

Was ist ESD?

„Electrostatic Discharge“



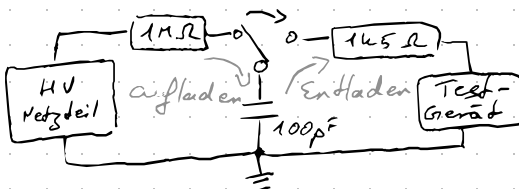
Elektrostatische Entladung, z. B.
am Türgriff nach einer Aufladung
durch einen Teppich

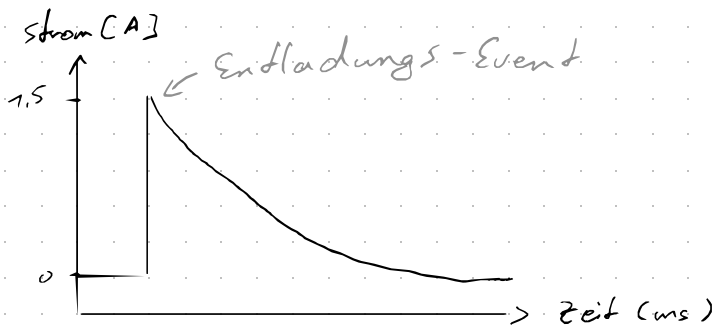
Solche Entladungen können elektronische Bauteile zerstören. ESD-Schutz Maßnahmen sollen dies verhindern:

- Device-Level ESD: Eine Entladung trifft ein elektronisches Bauteil
- System-Level ESD: Eine Entladung trifft eine Platine mit mehreren Bauteilen.

Human body Model:

Ein Test, der die Entladung durch Berührung von einem Menschen simuliert.

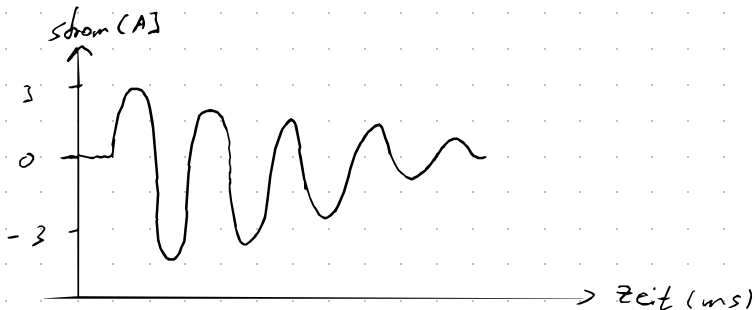
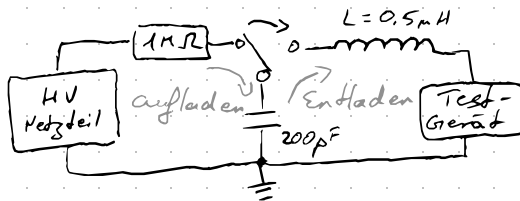




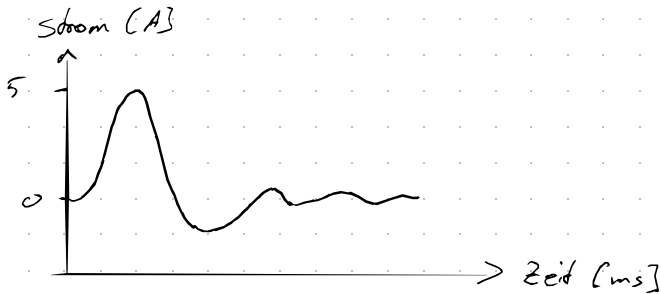
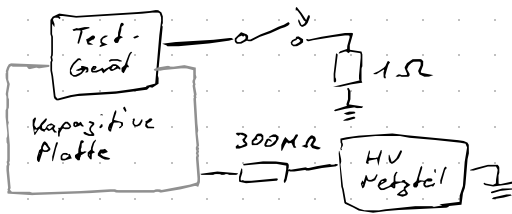
Bei dem Test wird die Spannung erhöht und die Entladung so lange wiederholt bis das Gerät kaputt geht.

