

EMV - elektromagnetische Verträglichkeit Teil 20

Die gängigen Bauteile für die Optimierung in Bezug auf Überspannungen beschreibt dieser Artikel.

Allgemeines

Dem Schutz eines elektronischen Gerätes oder einer Schaltung vor Überspannungen kommt im Bereich der EMV besondere Bedeutung zu. Überspannungen gelangen in erster Linie über Ein- und Ausgangsleitungen in eine Schaltung, sei es durch Entladung statischer Elektrizität (ESD), Blitzschläge usw.

Um die Störfestigkeit eines Gerätes oder einer Baugruppe vor Überspannungen im Rahmen der CE-Kennzeichnung zu beurteilen, sind die einschlägigen Normen und die darin vorgeschriebenen Meßabläufe zu nennen:

IEC 1000-4-2, EN 61000-4-2:

Entladung elektrischer Elektrizität ESD auf Bedienelemente, Buchsen, Gehäuse, usw.

IEC 1000-4-4, EN 61000-4-4:

schnelle transiente Störgrößen, Aufkoppung von Burstpaketen auf Netzleitungen, Signal- und Datenleitungen

IEC100-4-5, EN 61000-4-5:

Stoßspannungen, Surge-Aufkopplung auf Netzleitungen

Hält ein Gerät während des EMV-Tests diesen Prüfungen nicht stand, muß durch Einsatz der entsprechenden Bauelemente an der richtigen Stelle in der Schaltung Abhilfe geschaffen werden. Für die Begrenzung von Überspannungen auf ein zulässiges Maß oder deren Vermeidung

können u. a. folgende Bauelemente Einsatz finden:

- Dioden
- Z-Dioden in verschiedenen und speziellen Ausführungen
- Thyristoren/Triacs in verschiedenen und speziellen Ausführungen
- Gasgefüllte Ableiter
- Varistoren

Abbildung 1 gibt einen schnellen Überblick.

Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe herstellerspezifischer Ausführungen dieser Bauelemente speziell für den Einsatz im Bereich der EMV. Im folgenden werden diese Bauelemente kurz vorgestellt, die Wirkungsweise erläutert und praktische Anwendungsschaltungen genannt.

Dioden

Eine einfache Diode ist zwar kein spezielles Bauelement zur Unterdrückung von Überspannungen, sie kann jedoch in Verbindung mit einem Widerstand und einer festen, stabilen Spannung das Überschreiten dieser Spannung verhindern. Hilfreich ist die üblicherweise kurze Ansprechzeit von Dioden von 0,1 bis 10 ns.

Abbildung 2 zeigt eine Überspannungsschutzschaltung, wie sie z. B. auch bei CMOS-Familien verwendet wird. Überschreitet U_e die Stützspannung U_1 oder unterschreitet sie U_2 um 0,7 V, leitet die entsprechende Diode (D 1 oder D 2) und der Ausgleichsstrom erzeugt über dem Widerstand R einen Spannungsabfall. Dadurch wird U_a innerhalb der Grenzen $U_1 + 0,7 V$ und $U_2 - 0,7 V$ konstant gehalten.

Bei zu kleinen Werten von R wird der Ausgleichsstrom groß und belastet die Stützspannungen.

Bild 1: Die gängigsten Bauelemente zur Überspannungsableitung

| Bauelement | Schaltzeichen | Spannungsbereich | Ansprechzeit | Impulsstrom/Impulsleistung |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------|--|
| Diode | | $\pm 0,7V$ | 0,1-10ns | abhängig von der Stützspannung und der Diode |
| Z-Diode | | 3-200V | 0,1-10ns | je nach Z-Spannung und Diodenleistung |
| Transil-Schutzdioden | unidirektional | 5-400V | $\approx 1ps$ | bis 5kW |
| | bidirektional | 5-400V | $\approx 5ns$ | bis 5kW |
| edelgasgefüllte Überspannungsableiter | zweipolig dreipolig | 60-1500V | 50ns-5µs | 5-100kA |

