

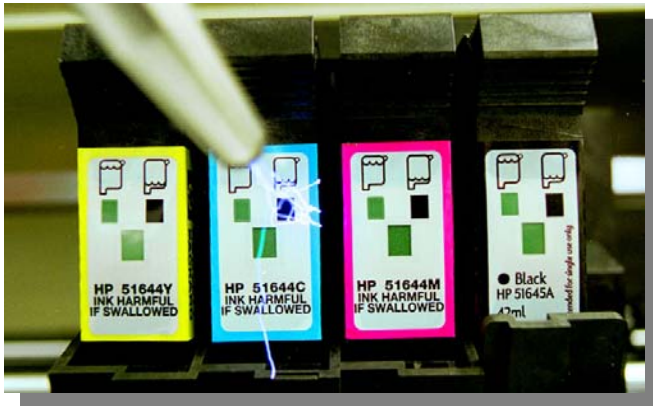


Seminari EMC

Capítol 5:

Descàrregues Electrostaticques

Descàrregues Electrostàtiques



- Introducció
- Generació estàtica
- Model humà
- Descàrrega
- Efectes de l'ESD
- Mecanismes d'acoblament
- Disseny i proteccions

Introducció

- Electricitat estàtica coneguda des de l'època dels grecs
- Emprada sovint per activitats lúdiques
- Reconeguda en els '60 com un factor de risc per semiconductors, resistències de film, cristalls, etc.
- Emprada per productes com fotocopiadores, netejadors d'aire, pistoles de pintura d'esprai, etc.
- ESD com un cas especial del conjunt de fenòmens dins la Compatibilitat Electromagnètica

Introducció (2)

Emissions

Emissions Radiades

Emissions Conduïdes



Immunitat [a]

Emissions Radiades

Emissions Conduïdes

Descàrregues Electrostaticques

Font de perturbació natural com LEMP i NEMP



Generació estàtica

Efecte Triboelèctric. En separar dos materials no conductors, neutres i inicialment en contacte, aquests passaran a tenir una certa càrrega de signe oposat.

- L'intercanvi de càrregues entre materials no es recupera en separar-los doncs no són bons conductors
- Hi ha materials que tendeixen a cedir electrons i d'altres que tendeixen a absorbir-los.
- La diferència de càrregues resultant dona lloc a una diferència de potencial entre ambdós materials.

Generació estàtica (2)

Sèrie Triboelèctrica	
Positiu	
1 Aire	18 Goma dura
2 Pell humana	19 Mylar
3 Amiant	20 Vidre epoxy
4 Vidre	21 Niquel, cobre
5 Mica	22 Llautó, plata
6 Cabell humà	23 Or, Platí
7 Nylon	24 Escuma poliestiré
8 Llana	25 Acrílic
9 Pells	26 Polièster
10 Plom	27 Celluloide
11 Seda	28 Orlón
12 Alumini	29 Escuma poliuretà
13 Paper	30 Polietilè
14 Cotó	31 Polipropilè
15 Fusta	32 PVC (Vinil)
16 Hacer	33 Silici
17 Cera	34 Tefló
	Negatiu

○ Materials 'positius' tendeixen a cedir electrons

○ Materials 'negatius' tendeixen a acceptar electrons

Altres factors:

- Superfície contacte
- Pressió de contacte
- Fregament
- Velocitat de separació
- Humitat

Generació estàtica (3)

$$V = \frac{Q}{C}$$

Q: Desequilibri de càrregues

V: Diferència de potencial

C: Capacitat entre materials

En separar materials Q es manté constant

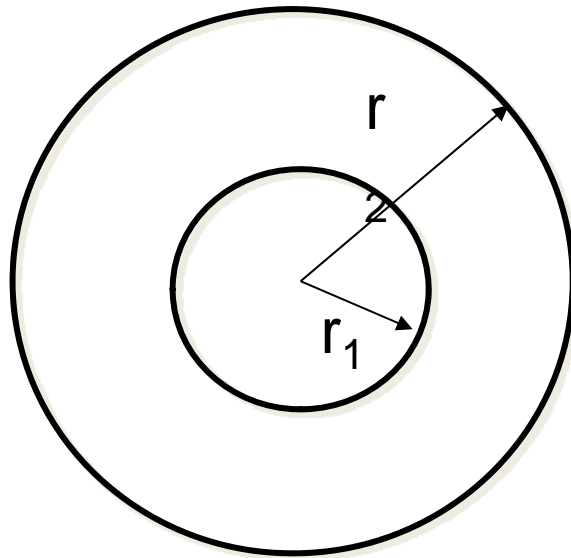
$$Q = CV = \text{constant}$$

→ En separar materials $C \downarrow$ per tant $V \uparrow$

Generació estàtica (4)