Machine Model:

Simulation einer Entladung durch z.B. einer Pick and Place Maschine



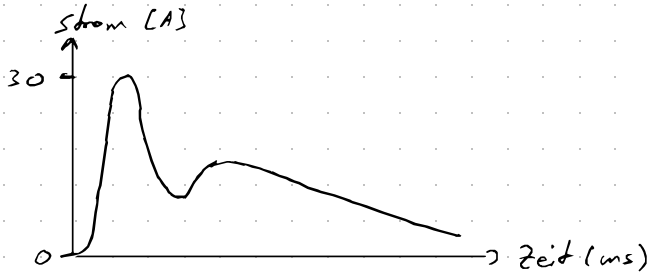
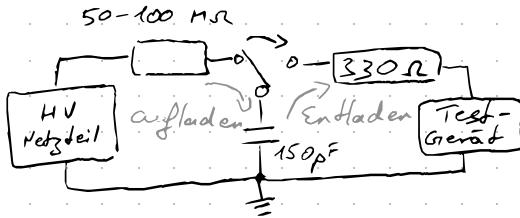
Charged-Device Model



Testen der Entladung eines Bauteils

Diese Tests finden alle nur auf Device-Level statt, für System-Level sind andere Tests vorgesehen

System Level Test (1)

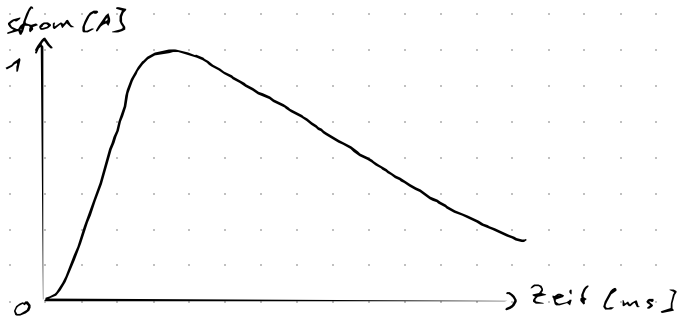
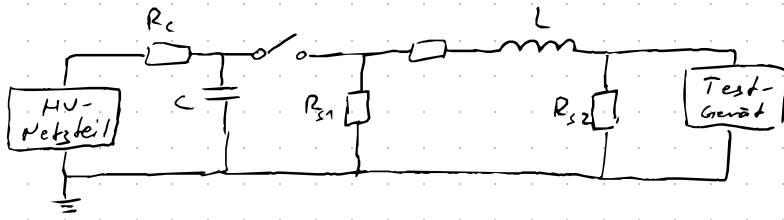


IEC 61000-4-2 Test
↑
±8 kV

Hier befindet sich das Bauteil nicht mehr in einer kontrollierten Umgebung (Produktions-Bereich).

Die Spannungen sind daher höher als bei den Device-Level Tests.

System-Level Test (2)



IEC 61000-4-5 Test

Dieser Test ist einem Blitzeinschlag sehr ähnlich

Was passiert wenn eine Entladung eintritt?

- ① Gar nichts, das Gerät funktioniert danach immer noch

Viele Hersteller produzieren ihre Bauteile bis zu einem gewissen Grad ESD geschützt. Daher halten diese schwächeren Entladungen durchaus stand.

- ② Soft Failure

Bauteile gehen nicht kaputt aber das System muss evtl. neu gestartet werden.

- ③ Hard Failure

Bauteile gehen kaputt und müssen getauscht werden.

Wie funktioniert ESD-Schutz?

→ Alle Entladungen verhindern?