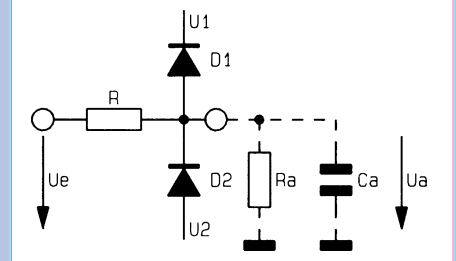


Bild 2: Einstufige Schutzschaltung mit Dioden- und Stützspannung

Ist der Wert von R zu groß, besteht die Gefahr, daß das Eingangssignal durch den durch die Eingangsimpedanz $R_{all}C_a$ gebildeten Tiefpaß zu stark belastet wird. In Abbildung 3 ist eine zweistufige Lösung dargestellt, die hauptsächlich in HCMOS-Schaltkreisen Einsatz findet.

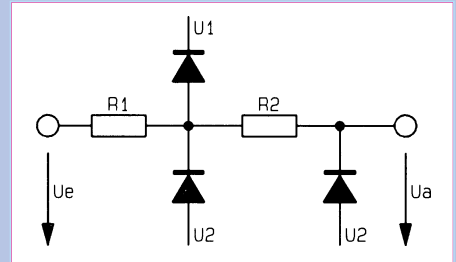


Bild 3: Zweistufige Schutzschaltung

Dioden setzt man hauptsächlich zum Schutz von Verstärkereingängen ein, wobei allerdings bei kleinen Eingangssignalen Leck- und Rauschstrom der Dioden zu berücksichtigen sind. Bei länger andauernden und höheren Überspannungen werden die Stützspannungen zu stark belastet, hier empfiehlt sich der Einsatz von Z-Dioden/Varistoren.

Z-Dioden

Z-Dioden verhalten sich in Durchlaßrichtung wie normale Dioden, in Sperrrichtung fließt der Strom ab der Z-Spannung. Daher sind Z-Dioden in Verbindung mit einem Widerstand gemäß Abbildung 4 als Überspannungsbegrenzung einsetzbar. Der Ableitstrom fließt gegen Masse ab. Für eine Spannungsbegrenzung in beide Richtungen sind zwei Dioden in Serie zu schalten, die zulässige Verlustleistung der Dioden ist zu beachten. Bei den vorkommenden Überspannungen handelt es sich jedoch meistens um „kurze“ Spannungspulse (Transienten). Daher ist nicht der Mittelwert der an der Diode abfallenden Leistung relevant, sondern die Impulsbelastung.

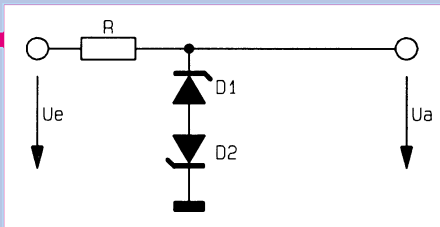


Bild 4: Überspannungsbegrenzung mit Z-Dioden

Die Halbleiterhersteller bieten spezielle Dioden mit hoher Impulsbelastbarkeit an. So vertragen z. B. die Thomson-Transil-Schutzdioden der Serie BZW Impulsbelastungen von bis zu 5 kW.

Transil-Schutzdioden sind sowohl in unidirektionaler Bauweise analog zu einer herkömmlichen Z-Diode als auch bidirektional, d. h. entsprechend der Reihenschaltung zweier Z-Dioden, erhältlich. Unterschiedlich sind dabei die Ansprechzeiten: ca. 1 ps für die unidirektionale und ca. 5 ns für die bidirektionale Ausführung. Für den Schutz mehrerer Leitungen gleichzeitig z. B. in Bussystemen sind diese Dioden auch in Array-Form im DIL-Gehäuse erhältlich.

