



## **ESD Models & Protection Level**

### **For LUXEON Product**

Andrea Banfi  
Philips - Lumiled

#### **Introduzione**

Con l'aumentare continuo delle prestazioni dei LED e con il contemporaneo diminuire delle loro dimensioni, anche la loro sensibilità alle scariche elettrostatiche, nella maggior parte dei casi tende ad aumentare.

Nonostante un grande sforzo nel settore dei semiconduttori negli ultimi dieci anni, il fenomeno delle ESD ha ancora una influenza rilevante sulle rese di produzione, sui costi di produzione, sulla qualità e affidabilità del prodotto nonché sulla redditività di tutti i dispositivi semiconduttori, tra cui LED.

Non tanto per il costo del dispositivo stesso danneggiato, in quanto questo è spesso trascurabile, ma se consideriamo le spese accessorie come riparazione e rilavorazione, trasporto, lavoro e spese generali, risulta evidente l'importanza di capire come maneggiare e trattare dispositivi quali i LED che sono sensibili alle scariche elettrostatiche.

#### **Fondamenti di ESD**

La carica elettrostatica è comunemente generata dal contatto e separazione di due materiali, questo processo è conosciuto come "triboelectric charging."

Esso comporta il trasferimento di elettroni tra i corpi. Quando due materiali sono posti in contatto e successivamente separati, elettroni a carica negativa sono trasferiti dalla superficie di un materiale alla superficie del altro materiale.

Quale dei due materiale perde elettroni e quale invece li acquista dipende dalla natura dei due materiali. Il materiale che perde elettroni diventa carico positivamente, mentre il materiale che li guadagna diventa carico negativamente.

Ad esempio, una persona che cammina genera elettricità statica per effetto del contatto e successiva separazione della superficie delle soles delle scarpe dalla superficie del pavimento.

Un dispositivo elettronico che scivola all'interno o all'esterno di una borsa, un caricatore o un tubo genera una carica elettrostatica derivante dai contatti e separazioni ripetuti del corpo del dispositivo e dei suoi contatti metallici con la superficie del contenitore.



La quantità di carica generata dalla generazione triboelettrica è influenzata dalla zona di contatto, dalla velocità di separazione, dalla umidità relativa e diversi altri fattori.

Una volta che la carica viene creata su un materiale, diventa una carica "elettrostatica".

Questo carica può essere trasferita dal materiale, creando una scarica elettrostatica, o evento ESD. Un evento ESD può verificarsi quando qualsiasi conduttore carico (compreso il corpo umano) scarichi su un dispositivo ESDS (sensibile alla scarica elettrostatica).

Fattori, quali la resistenza il circuito di scarica effettivo, la resistenza all'interfaccia tra le superfici di contatto interessate, influenzano il livello di carica che può causare danni.

La tabella 1 mostra i livelli di picco di tensione tipici di diversi mezzi di generazione in due intervalli di umidità relativa.

MEANS OF GENERATION	10-25 % R <sub>EL.</sub> HUMIDITY	65-99 % RH
Walking across carpet	35000V	1500V
Walking across vinyl tile	12000V	250V
Worker at bench	6000V	100V
Poly bag picked up from bench	20000V	1200V
Chair with urethane foam	18000V	1500V

**Table 1: Typical voltage spike levels by different means of generation**

I danni associati alle ESD di solito è causato da uno dei tre eventi: scarica elettrostatica diretta sul dispositivo, scarica elettrostatica dal dispositivo o scariche indotte dal campo elettrostatico.

Il danno causato ad un dispositivo ESDS (sensibile alla scarica elettrostatica) da un evento ESD è determinato dalla capacità del dispositivo di dissipare l'energia della scarica o sostenere i livelli di tensione coinvolti.

Questo è noto come la "ESD sensitivity" di un dispositivo.

### **Scarica sul dispositivo.**

Un evento ESD può verificarsi quando un qualsiasi conduttore carico (incluso il corpo umano) scarica su un dispositivo sensibile alla scarica elettrostatica ESDS.