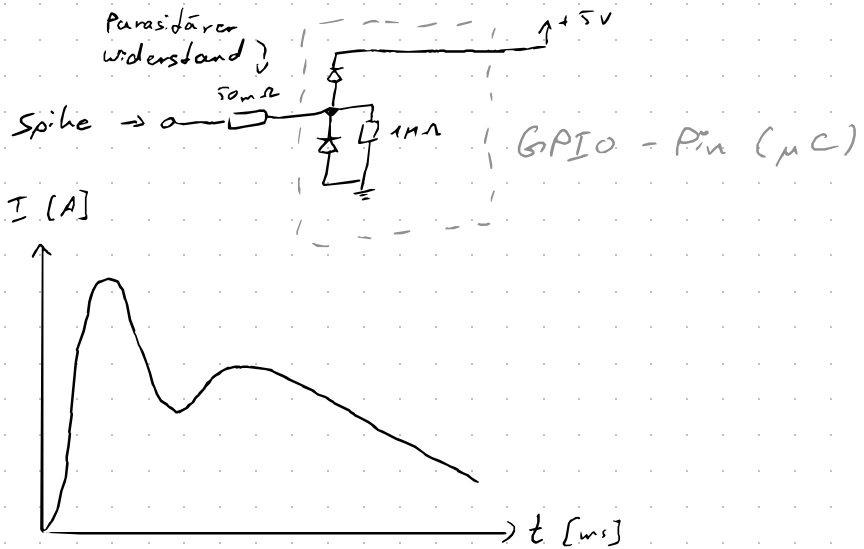
↳ Dies ist in der Praxis nicht möglich

→ Die Effekte von Entladungen reduzieren

↳ geht, aber nur bis zu einem gewissen Grad

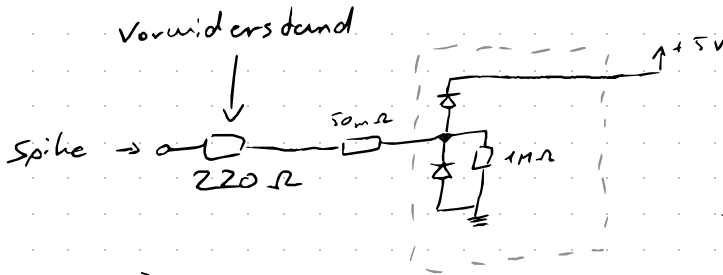
Bsp.: Die Pins eines Microcontrollers haben intern eine ESD Protection für $\pm 10\text{V}$ spikes (Device-Level). Dementsprechend muss der System-Level ESD Schutz nur höhere Spannungen abfangen.

Simulation: Ungeschütztes Bauteil

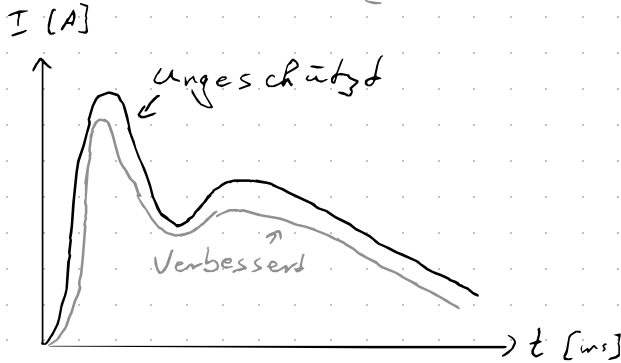


Vorwiderstand

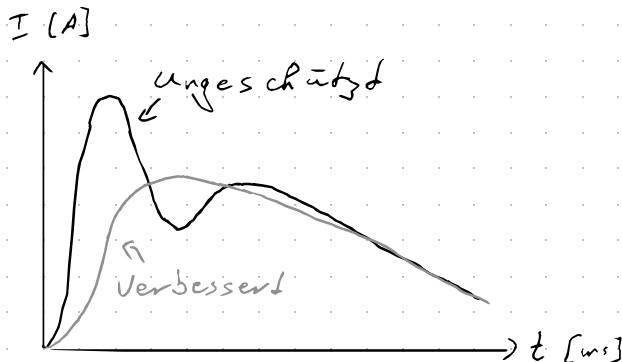
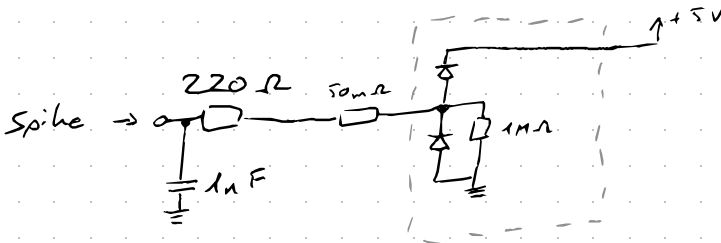
Ein Vorwiderstand verringert den Strom den das betroffene Bauteil stand halten muss. Außerdem senkt er die Resonanzfrequenz des RC-Gliedes.



Der Vorwiderstand schützt auch die Dioden.



Kondensatoren zum Abfangen von Spitzen



ESD-Events sind sehr kurz. Daher können Kondensatoren die kurzen Spitzen abfangen. Sie sind wie Tiefpass-Filter im Einsatz.

Bei hochfrequenten Signalen können Kondensatoren aber nicht eingesetzt werden. Wenn der Kondensator nicht durch einen Widerstand gedämpft wird, kann er durch Schwingungen das Rauschen verschlechtern.

Ein größerer Kondensator glättet die Peaks stärker.

TVS Dioden

TVS Dioden verhalten sich ähnlich wie Z-Dioden mit einer schnelleren Reaktions-Zeit und einer höheren Belastbarkeit durch Ströme.

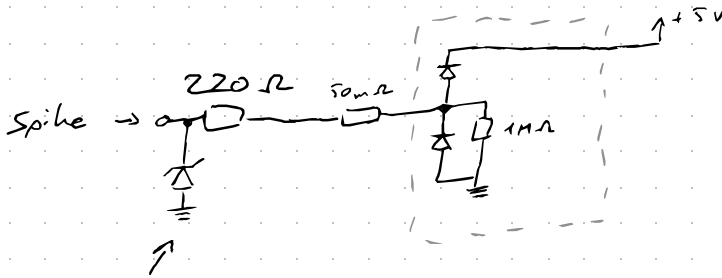
→ Reverse Working Maximum Voltage (VRWM):

Die Maximale Spannung in Sperrrichtung bei normaler Benutzung. Bsp.: 3.3V Microcontroller, hier muss die VRWM größer als 3.3V sein.

