

Festigkeit gegen elektrostatische Entladungen

1	Einleitung.....	3
1.1	Vorwort.....	3
1.2	Begriffe.....	3
1.3	Allgemeiner Prüfaufbau.....	5
1.3.1	Direktentladungen.....	5
1.3.2	Indirekte Entladungen.....	6
1.4	ESD Modelle.....	7
1.4.1	HBM - Human Body Model.....	7
1.4.2	MM - Machine Model.....	7
1.4.3	CDM - Charged Device Model.....	7
2	Tests auf System-Ebene.....	8
2.1	IEC 61000-4-2.....	8
2.2	ISO 10605.....	9
2.3	ESD Association.....	10
2.3.1	Human Body Model.....	10
2.3.2	Machine Model.....	10
2.3.3	Charged Device Model.....	10
2.4	ESDA/JEDEC JDS-001.....	10
2.4.1	Human Body Model.....	10
2.5	ANSI / ESD.....	11
2.5.1	SP 5.1.1 Supply Pin Ganging.....	11
2.5.2	SP 5.1.2 Split Signal Pin.....	11
2.6	MIL STD 1686.....	12
2.6.1	Human Body Model.....	12
2.6.2	Machine Model.....	12
2.6.3	Charged Device Model.....	12
3	Tests auf Bauelemente-Ebene.....	13
3.1	AEC Q100.....	13
3.1.1	AEC Q100-002 HBM.....	13
3.1.2	AEC Q100-003 MM.....	14
3.1.3	AEC Q100-011 CDM.....	15
3.2	IBEE.....	16

4	Normen, Referenzen	17
4.1	Test-Standards	17
4.2	Symbole	17
4.3	Arbeits- und Laborplätze, Verarbeitung.....	17
4.4	Materialprüfung	18
4.5	Verpackung.....	18
4.6	Prozesse, Qualität.....	19
4.7	Modelle, Simulation	19
4.8	ESD Allgemein	19
4.9	Weitere Kontakte	19

1 Einleitung

1.1 Vorwort

Der stetig fortschreitende Einsatz von elektronischen Komponenten erhöht den Komfort und die Leistungsfähigkeit von Geräten im täglichen Leben ebenso wie im industriellen Umfeld. Die meisten elektronischen Baugruppen sind empfindlich gegen elektrostatische Entladungen, die die Funktion und Lebensdauer beeinträchtigen können.

Elektrostatische Ladungen entstehen auf gegeneinander isolierten Körpern in der Regel durch Reibung: wir gehen mit isolierten Schuhen über einen Teppich, unsere Kleidung reibt sich aneinander oder Kunststoffteile werden in einer Maschine bewegt. Nähern sich die beiden geladenen Teile kommt es zu einer Entladung über einen Funken. Dieser kann sichtbar und fühlbar sein, aber auch unsichtbar und nicht wahrnehmbar.

Bei der Entladung fließt kurzzeitig ein erheblicher Strom im Ampere-Bereich. Fließt dieser Strom über empfindliche Bauteile, so können diese geschädigt werden. Daher werden viele (komplexere) Bauelemente selbst mit Schutzstrukturen versehen, die Baugruppen erhalten insbesondere an den Kontaktstellen nach außen Schutzbeschaltungen. Bis zu bestimmten Belastungsstärken kann so ein gewisser Schutz der elektronischen Systeme vor elektrostatischen Entladungen erreicht werden.

1.2 Begriffe

DUT

Device under test = Prüfling

ESD

"Electrostatic Discharge" = Elektrostatische Entladung

Auch:

"Electrostatic sensitive device" = Elektrostatisch empfindliches Bauteil

Der Begriff ist etwas widersprüchlich: "Elektrostatik" behandelt statische Zustände, also konstante Spannungen und Ströme (Gleichstrom, Gleichspannung). "Entladung" bezeichnet aber einen dynamischen Vorgang, nämlich den Abbau einer Spannung über einen Ladungsausgleich mit stark zeitveränderlichem Strom.

Funke

Das leuchtende Plasma (ionisiertes Gas) einer Gasentladung wird als Funke bezeichnet. Bei hinreichender Dauer und Stromstärke entsteht aus dem Funken eine Bogenentladung. Die Stromanstiegszeit liegt im Bereich einiger ns bis zu wenigen μ s.

Gasentladung

Unter bestimmten Rahmenbedingungen werden Gasatome oder Moleküle in einem elektrischen Feld (Spannung zwischen zwei Elektroden) in hinreichender Menge ionisiert (Aufspaltung des neutralen Atoms/Moleküls in ein positiv geladenes Ion und ein Elektron), so dass mit den beweglichen Ladungsträgern ein elektrischer Strom zustande kommt. Das ionisierte Gas wird als **Plasma** bezeichnet. Die als Folge des Stromflusses bewegten Ladungsträger stoßen an neutrale Gasmoleküle/-atome und lösen weitere Ionisierungen aus, - bezeichnet als **Stoßionisation**. Die durch die Stöße zugeführte Energie wird beim Ladungsausgleich (**Rekombination**) an den Elektroden oder im freien Raum als Strahlung wieder abgegeben.

Kontaktentladung

Die Testelektrode wird leitend an die spezifizierte Stelle des Prüflings gehalten und dann im Prüfgenerator die Entladung ausgelöst.