$$V = \frac{Q}{C}$$

V **no** creix indefinidament...



$$C = \frac{4\pi\epsilon}{(1/r_1) - (1/r_2)}$$

On: $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$

Si $r_2 \rightarrow \infty$, tenim que

$C \rightarrow 111r_1 \text{ pF}$

Generació estàtica (5)

Voltatges Electroestàtics Típics		
Forma de generació	Voltatge generat	
	Humitat 10-20%	Humitat 65-90%
Caminant sobre moqueta	35.000	1.500
Caminant sobre terra vinil	12.000	250
Treballador sobre escriptori	6.000	100
Obrint un sobre de vinil	7.000	600
Agafant una bossa de plàstic	20.000	1.200
Sentat en cadira amb farciment de poliuretà	18.000	1.500

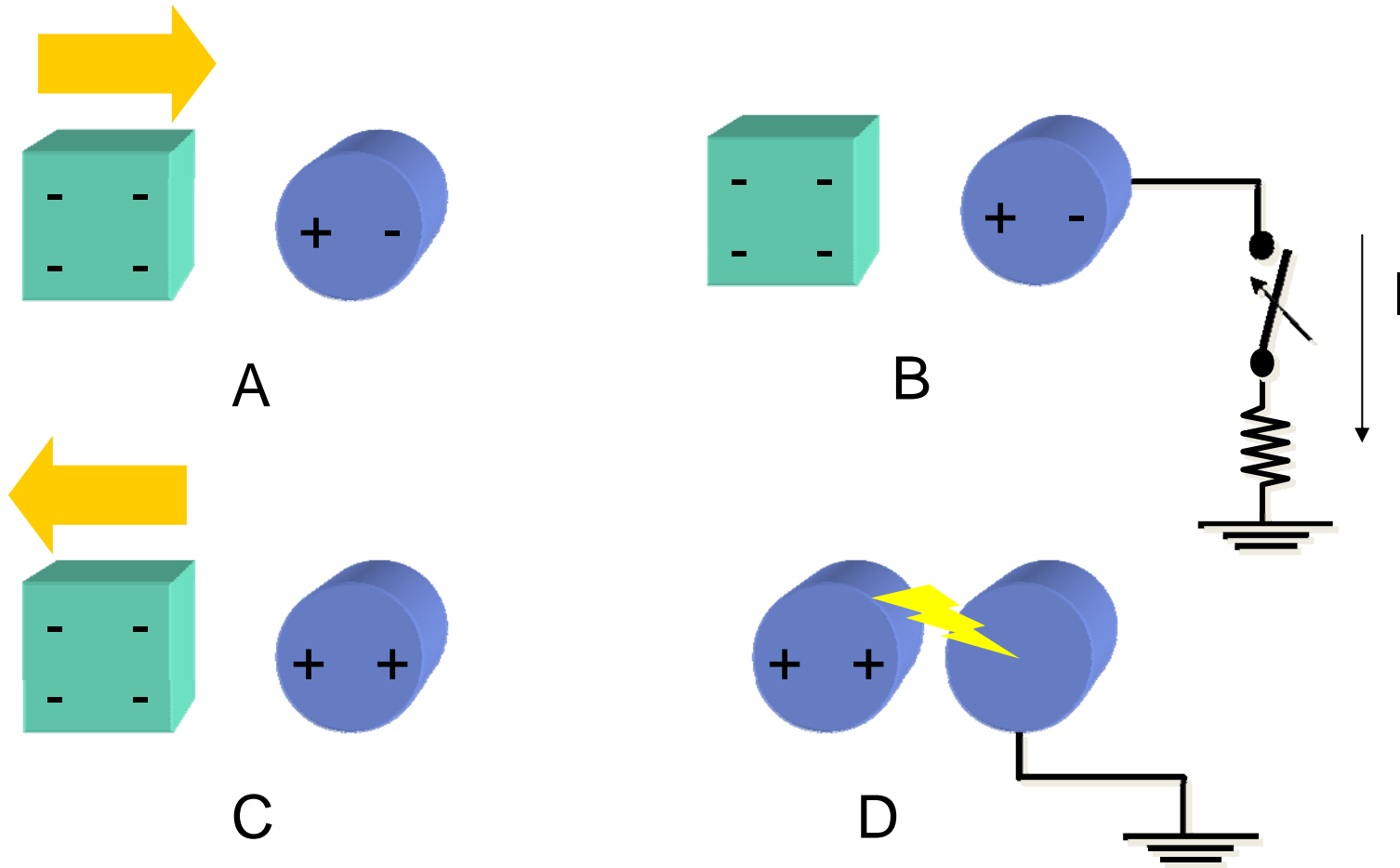
- Generació molt depenent de la humitat ambient
- Ull amb activitat amb materials plàstics i sintètics
- Valors usuals domèstics i oficina de 10.000 a 20.000 volts