Per rappresentare questo tipo di evento vengono utilizzati due modelli:

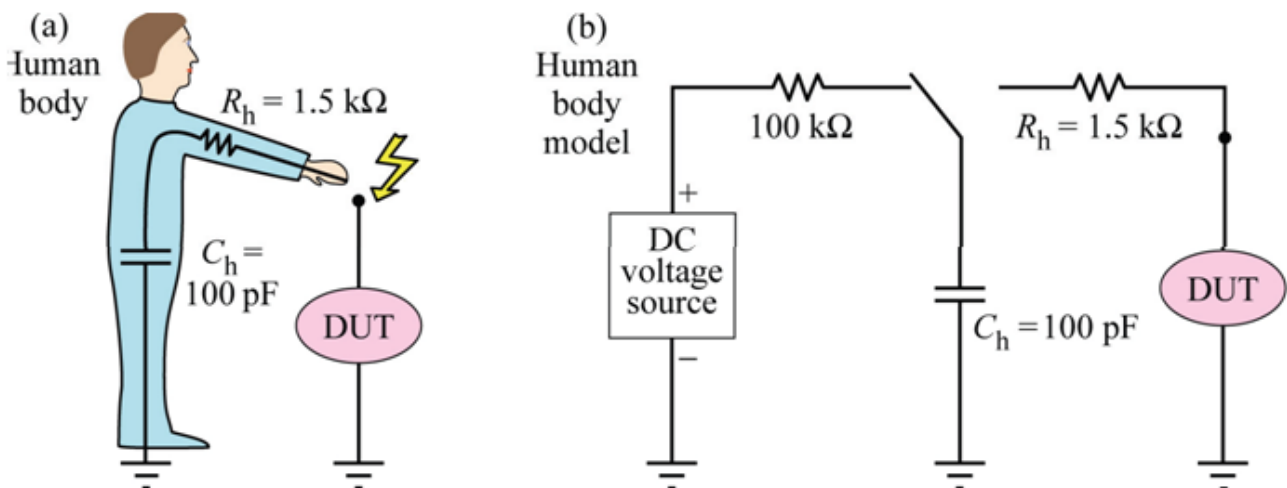
- Human Body Model o Modello di Corpo Umano (HBM).
- Machine Model o Modello Macchina (MM).

### **Human Body Model**



La causa più comune di danni dovuti all'elettricità statica è il trasferimento diretto di cariche elettrostatiche dal corpo umano o da un altro materiale carico al dispositivo ESDS. Il modello utilizzato per simulare questo evento prende il nome di Human Body Model o Modello di Corpo Umano (HBM) ed è il modello più comunemente utilizzato per classificare la sensibilità dei dispositivi alle scariche elettrostatiche e rappresenta la scarica dal polpastrello di un individuo eretto verso il dispositivo..

In Figura 1 è riportato il circuito equivalente del HBM, modellizzato come un condensatore da 100 pF che scarica attraverso un resistenza da 1,5 Kohm sul componente in prova.



### Machine Model

Una scarica simile all'evento HBM, può invece verificarsi da un oggetto conduttivo carico, ad esempio un utensile o un apparecchiatura metallica.

Nato in Giappone, come il tentativo di creare il caso peggior di HBM, il modello è noto come il Machine Model o Modello della Macchina. (MM)

Il circuito equivalente è costituito da un condensatore da 200 pF che scarica direttamente sul componente in test senza alcuna resistenza in serie (Figura 2).

L'induttanza parassita serie dei cavi di uscita, è l'elemento dominante che consente la realizzazione della forma d'onda tipica oscillante della scarica del modello macchina.