Typische Anwendung: auf leitende Teile des Prüflings und auf Koppelplatten, spitze Prüfspitze

Luftentladung

Die unter Prüfspannung stehende Elektrode wird langsam an die spezifizierte Stelle des Prüflings angenähert. Falls es am Prüfling eine zur Masse leitende Verbindung gibt kommt es vor der Räumlichen Berührung zu einer Luftentladung (ein Funke springt über).

Typische Anwendung: auf isolierte Teile des Prüflings; runde Prüfspitze

PUT

Pin under test = zu testender Pin (eines Bauteils)

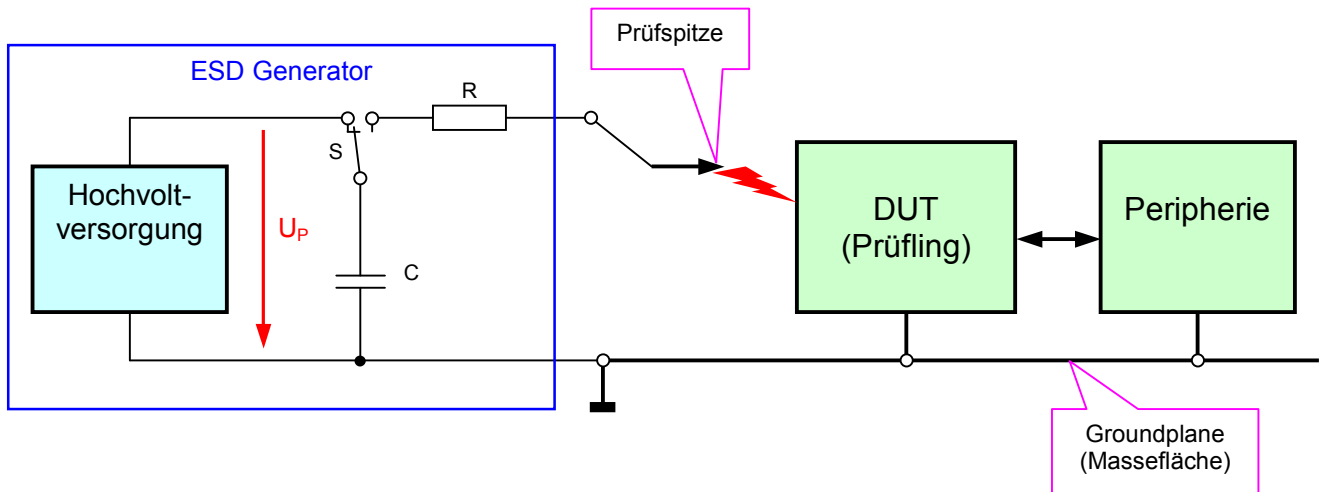
Schlagweite

Als Schlagweite wird die Entfernung zwischen zwei spannungsführenden Leitern bezeichnet, bei deren Unterschreitung ein Überschlag (Funkenentladung, ggf. folgend Bogenentladung) auftritt. Bei Luft unter Normalbedingungen wird für einen Überschlag eine Spannung von ca. 3kV/mm benötigt.

- spitze Elektroden verringern die Schlagweite
- reduzierter Luftdruck erhöht die Schlagweite
- erhöhte Luftfeuchtigkeit reduziert die Schlagweite
- ionisierende Strahlung (UV Licht, Röntgen- und Gammastrahlung) reduziert die Schlagweite

