsaufbau

chen Spezifikationen – basierend auf der DIN EN 61000-4-2.

Reale ESD-Verhältnisse

Betrachtet man nun die realen Verhältnisse eines auf freiem Potential befindlichen Geräts (Abbildung 2), wie sie insbesondere bei Einbauelementen beim Handling auftreten, wird sehr schnell klar, wo die Schwachstellen des angewendeten Prüfverfahrens liegen: Ist keine galvanische Erdbindung vorhanden, liegt immer eine kapazitive Verkopplung mit der Umgebung vor. Ein auftreffender ESD-

Impuls kann nicht abgeleitet werden, die Ladungen werden auf dem Prüfling gespeichert und eine Entladung, wie sie die DIN EN 61000-4-2 vorsieht, findet im Grunde genommen nicht statt. Ein vorhandenes Schutzelement sorgt für einen raschen Ladungsausgleich zwischen der internen Gerätemasse und dem Rest der Elektronik. Somit wird ein unzulässig hoher interner Potentialunterschied vermieden, das Gerät aber insgesamt im Potential gegenüber seiner Umgebung angehoben. Kommt es nun zum Erdkontakt, beispielsweise durch das Anschließen eines Steckers oder die Berührung mit einem Werkzeug, setzt eine niederohmige Entladung ein,

wie sie von der DIN EN 61000-4-2 nicht erfasst, ja sogar ausgeschlossen wird. Versagt in diesem Fall das Schutzelement, bleibt dies bei der Prüfung unerkannt.

Dieser Sachverhalt legt die Vermutung nahe, dass es sich bei dem beschriebenen Vorgang um eine Entladung nach CDM handelt. Die folgenden Untersuchungsergebnisse sollen dies belegen.

Versuchsaufbau

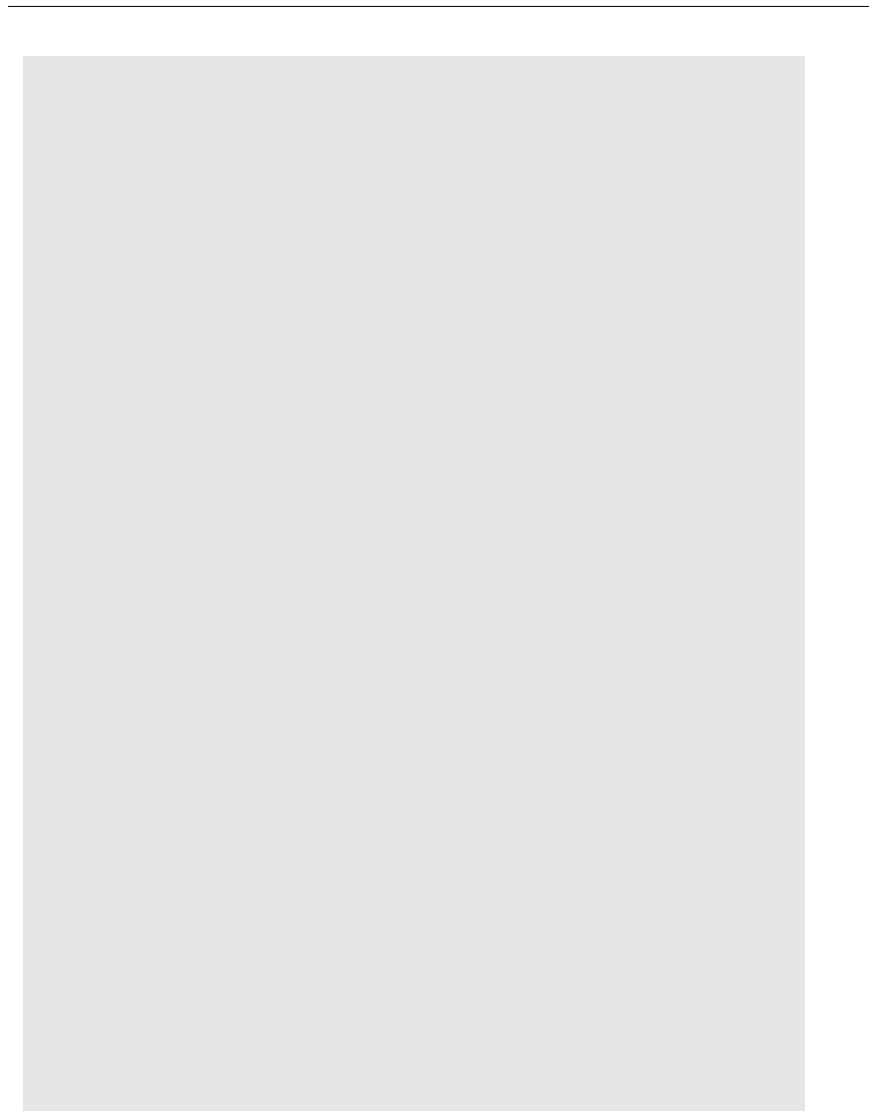
Es war somit ein Versuchsaufbau zu entwerfen, der es ermöglichen sollte, eine Kapazität auf Hochspannungsniveau aufzuladen und diese rasch in einen Messkreis zu entladen. Der Messkreis sollte ein abgeschlossenes 50- Ω -System bilden und in der Lage sein, den sich ergebenden Impulsverlauf anzuzeigen.