Generació estàtica (6)

El procés més comú de generació segueix les fases:

- ① Càrrega generada en un material no conductor
La càrrega es troba tota en la superfície
- ② Càrrega transferida a un conductor per contacte o per inducció
- ③ El conductor toca o passa pròxim a un altre generalment a massa i es produeix una descàrrega

Generació estàtica (7)



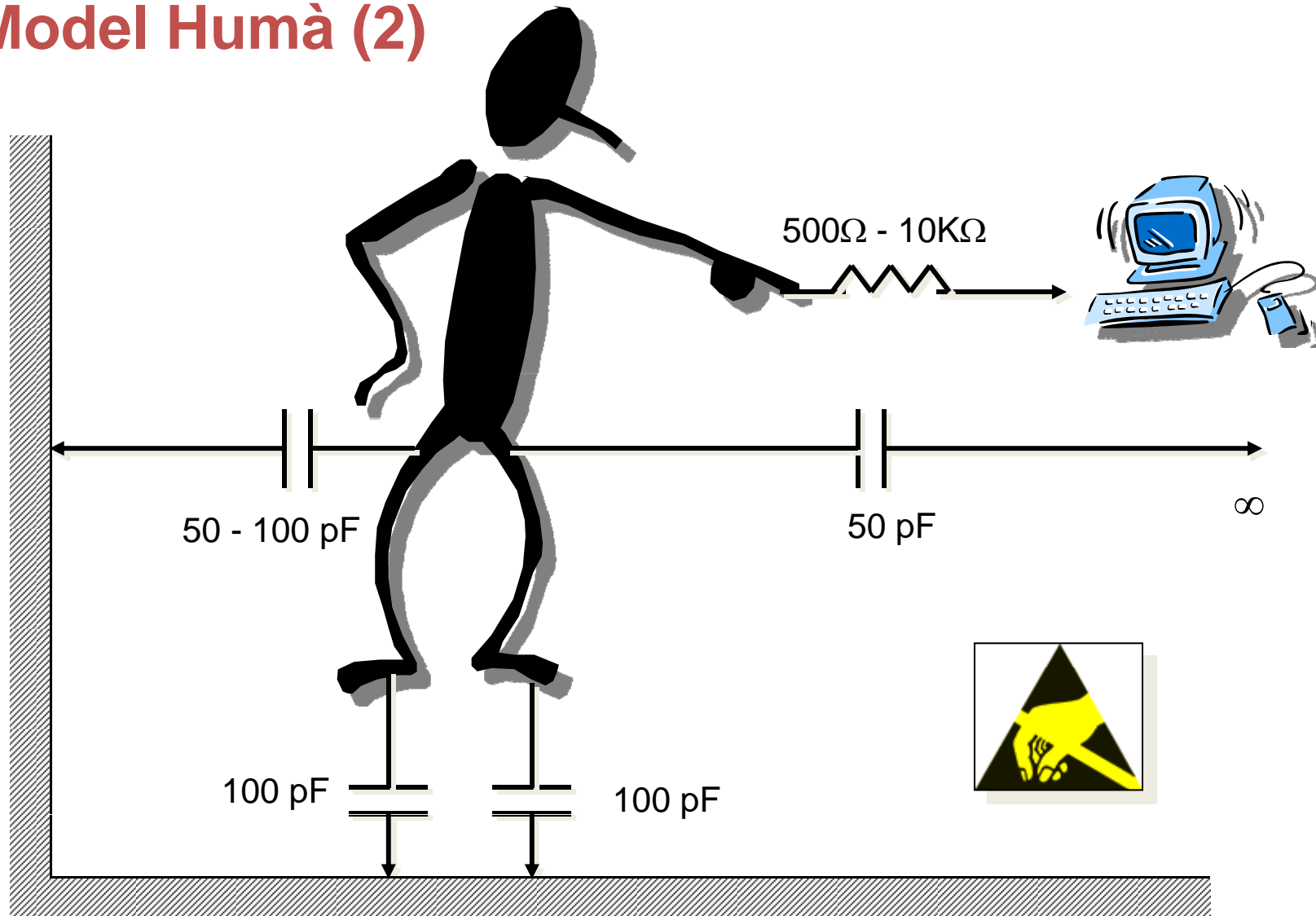
Exemple de generació per inducció