Alle zuvor genannten Dioden gibt es in abgestuften Schaltspannungswerten. Die Leck- und Rauschströme sowie die Tiefpaßwirkung aufgrund der hohen Kapazität im nF-Bereich sind zu beachten.

Thyristoren/Triacs

Auch Thyristoren und Triacs können für die Überspannungsableitung eingesetzt werden. Dazu wird beim Auftreten einer Überspannung ein Zündsignal erzeugt, wodurch das Bauteil leitend wird und die Überspannung kurzschließt. Abbildung 5 zeigt diesen Mechanismus.

Der maximale Dauer-Kurzschlußstrom ergibt sich aus den Daten des eingesetzten Bauteils (1 bis 100 A), wobei die maximale Kurzzeitbelastung (<10 ms) ca. um den Faktor 10 höher liegt. Deshalb kann es nötig sein, einen Widerstand oder eine Drossel als Strombegrenzung in die Leitung einzufügen. Für längere Belastungen muß der Stromfluß dann dauerhaft durch eine flinke Schmelzsicherung unterbrochen werden. Die Verzögerungszeit dieser Schaltung liegt in der Zündzeit des Bauelementes begründet und liegt je nach Typ zwischen wenigen ns und 100 µs.

Aufgrund der hohen Leck- und Rauschströme sowie der hohen Kapazität sind Thyristoren/Triacs für den Einsatz in Signalleitungen bei Frequenzen ab dem kHz-

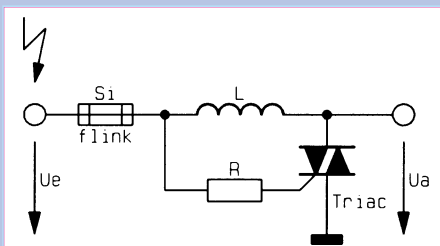


Bild 5: Triac als Überspannungsableiter

Bereich ungeeignet. Deshalb liegt der Einsatz hauptsächlich im Bereich des Schutzes von Versorgungsspannungen.

Verschiedene Halbleiterhersteller bieten bereits Bauelemente an, die auf vorgeanntem Prinzip basieren, jedoch mit geringen Leckströmen und Kapazitäten sowie hohen Schaltgeschwindigkeiten aufwarten (Trisil-Reihe von Thomson).

Überspannungsableiter

Eine ähnliche Funktion wie die vorher beschriebenen Thyristoren/Triacs führen die Überspannungsableiter aus. Diese Bauelemente werden beim Überschreiten einer bestimmten Spannung niederohmig. Im Gegensatz zu Thyristoren/Triacs wird keine zusätzliche Strombegrenzung benötigt.

Das Funktionsprinzip ist schnell erklärt: innerhalb des Ableiters befindet sich eine Funkenstrecke, bestehend aus einer Spitze, die über einer Metallplatte angeordnet ist. Diese Funkenstrecke ist mit Luft oder Edelgas umgeben. Überschreitet die Spannung über der Funkenstrecke einen bestimmten Wert, so wird das Gas ionisiert, eine niederohmige Plasmaentladung beginnt. Dadurch fließt ein Strom in der Größenordnung von bis zu einigen 10 kA. Die Entladung hält solange an, bis der Stromfluß aufhört. Erst dann erfolgt die Rekombination der Gas-Atome, und die Funkenstrecke isoliert wieder.

Die Ansprechspannung wird durch den Krümmungsradius der Spitze, den Abstand zur Platte sowie die Beschaffenheit des Gases bestimmt.

Einfache, mit Luft gefüllte Überspannungsableiter werden wegen der schlechten Reproduzierbarkeit der Zündungsspannung und des Zündverhaltens lediglich für die Ableitung von sehr hohen Spannungen eingesetzt, z. B. bei Antennenmasten.

