

ESD verhaaltje t.b.v. ZX ronde 14 juli 2013

Het verschijnsel **E**lectro **S**tatic **D**ischarge (electro statische ontlading) is vooral bekend door de schok die we krijgen bij het vastpakken van een metalen voorwerp na het lopen over bijvoorbeeld een nylon tapijt.

Elektrische of statische lading ontstaat door wrijving wanneer er twee niet geleidende materiaal oppervlakken met elkaar in aanraking komen en weer worden gescheiden. Bij het scheiden van deze twee oppervlakken zal het ene oppervlak elektronen plukken van het andere oppervlak.

Het materiaal waaruit de elektronen onttrokken worden krijgt hierdoor een positieve lading en het materiaal wat de elektronen onttrekt krijgt een negatieve lading.

Afhankelijk van het soort materiaal kan een zeer hoge statische lading ontstaan. Niet schadelijk voor onze gezondheid maar de hoge ontladings spanning kan wel bijvoorbeeld voor explosie gevaar zorgen of een halfgeleider chip beschadigen.

Statische elektriciteit kenmerkt zich door de aanwezigheid van een (hoge) spanning met een geringe energie inhoud. Als statische elektriciteit niet kan wegvloeien naar aarde kan deze bij iedere wrijvingsbeweging verder oplopen.

Ook door een lage luchtvochtigheid kunnen opgewekte statische ladingen verder oplopen.

Een belangrijke veroorzaker van de droge lucht binnenshuis is de verwarming. Daarom hebben we in huis vaker last van statische elektriciteit in de winter dan in de zomer.

Laten we is kijken naar een van de effecten die statische elektriciteit veroorzaken. Dit is voornamelijk het tribo-elektrisch effect

Tribo is het Griekse woord voor wrijving. Het opladen komt tot stand door de wrijving tussen twee materialen uit de zogenaamde Tribo-elektrische reeks.

In de Tribo-elektrische reeks bestaat een aantal materialen en stoffen die statische elektriciteit kunnen opwekken.

Enkele Positief geladen stoffen en materialen uit de Tribo-elektrische reeks zijn:

Huid, Glas, Mica, Haar, Nylon, Wol, Zijde, lood, aluminium,

Enkele Negatief geladen stoffen en materialen uit de Tribo-elektrische reeks zijn:

Rubber, PVC, vinyl (PVC), PTFE (teflon), silicium, koper

De Tribo-reeks lijst bestaat uit ongeveer 43 stoffen en materialen maar ook uit metalen. Ze zijn te verdelen in positief geladen, niet geladen en negatief geladen stoffen en materialen. Bijvoorbeeld staal en katoen hebben geen lading!

(*Bij metalen hebben we het natuurlijk over ongeaarde metalen*)

Iedere stof of materiaal heeft een vaste plaats in de reeks gekregen, omdat het bij wrijving - altijd elektrostatische lading (elektronen) afstaat aan een andere genoteerde stof of materiaal in de reeks.

Bijvoorbeeld bij het kammen van ons haar met een PVC haarkam ontstaat wrijving waardoor het haar statisch wordt.

Als we naar de Tribo-reeks kijken dan zien we dat dit effect afhankelijk is van plaats waar ze in de Tribo-reeks staan.

Het haar staat op de 7^e plaats van de positief geladen materialen en de PVC kam op de 24^e plaats van de negatief geladen materialen.

Er is een groot potentiaal verschil dus!

Als we nu een nylon haarkam gebruiken is het effect bijna nihil omdat nylon op de 8^e plaats van de positief geladen materialen in de Tribo-reeks staat dus dichtbij de plaats van het haar.

De hoogte van de opgewekte statische spanning is moeilijk vast te stellen omdat deze tevens wordt bepaald door een aantal factoren zoals:

- de aanwezige luchtvochtigheid
- de materiaaldichtheid
- de uitgeoefende wrijvingskrachten (druk en snelheid)
- de lekstromen naar aarde
- de hoeveelheid aanwezige ionen in de omringende lucht

Hoge statische spanningen

Deze spanningen kunnen lopen tot wel 35 kV. Daarboven begint de lucht rondom de persoon of het object te ioniseren en zal de lading geleidelijk aan de lucht worden afgestaan. Dit is afhankelijk van de relatieve luchtvochtigheid

Een voorbeeld

Als we met rubber zolen over een nylon tapijt lopen kan de spanning oplopen tot boven de 30 kV bij een RV van 30% bij een RV van 80% is dit nog 1,5 kV. Hier hebben we weer twee materialen die ver uit elkaar staan in de Tribo-reeks en dan ook nog een lage RV. (Het kan verkeren...)