Model Humà

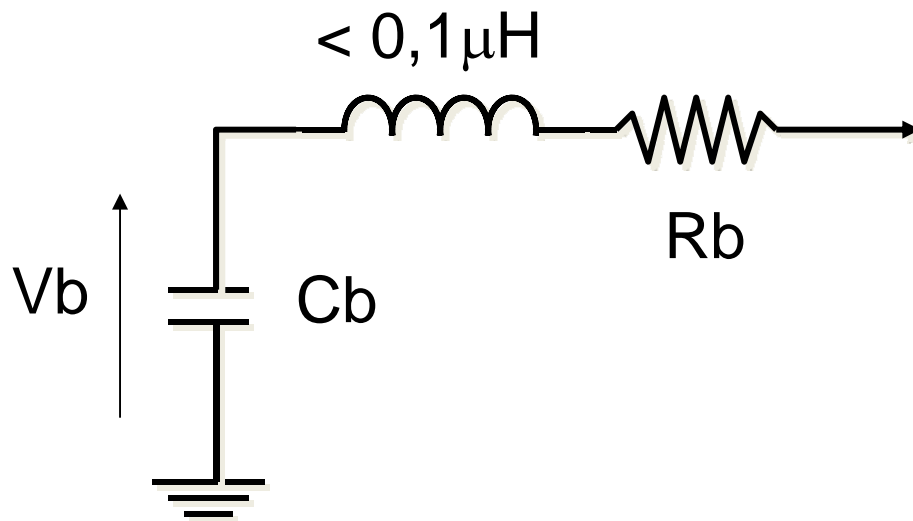
Humans com una de les principals fonts de descàrregues electroestàtiques

- Anem vestits amb robes sintètiques
- Portem sabates que ens aïllen de terra
- Presentem una capacitat relativament elevada
- Estem en moviment continu
- Tendim a interactuar amb l'entorn tocant els objectes i equips
- El contacte es dona generalment per les puntes dels dits

Model Humà (2)



Model Humà (3)