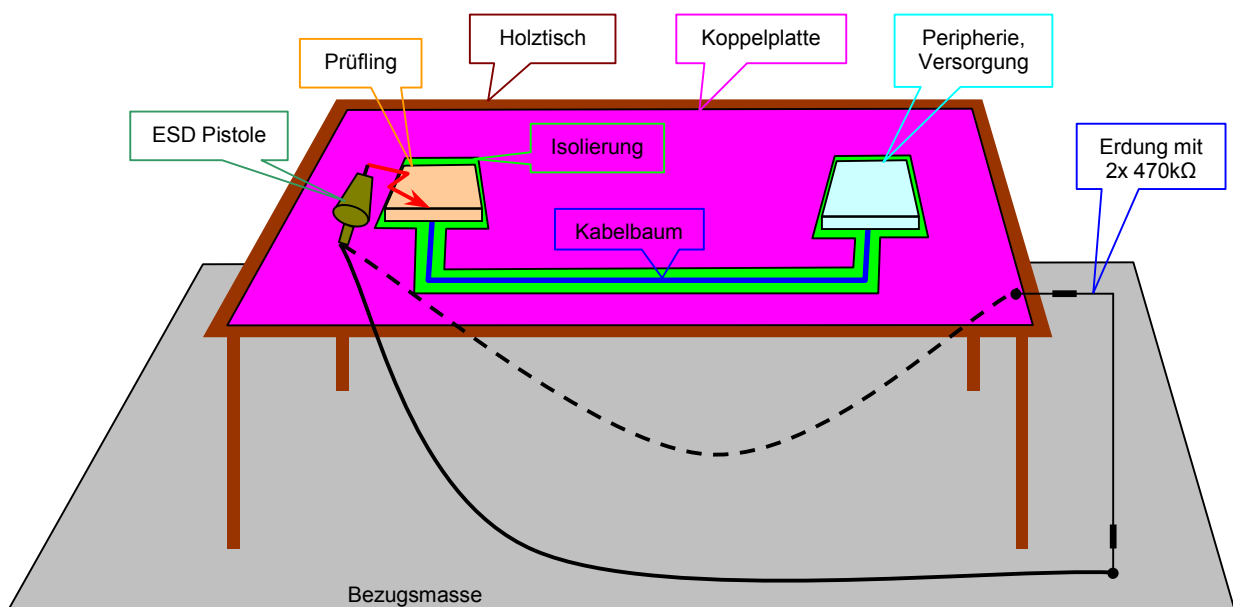
1.3 Allgemeiner Prüfaufbau

1.3.1 Direktentladungen



Prinzipieller Aufbau eines ESD-Tests auf Systemebene mit Direktentladung

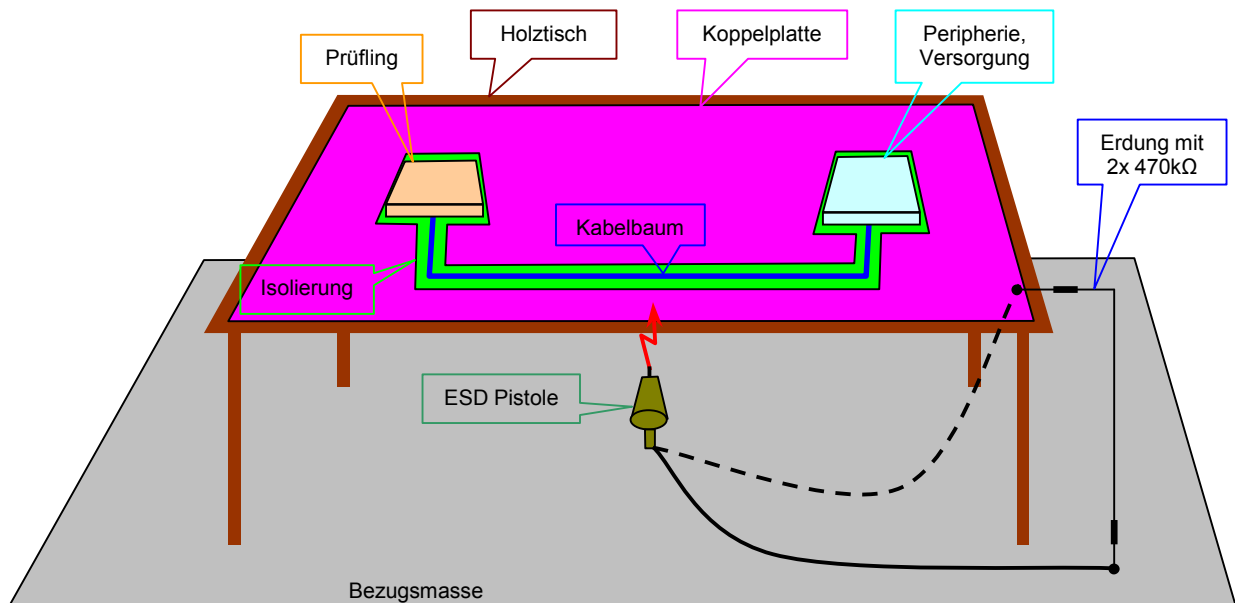
- Kontakt- und Luftentladungen sind möglich
- neben der Prüfspannung ist das Entladnetzwerk (R, C) ein wesentlicher Prüfparameter
- der Prüfaufbau, insbesondere der Kabelbaum und der Anschluss der Masse der ESD-Pistole, ist von großer Bedeutung und wird gemäß jeweiliger Norm und Testplan ausgeführt



Prinzipieller Aufbau eines ESD-Tests auf Systemebene mit direkter Entladung

- Anschluss der Masse der ESD-Pistole:
 - IEC61000-4-2: an die Bezugsmasse
 - ISO10605: an die Koppelplatte

1.3.2 Indirekte Entladungen



Prinzipieller Aufbau eines ESD-Tests auf Systemebene mit indirekter Entladung

- nur Kontaktentladung, keine Luftentladung
- Anschluss der Masse der ESD-Pistole:
 - IEC61000-4-2: an die Bezugs masse
 - ISO10605: an die Bezugs masse oder die Koppelplatte (gemäß Testplan)
- Einkoppelpunkt für die Entladung in die Koppelplatte:
 - IEC61000-4-2: 10cm vor dem Prüfling
 - ISO10605: vor dem Kabelbaum

Aufgrund der geringen ohmschen Anteile in den Impedanzen (schwache Dämpfung) ergeben sich Schwingungen (in Kabelbaum und Koppelplatte), die im Vergleich zu Direktentladungen eine gänzlich andere Belastung darstellen.

1.4 ESD Modelle

1.4.1 HBM - Human Body Model

Das Entladungsmodell basiert auf einer Nachbildung des menschlichen Körpers.

- Kapazität [100..300]pF
- Widerstand einschließlich der Funkenstrecke ca. 1500 Ω
- Spannungen unter 40kV
- Anstiegszeit im unteren Nanosekunden-Bereich
- Spitzenstrom maximal 20A

Der Stromverlauf wird überwiegend vom ohmschen Widerstand bestimmt und ist stark gedämpft.