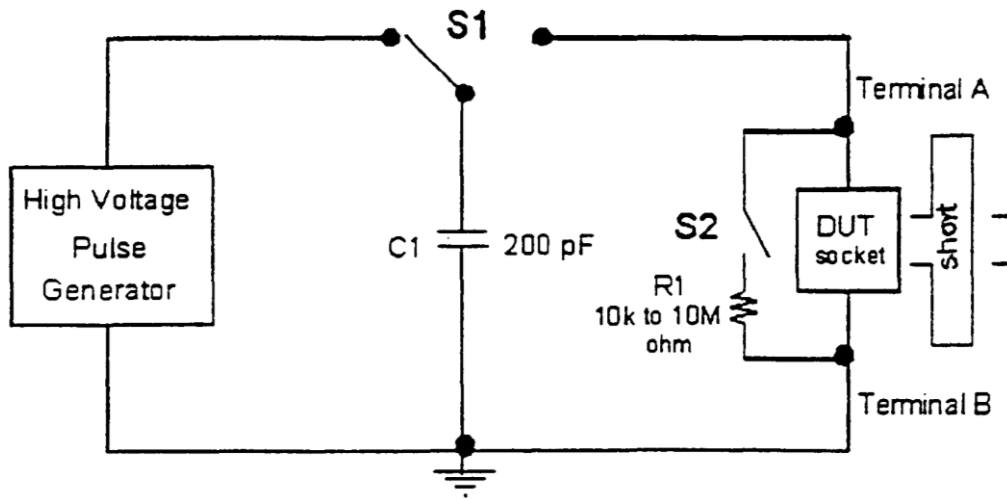


Figure 1 — Typical equivalent MM ESD circuit

Figura 2: Diagramma del circuito tipico di modello della macchina

Come caso peggiore di HBM, questo metodo di prova è molto severo, però esistono nella realtà situazioni rappresentate da questo modello, ad esempio la scarica rapida da una piano di assemblaggio o dai cavi carichi di una macchina per il test automatico.

A parte la resistenza da 1,5 k, la scheda di prova e la presa sono gli stessi utilizzati per il test HBM.

### Scarica dal dispositivo

Anche il trasferimento di carica da un dispositivo ESDS è un evento ESD.

La carica statica può accumularsi sul componente attraverso la manipolazione o il contatto con materiali di imballaggio, le superfici di lavoro o superfici macchina.

Ciò si verifica frequentemente quando un dispositivo si muove su una superficie o vibra in un contenitore.

Il modello utilizzato per simulare il trasferimento di carica da un dispositivo ESDS è denominato Charged Device Model o Modello di Dispositivo Carico (CDM).

La capacità e energie coinvolte sono diverse da quelle di scarica sul dispositivo ESD. In alcuni casi, un evento CDM può essere più distruttivo di un evento HBM per particolari dispositivi.



La tendenza verso assemblaggio automatizzato sembrerebbe risolvere i problemi legati ad eventi ESD HBM. Tuttavia, è stato dimostrato che i componenti possono essere più sensibili ai danni quando sono assemblati utilizzando apparecchiature automatizzate.

Un dispositivo può essere caricato, per esempio, muovendosi nella fase di caricamento quando il componente è prelevato dall'alimentatore. Se esso quindi contatta la testa di inserimento o un'altra superficie conduttiva, una scarica rapida si verifica dal dispositivo verso l'oggetto metallico.

Tuttavia, relativamente ai LED, questo tipo di evento non è particolarmente critico grazie alla massa e alla capacità limitate dei LED.

### **Scariche indotte dal Campo Elettrostatico**

Un altro evento che possa, direttamente o indirettamente danneggiare i dispositivi è chiamato Field Induction o Induzione di Campo.

Come osservato in precedenza, ogni volta che un oggetto si carica elettrostaticamente, c'è un campo elettrostatico associato a tale carica.

Se un dispositivo ESDS viene collocato in quella campo elettrostatico, una carica può essere indotta sul dispositivo.

Se il dispositivo è poi momentaneamente connesso a terra durante la permanenza nel campo elettrostatico, un trasferimento di carica dal dispositivo avviene come evento CDM.

Se il dispositivo viene rimosso dalla regione del campo elettrostatico e di messa a terra, un secondo evento CDM si verificherà come carica di polarità opposta dal primo evento, trasferita al dispositivo.

### **Prodotti Lumileds e la loro Sensibilità ESD.**

Il mix di prodotti di Lumileds copre tutte le applicazioni da piccoli package, con dimensioni dei chip contenute, fino a package più grandi e moduli LED per ad alta potenza.

Per ulteriori dettagli si prega di consultare il sito internet: [www.lumileds.com](http://www.lumileds.com)

Per i suoi prodotti Lumileds ha adottato, la Classe 3A della JESD22-A114-E ( maggiore di 4KV) come livello minimo di immunità HBM sia per i LED comunemente indicati come High Power sia per i LED appartenenti alla famiglia dei Mid-Power.