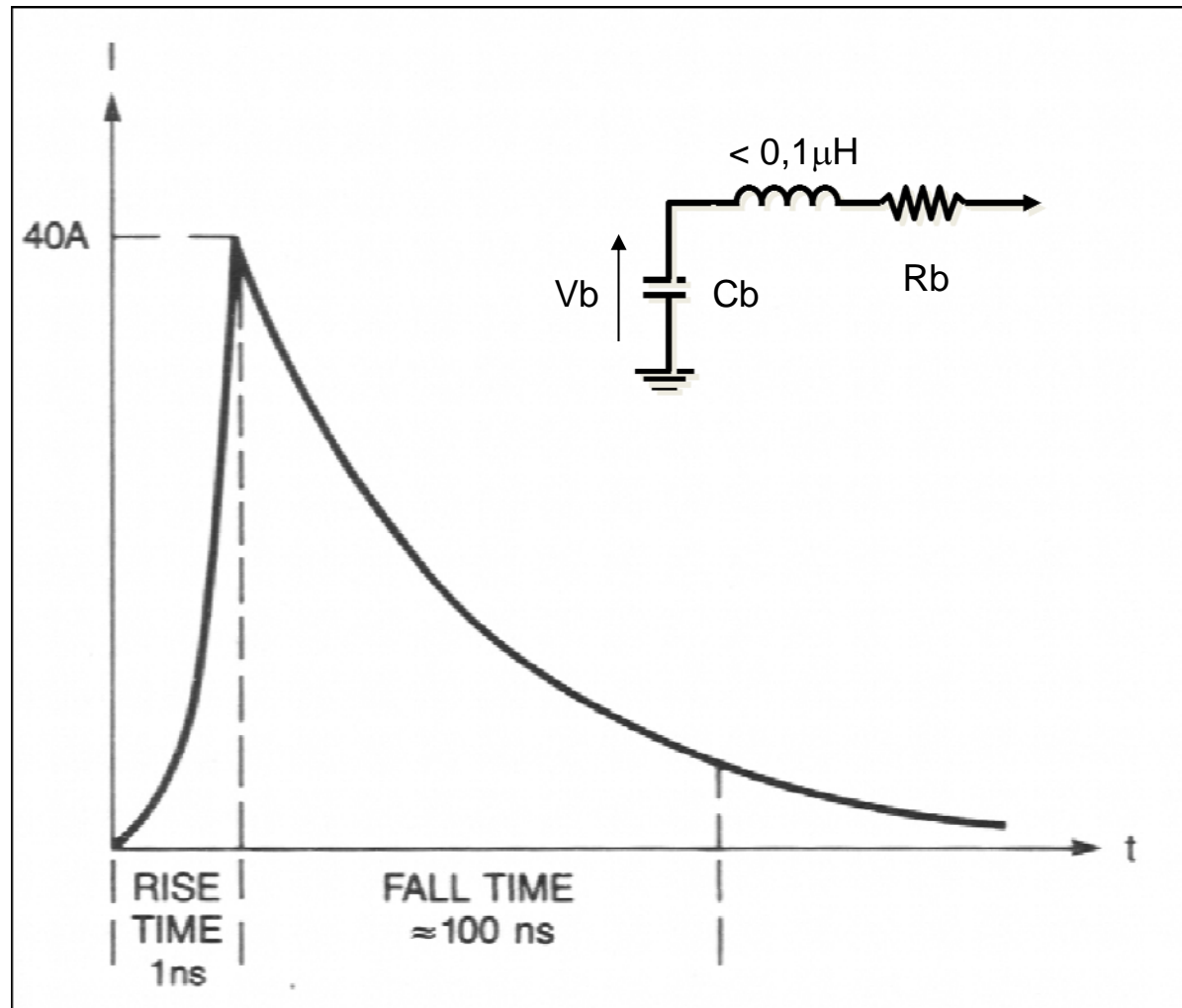


Cb: 50 a 250 pF
Rb: 500Ω a 10KΩ
Vb: 0 a 20KV

Models més usuals per Cb, Rb i Vb

Normes	Cb (pF)	Rb (ohms)	Vb (Volts)	Energia (mJ)
IEC 801-2	150	150	15.000	16,90
SAE	200	250	15.000	22,50
DOD-HDBK-263	100	1.500	15.000	11,30

Model Humà (4)



Model Humà (5)

- Hi ha models més complicats. Descàrregues múltiples
- Els valors de R_b , C_b i V_b poden ser molt diferents
- En els equips de test cal fer la inductància molt petita
- Normalment els equips de test tenen un joc de puntes per adaptar-se a diferents normes
- Els equips de test poden ajustar el valor de V_b

- Les descàrregues de menys de 3.500V no les notem
- Les de més de 20KV son doloroses

- En tot cas, els components electrònics es poden veure afectats per valors d'uns centenars de volts