Normen:

JEDEC JESD22-A114
MIL MIL-STD-883 Method 3015
ESD Association ESD STM 5.1

1.4.2 MM - Machine Model

Das Modell beschreibt die Entladung einer leitenden Maschine oder eines Werkzeuges in ein Bauteil. Es wird von einem metallernem Kontakt ausgegangen, daher ist der ohmsche Widerstand sehr klein. Entsprechend der kleinen RC-Zeitkonstante ist hier die Leitungsinduktivität von Bedeutung. Im Stromverlauf treten in der Regel schwach gedämpfte Schwingungen (20-150MHz) auf.

Typisch ist eine Kapazität von 200pF und eine Leitungsinduktivität von 500nH ohne ohmschen Widerstand.

Normen:

JEDEC JESD22-A115
ESD Association ESD STM 5.1

1.4.3 CDM - Charged Device Model

Das Modell beschreibt die Entladung eines geladenen Bauteils gegen Masse, beispielsweise beim Bestücken. Der Stromkreis ist nicht galvanisch geschlossen; es handelt sich um einen Verschiebestrom. Kapazitäten, Widerstände und Induktivitäten sind sehr klein. Entsprechend ist die Entladung extrem schnell. Im Test wird das Bauteil drahtgebunden oder mit einer Feldplatte aufgeladen. Die Entladung erfolgt für jeden Bauteilpin jeweils über einen 1 Ω Widerstand.

Normen:

JEDEC JESD22-C101
ESD Association ESD STM 5.3.1

2 Tests auf System-Ebene

2.1 IEC 61000-4-2

Die IEC61000-4-2 definiert ESD-Tests auf Baugruppen-Ebene nach dem Human-Body Modell, wobei die Baugruppe während des Tests im Normalbetrieb läuft.

Primär werden die Bereiche des Prüflings getestet, die im üblichen Betrieb zugänglich sind, also nicht bei Reparatur, Installation oder Wartung durch Fachpersonal.

Tests mit indirekten Entladungen über horizontale und vertikale Koppelplatten unter oder neben dem Prüfling sind ebenfalls definiert.

Schärfegrade

Level	Kontaktentladung	Luftentladung
1	2kV	2kV
2	4kV	4kV
3	6kV	8kV
4	8kV	15kV
X	individuell definiert	individuell definiert

Ladekondensator 150pF $\pm 10\%$

Entladewiderstand 330 Ω $\pm 10\%$

Es sind je Polarität mindestens 10 Entladungen vorzunehmen.

Typische Stromwerte bei der Kontaktentladung:

Level	Spannung	Strom		
		erste Spitze	nach 30ns	nach 60ns
1	2kV	7,5A	4A	2A
2	4kV	15A	8A	4A
3	6kV	22,5A	12A	6A
4	8kV	30A	16A	8A

Stromanstiegszeit typisch [0,7..1]ns

Der Prüfling befindet sich während der Prüfung in Normalbetrieb (aktiv).

Nach der Prüfung stellt ein Funktions- und Parametertest die erreichte Funktionsklasse fest, sofern nicht während der Prüfung schon eine Funktionsstörung eingetreten ist.

Die Prüfspezifikation soll enthalten:

- Betriebsart, Lasten, Ein- und Ausgänge
- Definiton der Funktionsklassen
- Position der Entladepunkte für Luft- und Kontaktentladung
- Schärfegrad mit Funktionsklasse
- Anzahl der Entladungen je Testpunkt

2.2 ISO 10605

Aufbauend auf der IEC61000-4 definiert die ISO10605 ESD Tests nach dem Human-Body Modell für Straßenfahrzeuge, sowohl auf Baugruppen- als auch auf Fahrzeugebene. Es wird der gesamte Lebensweg von der Montage, Wartung und normaler Nutzung abgedeckt.

Es sind folgende Entladenetzwerke vorgesehen:

Pos	C	R
1	150pF	330Ω
2	330pF	330Ω
3	150pF	2kΩ
4	330pF	2kΩ

Chapter 8: Powered up tests

ESD Belastungen im Betrieb des Prüflings

- Kontakt- und Luftentladungen sind möglich
- $R=330\Omega$
- C abhängig vom Einbauort, Standard: 330pF
- direkte Entladungen: jeweils mindestens 3 Entladungen je Polarität
- indirekte Entladungen: jeweils mindestens 50 Entladungen je Polarität

Chapter 9: Packing and handling testes (Unpowered)

ESD Belastungen bei Verpackung, Entpackung, Montage und Wartung

- Test ohne Peripherie, ohne Anschlüsse
- Kontakt- und Luftentladungen sind möglich
- gemäß Testplan ist gegebenenfalls eine ESD Matte zwischen Prüfling und Grundplane zulässig

Chapter 10: Vehicle Test

Die Tests untersuchen die ESD Festigkeit des Prüflings in eingebautem Zustand im Fahrzeug.

- Prüfling läuft im Normalbetrieb
- Zugriff im Innenraum: $C=330\text{pF}$, max 15kV
- Zugriff vom Außenbereich: $C=150\text{pF}$, gegebenenfalls bis 25kV
- mindestens drei Entladungen je Polarität je Testpunkt
- Testpunkte auf leitende Bereiche: Kontaktentladung
- Testpunkte auf isolierende Bereiche: Luftentladung

Nach der Prüfung stellt ein Funktions- und Parametertest die erreichte Funktionsklasse fest, sofern nicht während der Prüfung schon eine Funktionsstörung eingetreten ist.