Per alcuni prodotti questo livello è stato ulteriormente alzato alla Classe 3B ( fino a 8 KV) come nel caso del LUXEON M di cui in Figura 3 è evidenziato il TVS collocato all'interno del package.

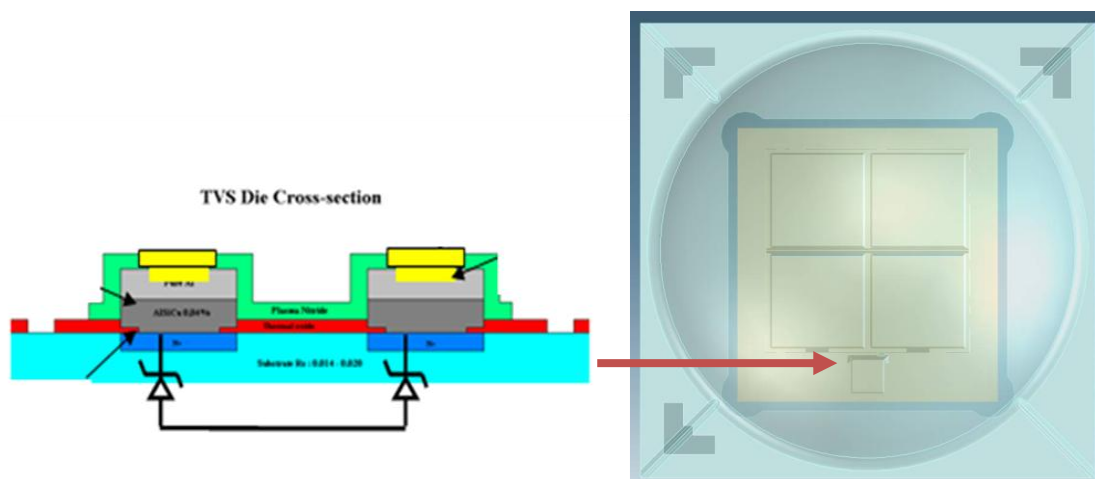


Figura 3: Configurazione del LUXEON M con diodo di protezione ESD

Per maggiori dettagli sul livello di protezione si prega di fare riferimento ai datasheet di prodotto.

### Considerazioni di Circuit Design

La maggior parte dei LED Lumileds sono in grado di sopportare tensione ESD fino a 4 kV in accordo con JESD22-A114-E.

Nonostante il livello elevato, bisogna considerare che i circuiti elettrici possono essere sottoposti a transitori di energia molto maggiore di un evento ESD ad esempio in ambito "automotive" la mancanza di carico o "load dump" generato dalla disconnessione della batteria mentre il motore è in funzione, può causare prolungati transitori ad alta tensione che possono danneggiare il sistema di illuminazione a LEDs.

Per promuovere e migliorare il grado di protezione, ulteriori provvedimenti possono essere intrapresi a livello di modulo LED come l'inserimento di un diodo Zener in parallelo alla stringa di LED e in alcuni casi un diodo ad alta tensione connesso in serie come suggerito in figura 4.