Der komplette Messaufbau ist in Abbildung 3 dargestellt. Als Messgerät wird ein schnelles Oszilloskop verwendet. Um Einkopplungen in die Messleitungen zu vermeiden, befindet sich das Oszilloskop in einer Schirmkabine. Ein in die Wand der Kabine eingelassenes Pellegrinitarget nach DIN EN 61000-4-2 dient als Messaufnehmer. Der in Abb. 3 dargestellte, speziell konstruierte Zylinderkondensator ermöglicht mit Hilfe eines Schlagbolzens die Simulation eines Entladevorgangs gemäß CDM.

Messergebnisse

Abbildung 4 zeigt die Stromverläufe des Standard-Normimpulses für eine Entladung über 2 Ω und eine Generatorspannung von 8 kV (Luftentladung), mit vorgeschaltetem Zylinderkondensator (Luftentladung), mit zusätzlich nachgeschaltetem Widerstand (um die in der Norm beschriebene hochohmige Masseleitung nachzubilden) und schließlich für eine Entladung in der beschriebenen Weise unter Einsatz des Schlagbolzens.

Der Standardimpuls weist eine Anstiegszeit von etwa 0,8 ns und einen Spitzenstrom von etwa 32 A auf. Durch Vorschalten des Zylinderkondensators ergibt sich ein deutlich gedämpfter Initialimpuls, während der Hauptimpuls nahezu unbeeinflusst bleibt. Die vorgeschaltete Kapazität wirkt hier als Tiefpass-



filter und bedämpft somit fast ausschließlich den ersten sehr schnellen Impulsteil. Der Spitzenstrom tritt nun erst im Hauptimpuls auf und beträgt etwa 17 A.

Zwei zusätzliche zur Kapazität in Reihe eingebrachte 470-k Ω -Widerstände beeinflussen hingegen den kompletten Impulsverlauf. Der Spitzenstrom beträgt lediglich noch rund 70 mA. Von einer Gefährdung des Prüflings kann hierbei kaum noch ausgegangen werden.

Die Entladung der zuvor mit 8 kV geladenen Kapazität mit Hilfe des Schlagbolzens führt zu einem schwingenden Stromverlauf mit einer Amplitude von über 120 A und einer Gesamtimpulsdauer von etwa 10 ns. Dieser Verlauf entspricht im Wesentlichen dem des CDM.

Die Anstiegszeiten der gemessenen Impulse liegen an den Grenzen der derzeit verfügbaren Messtechnik. Es ist durchaus möglich, dass eine schnellere Messtechnik Impulse kürzerer Anstiegszeit und höherer Amplitude detektieren würde.

Schlussfolgerung

Nach dem bisherigen Kenntnisstand liegt das Hauptgefährdungspotential des ESD-Impulses für hochintegrierte Elektronik im schnel-

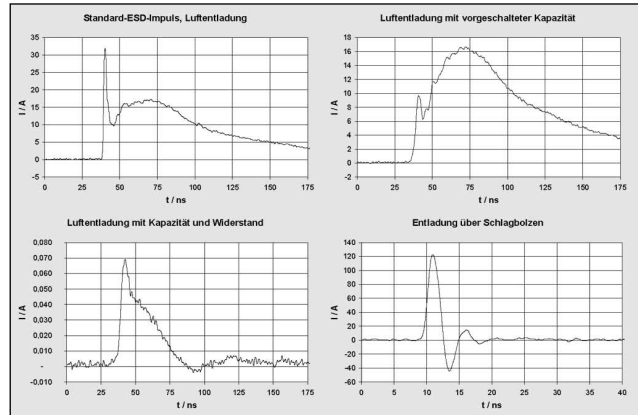


Abb. 4:
Messergebnisse

len Anstieg des Initialimpulses. Vergleicht man die aufgenommenen Kurvenverläufe miteinander, so stellt man fest, dass bei schneller, niederohmiger Entladung der aufgeladenen Kapazität, also der Anordnung, welche der Realität am nächsten kommt, die mit Abstand kürzesten Anstiegszeiten und die höchsten Stromspitzenwerte auftreten.

Somit dürfte von einem solchen ESD-Ereignis auch das höchste Gefährdungspotential ausgehen. Dies entspricht jedoch exakt der Anordnung, die nicht von der DIN EN 61000-4-2 erfasst, ja sogar explizit ausgeschlossen wird.

Es wird somit als notwendig erachtet, die DIN EN 61000-4-2 in diesem Punkt zu ergänzen oder aber eine weitere Prüfvorschrift für die Prüfung von Geräteeingängen zu erarbeiten, um künftig Geräteausfälle trotz bestandener ESD-Prüfung ein Stück weit unwahrscheinlicher zu machen.

Beitrag als PDF im Internet:

www.duv24.net
more @ click TK4A0202