2.3 ESD Association

2.3.1 Human Body Model

ESD STM 5.1-1998

Klasse	Spannungsbereich /V
Class 0	<250
Class 1A	[250, 500)
Class 1B	[500, 1000)
Class 1C	[1000, 2000)
Class 2	[2000, 4000)
Class 3A	[4000, 8000)
Class 3B	≥ 8000

2.3.2 Machine Model

ESD STM 5.2-1999

C=200pF; L=500nH; R=0Ω

Klasse	Spannungsbereich /V
Class M1	<100
Class M2	[100, 200)
Class M3	[200, 400)
Class M4	≥ 400

2.3.3 Charged Device Model

ESD STM 5.3.1-1999

Klasse	Spannungsbereich /V	
Class C1	<150	<125
Class C2	[150,250)	[125, 250)
Class C3	[250, 500)	
Class C4	[500, 1000)	
Class C5	[1000, 1500)	
Class C6	[1500, 2000)	
Class C7	> 2000	

2.4 ESDA/JEDEC JDS-001

2.4.1 Human Body Model

ESDA/JEDEC JDS-001-2011

Klasse	Spannungsbereich /V
0A	<125
0B	[125, 250)
1A	[250, 500)
1B	[500, 1000)
1C	[1000, 2000)
2	[2000, 4000)
3A	[4000, 8000)
3B	≥ 8000

2.5 ANSI / ESD

ANSI-Standard als Überarbeitung der älteren SP (Standard Practice) von ESD Association.
Adressiert werden Tests auf Bauteil-Ebene.

2.5.1 SP 5.1.1 Supply Pin Ganging

Definition von alternativen Tests für hochpolige Prüflinge.

2.5.1.1 Human Body Model

ANSI/ESD SP 5.1.1-2006

Level	Ladespannung /±V
1	250
2	500
3	1000
4	2000
5	4000
6	8000 (optional)

2.5.1.2 Machine Model

ANSI/ESD SP 5.1.1-2006

Level	Ladespannung /±V
1	100
2	200
3	400

2.5.2 SP 5.1.2 Split Signal Pin

Definition von alternativen Tests für hochpolige Prüflinge.

2.5.2.1 Human Body Model

ANSI/ESD SP 5.1.2-2006

Level	Ladespannung /±V
1	250
2	500
3	1000
4	2000
5	4000
6	8000 (optional)

2.5.2.2 Machine Model

ANSI/ESD SP 5.1.2-2006

Level	Ladespannung /±V
1	100
2	200
3	400

2.6 MIL STD 1686

2.6.1 Human Body Model

Klasse	Spannungsbereich /V
1	0 - 1999
2	2000 - 3999
3	4000 - 15999

2.6.2 Machine Model

Entsprechend ESD STM 5.2-1999

$C=200\text{pF}$; $L=500\text{nH}$; $R=0\Omega$

Klasse	Spannungsbereich /V
M1	0 - 100
M2	101 - 200
M3	201 - 400
M4	401 - 800
M5	> 800

2.6.3 Charged Device Model

Entsprechend ESD STM 5.3.1-1999

Klasse	Spannungsbereich /V
C1	0 - 124
C2	125 - 249
C3	250 - 499
C4	500 - 999
C5	1000 - 1499
C6	1500 - 2999
C7	≥ 3000

3 Tests auf Bauelemente-Ebene

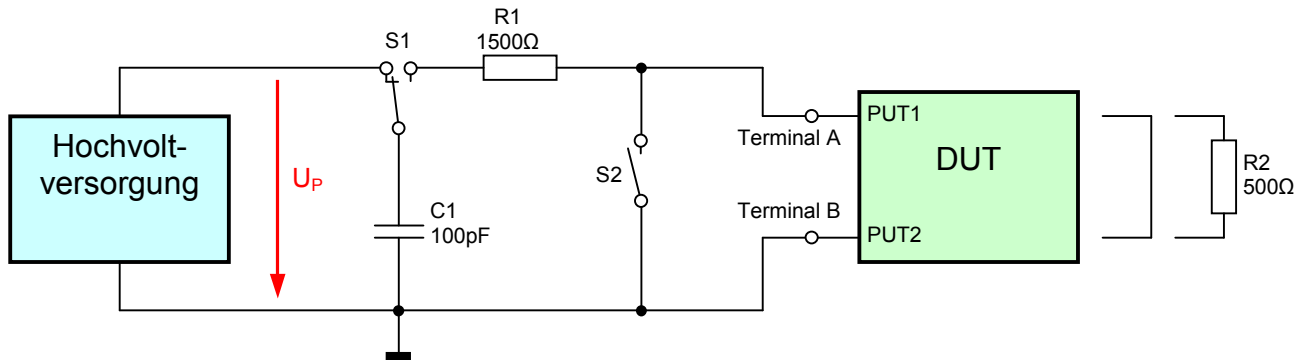
3.1 AEC Q100

3.1.1 AEC Q100-002 HBM

Es werden Signalpins (Ein- und Ausgänge) individuell nacheinander gegen alle Versorgungsleitungen mit Kontaktentladungen nach einem Human Body Modell geprüft.