Um reproduzierbare Zündverhalten zu erreichen, werden gasgefüllte Überspannungsableiter hergestellt, die ein abgeschlossenes Metall-Glas- oder Metall-Keramik-Gehäuse besitzen. Die Funkenstrecke wird von zwei großflächigen, übereinanderliegenden Elektroden gebildet. Abbildung 6 zeigt den prinzipiellen Aufbau. Aufgrund der in engen Grenzen festgelegten Ansprechspannungen ist eine permanente Vorionisation des Gases notwendig, die durch eine zusätzliche Elektrode oder durch eine schwache radioaktive Dotierung im Inneraum erreicht wird. Dieser Aufbau ergibt hohe Isolationswerte (>10 GΩ) und kleine Kapazitätswerte (<1 pF). Je nach Ausführung kann der Zündvorgang bereits bei relativ kleinen Spannungen erfolgen (60 bis 1500 V). Die Bogenbrennspannung liegt zwischen 10 V und 30 V, der Widerstand bei <0,1 Ω. Unterschreitet die Stromstärke die für die Entladung erforderlichen Werte von 10 bis

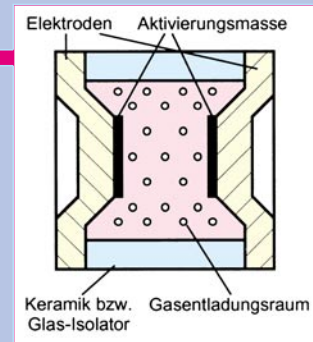


Bild 6: Prinzipieller Aufbau eines gasgefüllten Überspannungsableiters

100 mA, erlischt der Lichtbogen. Die Ansprechzeiten liegen im Bereich von 50 ns bis zu 5 µs und sind stark von dU/dt abhängig. Werden diese Überspannungsableiter im Wechselspannungsbereich eingesetzt, so ist die Zeit des Nulldurchgangs der Wechselspannung in der Regel nicht lang genug, um die Atome rekombinieren zu lassen, d.h. der Kurzschluß bleibt vorhanden. Hier hilft nur eine längere Stromabschaltung.

Optimal einsetzbar sind diese Ableiter im Bereich des Schutzes vor energiereichen induktiven Schaltspitzen sowie als Blitzschutz. So eröffnen sich Einsatzgebiete in Fernmelde- und Übertragungsanlagen, Rechneranlagen, Antennenanlagen im Bahn- und Kraftfahrzeugbereich und für den Schutz von Ein- und Ausgängen in Meß- und Regelsystemen.

Varistoren

Varistoren bestehen in der Regel aus gesintertem Zinkoxyd. Der Widerstand nimmt in Abhängigkeit von der anliegenden Spannung nichtlinear ab. Die Kennlinie ähnelt der zweier gegeneinander geschalteter Z-Dioden. Der Spannungsbereich von Varistoren liegt zwischen 6 V und 2000 V.

Analog zu Z-Dioden bricht bei Varistoren die Spannung im Ansprechfall nicht zusammen, so daß die Verlustleistung zu beachten ist. Impulsströme bis zu 100 kA sind möglich, wobei keine Strombegrenzungswiderstände erforderlich sind. Die Ansprechzeit von Varistoren liegt i. a. unter 10 ns und wird hauptsächlich durch die Zuleitungsinduktivitäten bestimmt. Die hohe Eigenkapazität von typischerweise 0,1 bis 50 nF engt den Anwendungsbereich auf niederfrequente Nutzsignale ein.

Varistoren besitzen weiterhin relativ hohe Leckströme von bis zu 0,1 mA und hohes Rauschen. Deshalb setzt man Varistoren hauptsächlich für den Schutz von Versorgungsleitungen (50 Hz, DC) sowie Leistungssignalen (Antriebe, Stellglieder) ein. Kleinere Ausführungen mit kleineren Kapazitätswerten finden in großen Stückzahlen im Bereich der Fernsprechtechnik Einsatz.

Im folgenden Teil dieser Artikelserie werden die Bauelemente zu konkreten Schutzschaltungen verknüpft und Gesichtspunkte für das Schutzschaltungsdesign genannt.