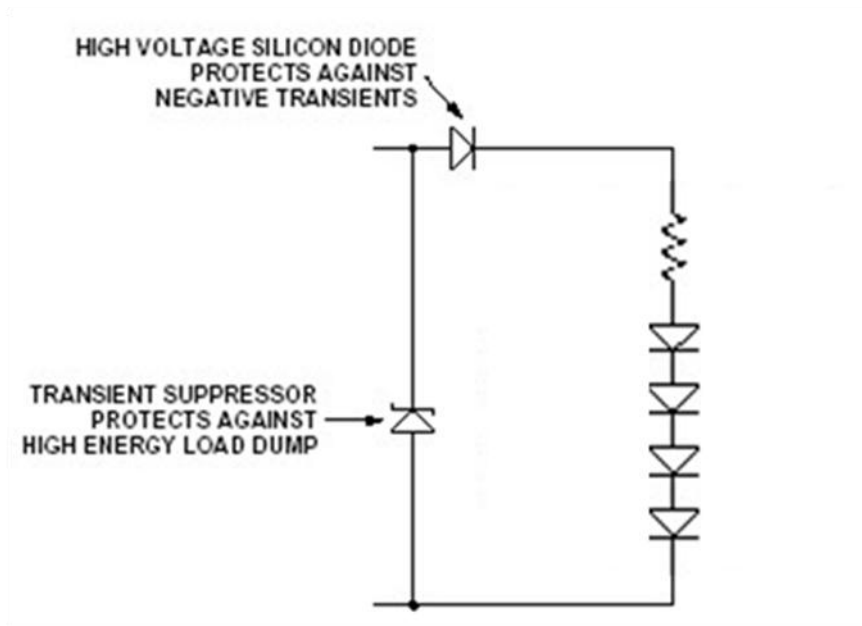


Figura 4: Possibile configurazione per la protezione contro transitori ad alta energia

Nella scelta di quali dispositivi utilizzare alcune considerazioni possono tornare utili in generale

### Breakdown Voltage

Quando si verifica una sovratensione che supera le caratteristiche massime dei LED, il Diodo Zener fornisce un altro percorso che canalizza la corrente.

Un parametro importante, la tensione di breakdown (VBR), del diodo Zener di protezione, deve essere superiore al totale della tensione dei LED per garantire la funzionalità del circuito in condizioni normali.

### Tempo di risposta

Il tempo di risposta del diodo di protezione dedicato deve essere scelto più veloce del tempo di risposta dei LED in modo che il meccanismo possa funzionare efficacemente prima che l'impulso possa danneggiare i LED.

A causa del tempo breve di commutazione del LED, il tempo di risposta del dispositivo di protezione dovrebbe essere nella gamma di nanosecondi o meno.

### Collocamento

Il dispositivo di protezione ESD dovrebbe essere posizionato il più vicino possibile all'ingresso del circuito per proteggere l'intero modulo dai picchi di alimentazione.

Tuttavia, per evitare i danni che si verificano per altre cause, ad esempio toccando



il PCB, la posizione migliore dovrebbe essere il più vicino ai circuiti, cioè i LED.

Un modo appropriato per posizionare il componente pertanto varierebbe da un caso un'altro.

Il progettista deve prima identificare da dove potrebbe arrivare il danno maggiore.

## Conclusioni

Gli eventi ESD possono danneggiare i componenti elettronici sensibili tra i quali i LED.

Anche se Lumileds utilizza standard di immunità tra i più alti previsti contro le scariche elettrostatiche, resta comunque fondamentale per le aziende coordinare gli sforzi a tutti i livelli organizzativi dotandosi di programmi di controllo e prevenzione ESD.

Particolare attenzione deve essere prestata a livello applicativo contro eventi transitori di energia superiore agli eventi ESD e qualora necessario prevedere ulteriori protezioni di sistema.

A causa della enorme portata e complessità di questo argomento, in questo documento si è potuto illustrare e descrivere solo alcuni aspetti. Per maggiori e più dettagliate informazioni si raccomanda di consultare e utilizzare gli standard di settore oltre che alla letteratura e le pubblicazioni delle associazioni e comitati di competenza.

## Riferimenti Bibliografici:

1. ANSI\_ESD\_S2020-1999
2. JEDEC Solid State Technology Association, [www.jedec.org](http://www.jedec.org)  
JEDEC Standard JESD22-A114E, Electrostatic Discharge (ESD) Sensitivity Testing Human Body Model (HBM), January 2007;  
JEDEC Standard JESD22-A115A, Electrostatic Discharge (ESD) Sensitivity Testing Machine Model (MM), October 1997;  
JEDEC Standard JESD22-C101C, Field-Induced Charged-Device Model Test Method for Electrostatic-Discharge-Withstand Thresholds of Microelectronic Components, December 2004;
3. ESD TR20.20, Handbook, ESD Association, Rome, NY, USA, 2001;
4. Electrostatic Discharge Association <http://www.esda.org/index.htm>
5. Compliance Engineering <http://www.ce-mag.com/archive/01/Spring/Lee.html>