Hoge stromen!

Een misverstand is dat het bij ESD om kleine stromen gaat. Bij een ESD ontlading kunnen wel stromen tot 60 Ampère lopen!

De aanleiding tot dit misverstand is dat een snelle berekening leert dat bij bijvoorbeeld 10 kV en 60 A een vermogen van 600 kW wordt opgewekt en dit lijkt wel wat al te hoog, Toch is dit het geval.

De vraag die direct opkomt ... waarom is een elektrostatische ontlading (in de meeste gevallen) dan niet dodelijk?

Dit komt door de uiterst korte tijd waarin de ontlading plaatsvindt. De ontladingstijd bevindt zich in het nanosecondenbereik. Hierdoor is de energie-inhoud van de ontlading maar enkele Joules en dus in de meeste gevallen niet schadelijk voor mens en dier. ($1 \text{ Joule} = 1 \text{ watt/sec}$)

Elektromagnetisch veld

Minder bekend is dat elektrostatische ontlading ook een elektromagnetisch veld opwekt.

Doordat een ESD ontlading een zeer snel verschijnsel is met een zeer steile ontladcurve, loopt het frequentie spectrum van een ontlading door tot ver in het MHz gebied!

Dit heeft tot gevolg dat bijvoorbeeld een HF ontvanger op de "normale" EMC-manier beïnvloed kan worden.

Wat zijn de gevolgen van Elektrostatische ontladingen?

Het zijn de hoge spanningen die verantwoordelijk zijn voor de vonken en de relatief hoge stromen die uiterst schadelijk zijn voor elektronische componenten. Door de hoge stroom slaan stukjes weg uit de minuscule spoortjes of draadjes in transistoren en IC's.

Het verraderlijke hiervan is dat een dergelijk component in eerste instantie nog gewoon lijkt te werken.

Echter na verloop van enkele maanden tot zelfs enkele jaren zorgt de warmte ontwikkeling in het beschadigde spoortje ervoor dat het spoortje doorbrandt.

Een bekend voorbeeld van dit effect is het zelf niet ESD-veilig plaatsen van geheugen in een PC. Het lijkt allemaal goed te zijn te gaan maar na enkele maanden treden fouten in het geheugen op. Andere gevoelige componenten zijn FET's.

Hoe zijn de effecten van ESD ontladingen te herkennen?

Als het dan toch misgaat, hoe is dan te zien dat het om ESD effecten gaat? Het ESD-fenomeen is onder andere te herkennen aan de volgende symptomen:

- Het apparaat "hangt" ook wel latch-up genoemd
- De communicatie wordt verstoord "er vallen bits om"
- Een apparaat raakt z'n menu settings kwijt (denk bv. aan de tranceiver)
- Een apparaat of component gaat op den duur stuk.

Latch-up is een soort interne kortsluiting van bijvoorbeeld Mosfet Ic's.

Een spanningspiek zoals een ESD kan een parasitair pad creëren tussen gekoppelde (N-mos en P-mos) halfgeleiderstructuurtjes.

Deze activeren elkaar en komen in een loop terecht. Dit veroorzaakt een volledig functieverlies van de betreffende digitale poort.

Beschadiging door ESD

Een beschadiging als gevolg van een ESD is niet in alle gevallen direct vast te stellen.

Het is zeer wel mogelijk dat de component in eerste instantie goed functioneert, maar pas weken later op onverklaarbare wijze defect raakt.

Men neemt aan dat 30 tot 70% van de storingen in elektronische onderdelen aan ESD te wijten zijn.

Reset door apparaat uitschakelen

Latch-up kan voor een permanent defect zorgen maar dat hoeft niet. Door de voedingsspanning te onderbreken of het apparaat uit te schakelen, kan de latch-up toestand verholpen worden.

Wel even wachten totdat de buffercondensators voldoende ontladen zijn!

Voor elektronica die gebruikt wordt in bijvoorbeeld een USB-stick of een externe harde schijf (deze worden immers ongeaard in de PC gestoken) probeert men extra beveiligingen tegen latch-up te integreren.

Waarbij moet men met een zelfbouw ontwerp rekening houden?

In het algemeen is een goed EMC-ontwerp ook een goed ESD-ontwerp.

