

# ESD-Schutz durch PCB-Design

## Schutz vor elektrostatischer Entladung durch richtiges Leiterplatten-Design

**E**ine Vielzahl von elektronischen Modulen ist steckbar ausgelegt, und es besteht die Gefahr, dass elektrostatische Energie durch Berührung der Steckerpins in die Schaltung übertragen wird. Um Geräte vor ESD (engl.: electrostatic discharge) zu schützen, werden im Steckerbereich Schutzbauteile verwendet. Die Anbindung dieser Schutzbauteile ist von entscheidender Wichtigkeit, da diese die Störfestigkeit bei direkter elektrostatischer Entladung beeinflusst.

Der menschliche Körper lädt sich durch Reibungselektrizität (Triboelektrizität) auf. Bei Berührung wie z.B. beim Verpacken, beim Ein- und Ausbau in der Werkstatt, oder bei Labortests (ESD-Fachbegriff: Packaging und Handling) von elektronischen Modulen besteht die Möglichkeit einer Entladung. Dabei können Baugruppen geschädigt und sogar zerstört werden. Bei Geräten im geschlossenen Gehäuse stellt der Stecker den einzigen direkten Koppelweg für den ESD-Puls in die Schaltung dar (Abb. 1).

Als Gegenmaßnahme haben sich Schutzbauteile (SB) wie z.B. Kondensatoren, Varistoren, Dioden in SMD-Bauform im Steckerbereich bewährt, da diese bessere HF-Eigenschaften besitzen, als bedrahtete Bauelemente. Diese Bauform begünstigt ein EMV-gerechtes Leiterplatten-Design. Der ESD-Puls wird bei richtiger Anbindung gegen Ground abgeleitet (Abb. 2).

Im Nachfolgenden wird der positive als auch der negative Einfluß des Leiterplatten-Designs detailliert beschrieben. Die richtige Dimensionierung der Bauelemente ist ebenfalls ausschlaggebend; sie ist jedoch nicht Bestandteil dieses Fachartikels.

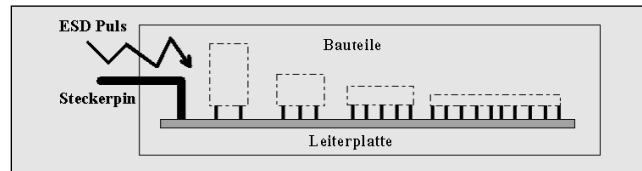


Abb.1: Koppelweg des ESD-Pulses in das Gehäuse

### Falsche Anbindung von Schutzbauteilen

Ein falsch angebundenes Schutzbauteil vermindert die Wirkungsweise dieser Maßnahme bei einer elektrostatischen Entladung. Es wird nur ein Teil des Pulses nach Ground abgeleitet. Der andere Teil des Pulses dringt in die Schaltung ein und zerstört empfindliche Bauelemente.

Die prinzipielle Problemstellung ist in Abb.3 dargestellt.

Die Versorgungs- bzw. Signalleitung wird als Leiterbahnzug nicht über das Pad des Schutzbauteils in die Schaltung geführt, sondern führt separat vom Steckerpin aus in die Schaltung. Weiterhin ist die Groundleitung in dieser Abbildung relativ dünn ausgeführt, was gleichbedeutend mit einer relativ hohen Induktivität gleichzusetzen ist. Vergleicht man die Impedanzen der beiden Strompfade  $L_{\text{trace}_3}$  im Schaltungs-Pfad und  $L_{\text{trace}_1}$ ,  $Z_{\text{SB}}$  und  $L_{\text{trace}_2}$  im Schutzbauteil-Pfad (SB-Pfad), so ist  $L_{\text{trace}_3}$  niederimpedanter als der SB-Pfad. Die höhere Impedanz des SB-Pfades hindert den gewünschten Stromfluss durch diesen Pfad nach Ground (siehe Abb. 4).

Ein weiteres Beispiel schlechter SB-Anbindung ist in Abb. 5 aufgeführt. Hier wurde vom Steckerpin aus ein separater Weg in die Schaltung geschaffen, die Schutzmaßnahme wirkt aus oben genannten Gründen nicht optimal. Die falsche Anbindung der Schutzbauteile verhindert eine effiziente Wirkungsweise trotz gut geplantem Schaltungs-Design, wie das Vorsehen beispielsweise von Kondensatoren als SB an jedem Steckerpin (Abb.6) zum Schutz vor ESD. Damit könnten auch andere Störeinflüsse wie hochfrequente schmalbandige Störungen und Pulse wirksam reduziert werden. Bei elektronischen Modulen mit beispielsweise 100 Steckerpins entstehen dadurch Mehrkosten, ohne dass ein funktionsfähiger Schutz vor Störenergien realisiert wurde.