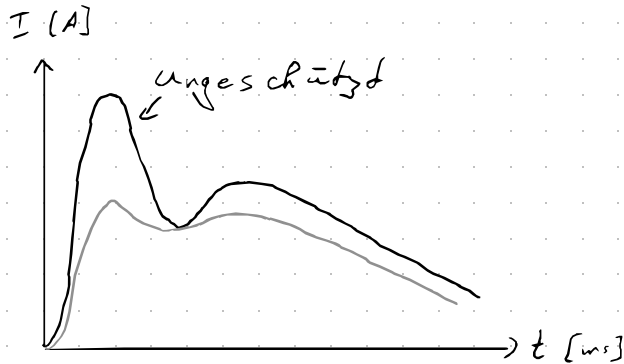
→ Breakdown Voltage (V_{BR}): Spannung, ab der die Diode leitend wird. Dioden werden nicht sofort leitend wenn diese Spannung erreicht wird sondern werden in einem Bereich um diese Spannung leitfähiger.
Bsp.: $V_{RWM} = 3.3V$, ein passender Wert wäre $V_{BR} = 4.5V$. Ab $4.5V$ fängt die Diode an, ein wenig leitfähig zu werden.

→ Clamping Voltage (V_{CLAMP}): Ab dieser Spannung hat die Diode ihren niedrigsten Widerstand erreicht. Ab hier verhält sich die Diode wie eine Z-Diode mit einem Spannungsabfall von V_{CLAMP} .

→ Dynamic Resistance (R_{DYN}): Widerstand im leitfähigen Zustand.



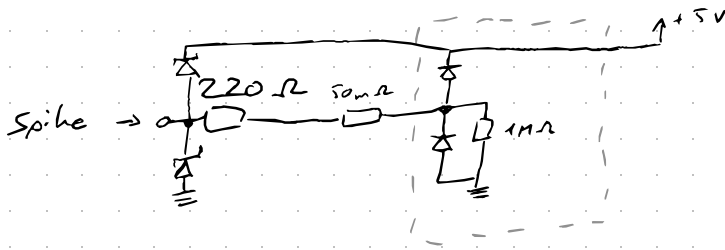
Unidirectional TVS Diode



- Unipolare TVS Dioden: schützen vor positiven Spikes (Z-Diode in Sperrrichtung) und vor negativen Spikes (Diode in Durchlassrichtung)
- Bipolare TVS Dioden: werden bei positiven und negativen Signalen benötigt.
- Die Kapazität der Diode beeinflusst das Signal.

Der Strom durch die TVS Diode ist niedriger als der Strom der einen Kondensator (Tiefpass) auflädt.

Qual. Schottky Dioden

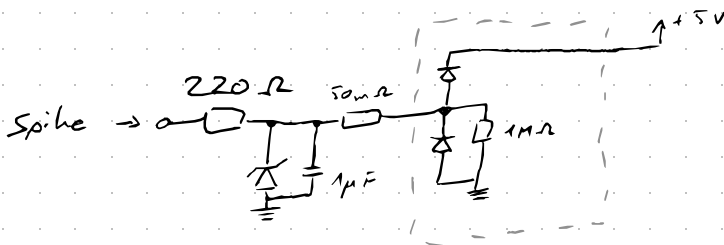


Schottky Dioden leiten vor den normalen Dioden weil die Forward Voltage niedriger ist.

Ein Widerstand in Reihe zu der Diode verhindert, dass hohe Ströme die Diode kaputt machen.

Die Verwendung dieses Ansatzes hängt von der Impedanz der Spannungsquellen ab. Da GND eine niedrige Impedanz hat werden gerne TVS Dioden verwendet.

High-Speed Interface Kombination



TVS Dioden mit höheren Störkapazitäten sind bessere Tiefpassfilter \Rightarrow Das höchstmögliche verwenden ohne das Signal zu stören.

Fast interface: Höherer Vorwiderstand
Slow interface: Höherer Kondensator

Layout Tipps

- TVS Diode so nah wie möglich am Eingang platzieren
- Niedrige Eingangs-impedanz niedrig halten (dicke traces)
- Ungeschützte und geschützte Eingänge nicht mischen. (cross-talk / sparks)
- größere Ground-Plane ist immer besser.

Soft-Failure Vorbeugung

- Watchdog - Timer
- Checksummen in Kommunikations-Schnittstellen / CRC
- Bit-flip Detection im RAM