$C = 100\text{pF}$

$R = 1,5\text{k}\Omega$



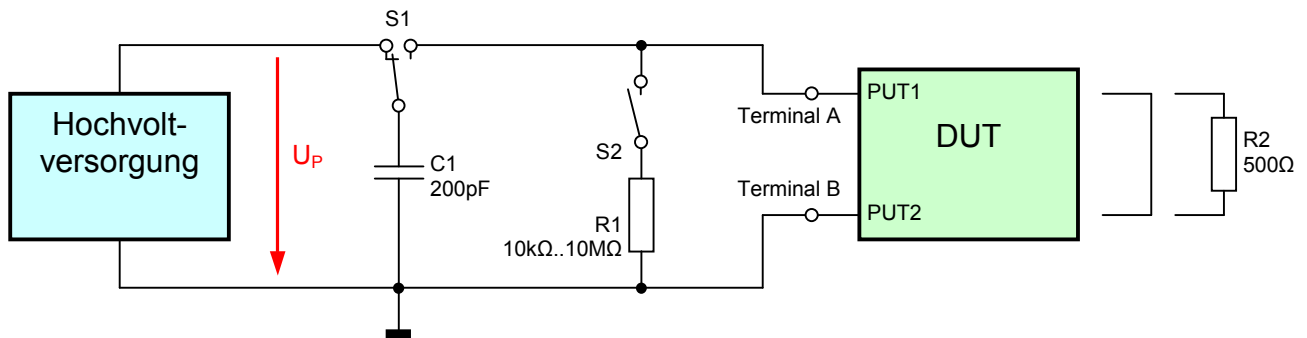
Klassifikation	Maximal bestandene Prüfspannung U_p / V
H0	≤ 250
H1A	(250, 500]
H1B	(500, 1000]
H1C	(1000, 2000]
H2	(2000, 4000]
H3A	(4000, 8000]
H3B	> 8000

3.1.2 AEC Q100-003 MM

Es werden Signalpins (Ein- und Ausgänge) individuell nacheinander gegen alle Versorgungsleitungen mit Kontaktentladungen nach einem Maschinenmodell geprüft.

$C = 200\text{pF}$

$R = 0\Omega$

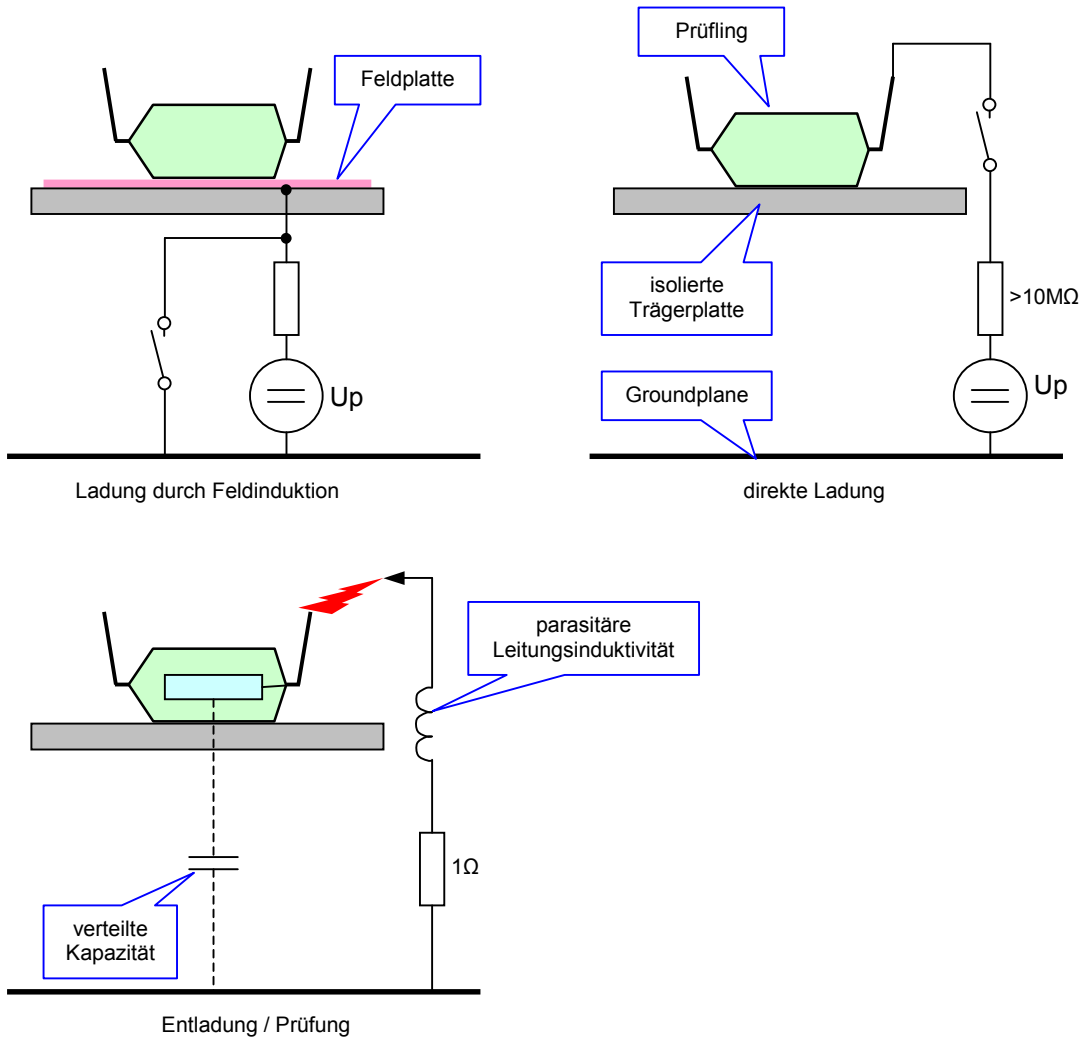


Klassifikation	Maximal bestandene Prüfspannung U_P / V
M0	≤ 50
M1	$(50, 100]$
M2	$(100, 200]$
M3	$(200, 400]$
M4	> 400