### Richtige Anbindung von Schutzbauteilen

Entscheidend ist, dass der Entladungspfad kurz und damit niederohmig gestaltet wird, um den Puls mit kleiner Impedanz nach Ground abzuleiten. Das Ground-System der Leiterplatte muss den schnellen Strom mit mög-

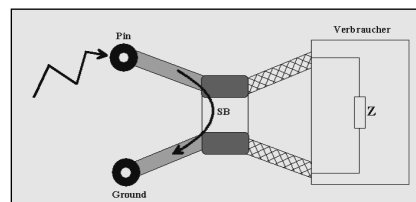


Abb.2: Entladung nach Ground

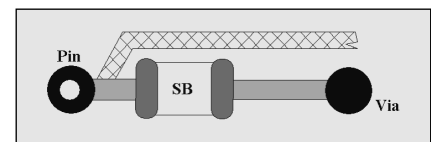


Abb.3: Falsche Anbindung des SBs

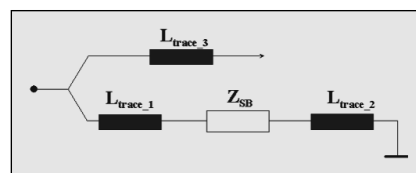


Abb.4: Ersatzschaltbild von Abb.3

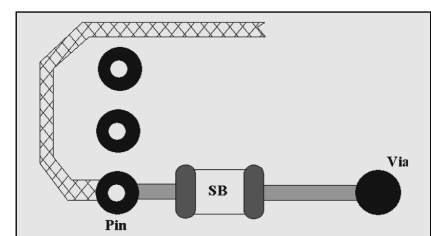
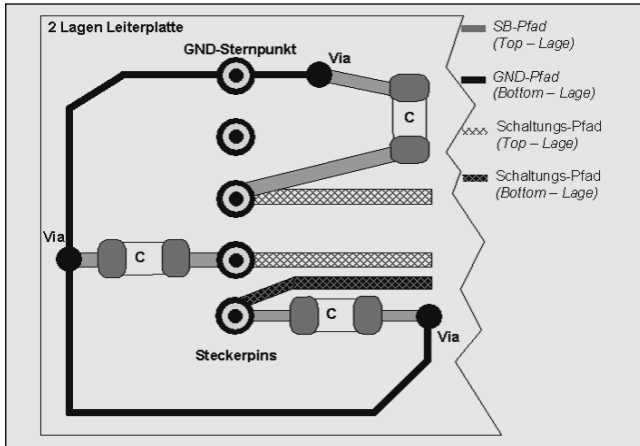
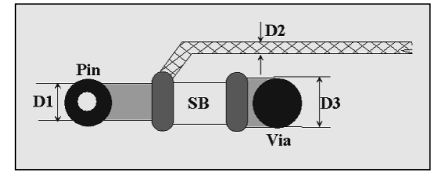


Abb.5: Falsche Anbindung des SBs

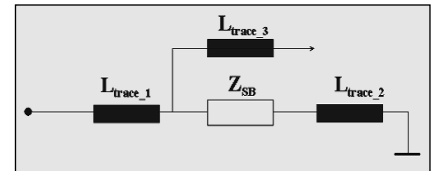
**Autoren**  
Dipl.-Ing. JOHANNES EDENHOFER und  
Dipl.-Ing. ANDREAS MOSER sind tätig im  
EMV-Zentrum, Abteilung: AT SE T31 bei  
SiemensVDO Automotive AG;  
Wernerwerkstrasse 2, D-93049 Regensburg  
Fon: 0941/202-8297, Fax: 0941/202-5160  
E-Mail: andreas.moser@at.siemens.de



**Abb.6:**  
**Schlechtes Layout**  
(Schutzbauteile:  
Kondensatoren)



**Abb.7: Richtige Anbindung des SBs**



**Abb.8: Ersatzschaltbild von Abb.8**

lichst niedriger Impedanz an den Ground-Anschluss des Moduls führen können. Die Leiterbahn im Schaltungspfad hingegen muss am Schutzbauteil beginnen und durch geringere Breite höherimpedant ausgelegt werden. Die Impedanz des Entladungspfad  $Z_{Ent}$ , d.h. das Schutzbauteil mit Zu- und Ableitung, muss kleiner sein als die Summe der Leitungsimpedanz  $Z_{Ltg}$  und der Lastimpedanz  $Z_{Last}$ .