Naast de immuniteit tegen het opgewekte elektromagnetische veld moeten we ons ook realiseren dat de energie van de puls afgevoerd moet worden.

Allereerst moeten we bij het ontwerp dan ook kijken op welke punten de ontlading plaats kan vinden.

Vaak zijn dit connectoren, knoppen of schakelaars. Hierbij is de kwetsbaarheid extra groot omdat deze door personen vaak aangeraakt worden, waarbij de ontlading plaats kan vinden.

Denk ook aan de overgangsweerstanden in massa of aardverbindingen.

Het voorkomen van beschadigingen

Het solderen aan ESD gevoelige componenten moet in een EPA gebeuren.
EPA = ESD Protected Area

Een EPA is een werkplek welke speciaal is ingericht om op een veilige manier aan ESD gevoelige componenten te werken.

Een EPA bereik je door de volgende maatregelen te nemen.

Gebruik een 24V soldeerbout waarvan de stift met de ESD mat verbonden.

Doe altijd eerst een geaard polsband om voor zelfontlading.

De polsband dient aan een ESD mat verbonden te zijn.

Bij het in en uitsolderen van een onderdeel in een apparaat of print moet het apparaat waar je aan werkt met de ESD mat contact maken.

Let op!!! De polsband moet voor de eigen veiligheid met 1Mohm in serie verbonden worden.

Test deze verbindingen regelmatig op juiste verbinding en weerstand.

ESD vloeren

Om ESD te voorkomen of af te voeren zijn er speciale ESD vloeren ontwikkelt.

De drie belangrijkste zijn:

De ECF (Elektrostatic Conductieve Floor), de DIF (Dissipatieve Floor) en de ACF (Astatic Floor)

De ECF vloer met voldoende lage weerstand en bedoeld om de elektrische lading snel te kunnen ontladen. De vloer moet hiervoor wel verbonden zijn met koperen strippen welk aangesloten zijn aan de fundatie aarding.

De elektrische weerstand is tussen de 1×10^6 Ohm en 1×10^9 Ohm

De DIF vloeren voeren de elektrische lading af als die verbonden met een beter geleidend materiaal.

De elektrische weerstand is tussen de 5×10^4 Ohm en 1×10^6 Ohm

De ACF vloer minimaliseert de ladingen wanneer deze ontstaan door wrijving tussen twee materialen. (Bijvoorbeeld een schoen komt los van de vloer)

De elektrische weerstand is tussen de 1×10^9 Ohm en 1×10^{13} Ohm

Ontladingen kleiner dan < 2 kV

Toepassing ESD vloeren

ESD vloeren worden vooral toegepast in ziekenhuizen, laboratoria, enz.

Bijvoorbeeld in een operatiekamer worden DIF vloeren toegepast in combinatie met RV van 50%.

In een operatiekamer komen explosieve gassen te samen bij behandeling van een patiënt.

Hier is het dus van het grootste belang dat er geen vonk ontstaat door toedoen van ESD.

Ook draagt het team in de operatiekamer speciale kleding en schoeisel om ESD te voorkomen.

De luchtbehandeling wordt niet alleen voorzien van luchtbevochtiging maar ook filtratie om verspreiding van micro organismes te voorkomen.

Metten van ESD

Voor het meten van ESD gebruikt men een elektrostatische meter.

In tegenstelling tot de bekende draaispoel- en weekijzermeters – die gebruikmaken van een magnetisch veld – benut de elektrostatische meter de krachtwerking van een elektrisch veld.

Tussen twee condensatorplaten is een elektrische spanning aanwezig. Hierdoor zullen de twee platen elkaar aantrekken

De kracht op de platen is evenredig met het product van de ladingen, ofwel met het kwadraat van de spanning tussen de platen. Deze meetinstrumenten hebben dan ook een kwadratische schaal. Een veer levert de tegenwerkende kracht en zorgt ervoor dat de meter terugkeert in de nulpositie.

De kracht die de platen op elkaar uitoefenen wordt gemeten en omgevormd zodat deze elektronische in kilovolt kan worden uitgelezen.

De kracht waarmee de platen elkaar aantrekken is te berekenen met de Wet van Coulomb.

Het voordeel van de elektrostatische meter is dat deze praktisch geen elektrische stroom verbruiken (oneindig hoge impedantie) en dus vooral worden toegepast waar maar heel kleine vermogens aanwezig zijn.