3.1.3 AEC Q100-011 CDM

Eine Testgruppe mit drei Bausteinen wird an jeweils an allen Pins belastet. Nach jeder Prüfung wird für die nächst höhere Prüfspannungsstufe eine neue Testgruppe mit neuen Bausteinen verwendet.

Die Ladung des Prüflings kann direkt (ohmsch) oder durch Feldinduktion (Influenz) erfolgen. Aufgrund der geringen Dämpfung ergibt sich beim Entladestrom eine ausklingende Schwingung.



Klassifikation	Maximal bestandene Prüfspannung U_p /V
C0	≤ 125
C1	(125, 250]
C2	(250, 500]
C3A	(500, 750]
C3B	(500, 750] Ecken-Pins > 750
C4	(750, 1000]
C5	> 1000

3.2 IBEE

Das Ingenieurbüro in Zwickau hat ausgehend von Herrn Prof. Körber der FH Zwickau EMV-Testbedingungen für Bauelemente entwickelt, so dass die später anzuwendenden Systemtests in gewissem Rahmen anwendbar werden bzw. sich brauchbare Korrelationen ergeben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf Datenbussen im Automotive-Umfeld (CAN, LIN, etc). Im deutschen und zunehmend auch europäischen Raum sind die Tests bei OEMs und Bauelementeherstellern anerkannt und entwickeln sich zu einem Quasi-Standard.

Zur Prüfung von z.B. Bustransceivern werden mehrere (typisch 3) Busknoten auf einer (üblicher Weise runden) Leiterplatte implementiert. Damit werden dann ESD-, Störfestigkeits- und Abstrahlungstests ausgeführt, die eine gute Korrelation zu entsprechenden Systemtests mit den jeweiligen Bauelementen haben. Aber auch Konformitätstests der Busse sind möglich und Einflüsse des Versorgungssystems (z.B. Störfestigkeit nach ISO7637-2, Ruhestrom, Wakeups etc.) können aussagekräftig beurteilt werden.

4 Normen, Referenzen

4.1 Test-Standards

IEC	IEC 61000-4-2	Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test
ISO	ISO 10605	Road vehicles - Test methods for electrical disturbance from electrostatic discharge
ESD-JEDEC	JDS-001	For Electrostatic Discharge Sensitivity Testing: HBM component level
ESD	STM 5.1	Electrostatic discharge sensitivity testing—Human body model
ESD	STM 5.2	Electrostatic discharge sensitivity testing—Machine model.
ESD	STM 5.3.1	Charged device model (CDM)—Component level.
ANSI / ESD	SP 5.1.1	HBM and MM Alternative Test: Supply Pin Ganging
ANSI / ESD	SP 5.1.2	HBM and MM Alternative Test: Split Signal Pin
EIA	EIA 545	Electromechanical switch test method for electrostatic discharge
IEC	IEC 61087	Guide for evaluating the discharges from a charged surface.
IED / PAS	IEC/PAS 62162	Field-induced charged-device model test method for electrostatic discharge withstand thresholds of microelectronic components.
IEC / PAS	IEC/PAS 62179	Electrostatic discharge sensitivity testing human body model
IEC / PAS	IEC/PAS 62180	Electrostatic discharge sensitivity testing machine model
JESD	JESD 22-A114	Electrostatic discharge sensitivity testing human body model Ersetzt durch JDS-001
JESD	JESD 22-A115	Electrostatic discharge sensitivity testing machine model
JESD	JESD 22-C101	Field-induced charged-device model test method for electrostatic discharge withstand thresholds of microelectronic components
SAE	SAE J551/15	Vehicle electromagnetic immunity—Electrostatic discharge
MIL	MIL-STD-883 3015.8	? Human Body Model

4.2 Symbole

ANSI / ESD	S 8.1	ESD awareness symbols.
EIA	EIA 471	Symbol and label for electrostatic sensitive devices

4.3 Arbeits- und Laborplätze, Verarbeitung

ESD	STM 2.1	Resistance test method for electrostatic discharge protective garments
ESD	STM 3.1	Ionization
ESD	SP 3.3	Periodic verification of air ionizers
ESD	S 4.1	Worksurfaces—Resistance measurements
ESD	STM4.2	Worksurfaces—Charge dissipation characteristics
ESD	S 6.1	Grounding—Recommended practice
ESD	SP 10.1	Automated handling equipment
ESD	STM 12.1	Seating-resistive characterization
ESD	STM 13.1	Electrical soldering/desoldering hand tools
ESD STM	97.1	Floor materials and footwear- Resistance in combination with a person
ESD STM	97.2	Floor materials and footwear voltage measurement in combination with a person
ANSI	N 322	American national standard inspection, test, construction, and performance requirements for direct reading electrostatic/electroscope-type dosimeters