Um optimalen ESD-Schutz im Layout zu gewährleisten, sind folgende Punkte zu beachten (siehe Abb.7 und das Ersatzschaltbild Abb.8):

eine gleichmäßige Abkühlung nach dem Lötprozess an beiden SB-Pads bewirkt.

**Beispiel: Design-Empfehlung 1**

Vorgaben: Platzierung von Bauteilen im Steckerbereich zulässig. (siehe Abb.9). Korrigiertes Design von Beispiel in Abb.6.

**Beispiel: Design-Empfehlung 2**

Vorgaben: Platzierung von Bauteilen im Steckerbereich nicht zulässig (siehe Abb.10). Eine Einteilung des Steckerbereichs in drei Bereiche ist sinnvoll.

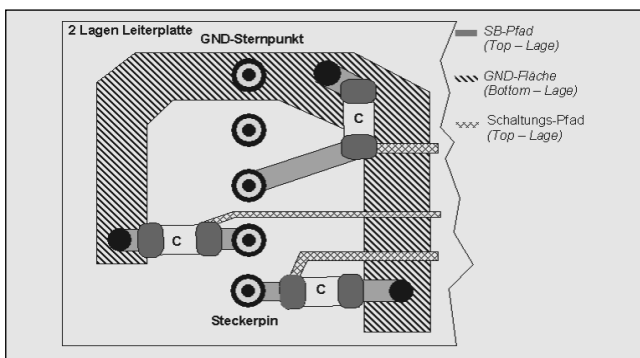
**Zusammenfassung**

Durch Modifikationen eines Leiterplatten-Designs nach den oben beschriebenen Regeln wird die ESD-Störfestigkeit deutlich verbessert.

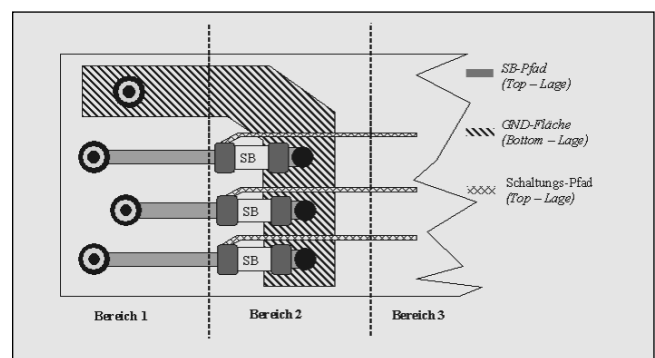
Die vorgeschlagenen Designregeln sind schnell und kostengünstig im Layout umsetzbar.

In der Praxis konnten in der Vergangenheit durch Beachtung der Regeln Kosten, die

C.01



**Abb.9: Design 1: Empfohlenes Layout (Schutzbauteile: Kondensatoren)**



**Abb.10: Design 2: Empfohlenes Layout**

- ▶ Die Induktivität der Leiterbahn  $L_{trace\_1}$  ist kleiner als  $L_{trace\_3}$  auszuliegen
- ▶  $L_{trace\_1}$  stellt die einzige Verbindung zum Schutzbauteil dar
- ▶  $L_{trace\_2}$  klein, d.h. maximal mögliche Leiterbahnbreite (Fertigbarkeit), minimale Leiterbahnlänge, Optimum wäre eine Groundfläche
- ▶  $L_{trace\_3}$  größer als  $L_{trace\_1}$ . Es ist sicherzustellen, dass die Verbindung in die Schaltung am Pad des Schutzbauteils beginnt.

- ▶ Bereich 1 – Entladungsbereich: Funkenüberschläge zwischen Steckerpins und Leiterbahnen sind zulässig
- ▶ Bereich 2 – Schutzbereich: Jede Leiterbahn, die über ein Pin Verbindung zur Außenwelt hat, muss geschützt werden. Auf die richtige Anbindung der Schutzbauteile ist zu achten. Eine parallele Anordnung der Schutzbauteile ist erstrebenswert, um die räumliche Trennung der drei Bereiche zu realisieren
- ▶ Bereich 3 – Der Bereich 3 ist die ‚ESD-freie Zone‘. Keine ungeschützte Leitung führt in diesen Bereich.

durch Ausfälle bei der Qualitätsprüfung von elektronischen Modulen mit unwirksamen ESD-Schutz und die dadurch nötigen Neu-Designs der Leiterplatte entstanden, eingespart werden.



Hinweis: Zur Verhinderung des sogenannten Thumbstone-Effekts sollte aus Fertigungssicht  $D3 \approx D1 + D2$  entsprechen. Dabei wird