ANSI	T1.308	Central office equipment- Electrostatic discharge immunity requirements
BS	BS EN 100015-2	Basic specification- Protection of electrostatic-sensitive devices; Requirements for low-humidity conditions.
BS	BS EN 100015-3	Basic specification- Protection of electrostatic-sensitive devices; Requirements for cleanroom areas
BS	BS EN 100015-4	Basic specification- Protection of electrostatic-sensitive devices; Requirements for high-voltage environments
BS	BS EN 1718	Light conveyor belts- Test method for the measurement of the electrostatic field generated by a running light conveyor belt
EIA	EIA 625	Handling electrostatic discharge sensitive devices
JEDEC	JEDEC 625-A	Requirements for Handling Electrostatic-Discharge-Sensitive Devices
EIA	EIA-JEP 108	Distributor requirements for handling electrostatic discharge sensitive (ESDS) devices.
MIL	MIL-PRF-87893B	Workstation—Electrostatic discharge control
QPL	QPL-87893-1	Workstation electrostatic discharge control
RAC	RAC SOAR 6	ESD control in the manufacturing environment.

4.4 Materialprüfung

ANSI ESD	S 7.1	Floor materials—Resistive characterization of materials
ESD	S 9.1	Resistive characterization of footwear
ANSI ESD	S 11.11	Surface resistance measurement of static dissipative planar materials
ESD	STM 11.12	Volume resistance measurement of static dissipative planar materials
ASTM	D257-78	Standard test methods for dc resistance or conductance of insulating materials
ASTM	D991-83	Standard test method for rubber properties
ASTM	E1549-95	Volume resistivity of electrically conductive and antistatic products
ASTM	F150-98	Standard specification for ESD-controlled garments required in cleanrooms and controlled environments for spacecraft for nonhazardous and hazardous operations
ASTM	F1812-97a	Standard test method for electrical resistance of conductive and static dissipative resilient flooring
ASTM	F1812-97a	Standard test method for determining the effectiveness of membrane switch ESD shielding.
BS	BS 6654	Method for determination of the electrical resistivity of textile floor coverings.
BS	BS EN 1149-1	Protective clothing- Electrostatic properties; Surface resistivity (test methods and requirements)
BS	BS EN 1149-2	Protective clothing- Electrostatic properties; Test method for measurement of the electrical resistance through a material (vertical resistance)
IEC	IEC 61340-2-2 TR3	Measurement methods- Measurement of chargeability.
IEC	IEC 61340-2-3	Methods of test for determining the resistance and resistivity of solid planar materials used to avoid electrostatic charge accumulation
IEC	IEC 61340-4-1	Standard test methods for specific applications- Electrostatic behavior of floor coverings and installed floors.
IEC footwear	IEC 61340-4-3	Test method for the characterization of electrostatic protective footwear

4.5 Verpackung

ANSI ESD	S 11.31	Evaluating the performance of electrostatic discharge shielding bags
----------	---------	--

ASTM	D5077-90	Standard terminology relating to electrostatic discharge packaging materials
Bellcore	GR-1421-CORE	Generic requirements for ESD-protective circuit packet containers.
EIA	EIA 541	Packaging of electronic products for shipment

4.6 Prozesse, Qualität

ANSI ESD	S 20.20	Standard for the development of an ESD control program.
AFLCR	AFLCR 65-8	Maintenance- Engineering and supply: Electrostatic discharge control program.
ASQ	P672	Auditing ESD and cleanroom processes
EOS/ESD	EP 103	ESD program management: A realistic approach to continuous, measurable improvement in static control

4.7 Modelle, Simulation

IEC	IEC 61340-3-1	Methods for simulation of electrostatic effects- Human body model (HBM)—Component testing
IEC	IEC 61340-3-2	Methods for simulation of electrostatic effects- Machine model (MM)—Component testing

4.8 ESD Allgemein

ANSI	C 63.14	American national standard dictionary for technologies of electromagnetic compatibility (EMC), electromagnetic pulse (EMP), and electrostatic discharge (ESD)- Dictionary of EMC/EMP/ESD terms and definitions
ANSI	C 63.16	American national standard guide for electrostatic discharge test methodologies and criteria for electronic equipment.
EOS/ESD	EP 102	Electrostatic discharge and electronic equipment: A practical guide for designing to prevent ESD problems
EOS/ESD	EP 105	ESD in silicon integrated circuits
IEC	IEC 60801-2	Electromagnetic compatibility for industrial-process measurement and control equipment- Electrostatic discharge requirements.
IEC	IEC 61340-1	Guide to the principles of electrostatic phenomena
IEEE	IEEE C62.38	IEEE guide on electrostatic discharge- ESD withstand capability evaluation methods (for electronic equipment subassemblies).
IEEE	IEEE C62.47	IEEE guide on electrostatic discharge- Characterization of the ESD environment.
IEC	IEC 61340-5-1 TR2	Protection of electronic devices from electrostatic phenomena- General requirements.
IEC	IEC 61340-5-2 TR2	Protection of electronic devices from electrostatic phenomena- User guide

4.9 Weitere Kontakte

IBEE, Ingenieurbüro für industrielle Elektrotechnik / Elektronik
Innere Zwickauer Straße 8d
08062 Zwickau