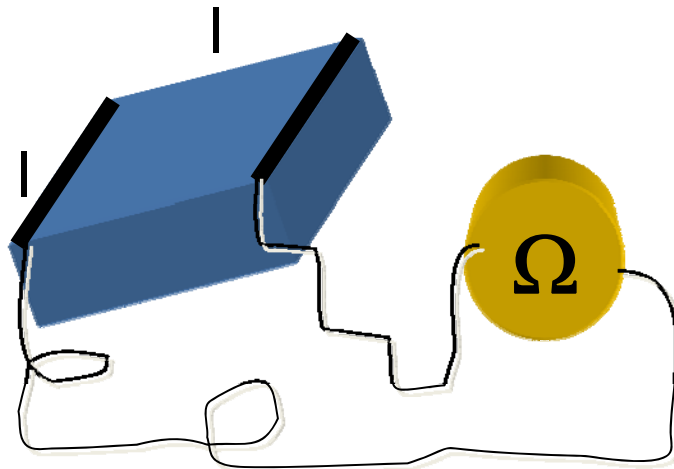
Descàrrega

Un cos carregat es descarrega principalment per

- **Fuites.** Facilitades per humitat ambient o ionització de l'aire. En conductors podem connectar-los a terra
- **Descàrrega per arc.** Facilitada per la presència de puntes i materials conductors a terra. Cal evitar aquest darrer potenciant l'anterior.
- En manipulacions amb components electrònics cal posar l'operador a terra (straps amb $R=1M\Omega$) per minimitzar càrrega en el cos. **Mai posar a terra directament**
- Es convenient controlar humitat i ionitzar l'aire
- En molts casos s'utilitzen sabates dissipatives

Descàrrega (2)

Tipus de materials segons resistivitat	
Material	R. superficial (ohm/quadrat)
Conductor	de 0 a 10^5
Dissipatiu	de 10^5 a 10^9
Antiestàtic	de 10^9 a 10^{14}
Aillant	major 10^{14}



$$\tau = \epsilon\rho$$

Temps de descàrrega
proporcional a la resistivitat
superficial

Mesura de resistivitat
superficial R_{\square} (veure UNE21303)

Descàrrega (3)

- Materials amb $R_{\square} < 10^9$ poden ser descarregats posant-los a massa. (Per càrregues elevades cal limitar el corrent per evitar danys)
- Els conductors proporcionen un camí de descàrrega ràpida i cal tenir-ho en compte si entren en contacte amb elements carregats
- Els materials dissipatius proporcionen un camí de descàrrega controlat. Som emprats per controlar acumulació de càrrega en equips.
- Els antiestàtics son els més lents en dissipar la càrrega però es carreguen més lentament. Ideals per manipulació de components electrònics ($R_{\square} < 10^{12}$)
- Els materials aïllant no s'han d'utilitzar en entorns sensibles a les descàrregues

Efectes de l'ESD

Hardware

- Trencament per arc de dielèctrics
- Desgast o cremades en unions de semiconductors
- Envelliment prematur dels components

Interferències transitòries

- En circuits analògics: Degradació del senyal útil
- En circuits digitals: Pèrdua de la seqüència d'execució, etc.

Software

- Inicialitzacions no controlades (reset)
- Pèrdua de dades en circuits de memòria
- Trencament de la seqüència de programa

Efectes de l'ESD (2)

- L'energia transferida al producte és funció del corrent de descàrrega més que no del voltatge existent previ a la descàrrega
- El lloc i com es produeix la descàrrega depèn del voltatge existent abans d'aquesta
- Les tensions més altes es descarreguen per arc en els metalls circumdants
- Les tensions més petites poden descarregar-se en punts més pròxims als circuits. Poden ser més perilloses.

Mecanismes d'acoblament

Acoblament directe

- Acoblament per contacte o per arc directe sobre una part metàl·lica accessible de l'equip.
- Cal evitar parts conductores accessibles i donar camins de descàrrega interns a massa.

Arc secundari

- Es produeix en tocar un metall flotant que a la seva vegada es descarrega internament formant un arc.
- Cal evitar les parts metàl·liques flotants!

Mecanismes d'acoblament (2)

Acoblament magnètic

- Degut als pics elevats de corrent originats per la descàrrega podem tenir acoblaments importants
- Cal reduir àrea bucle receptor, allunyar font i receptor o posar algun apantallament magnètic.

Acoblament elèctric

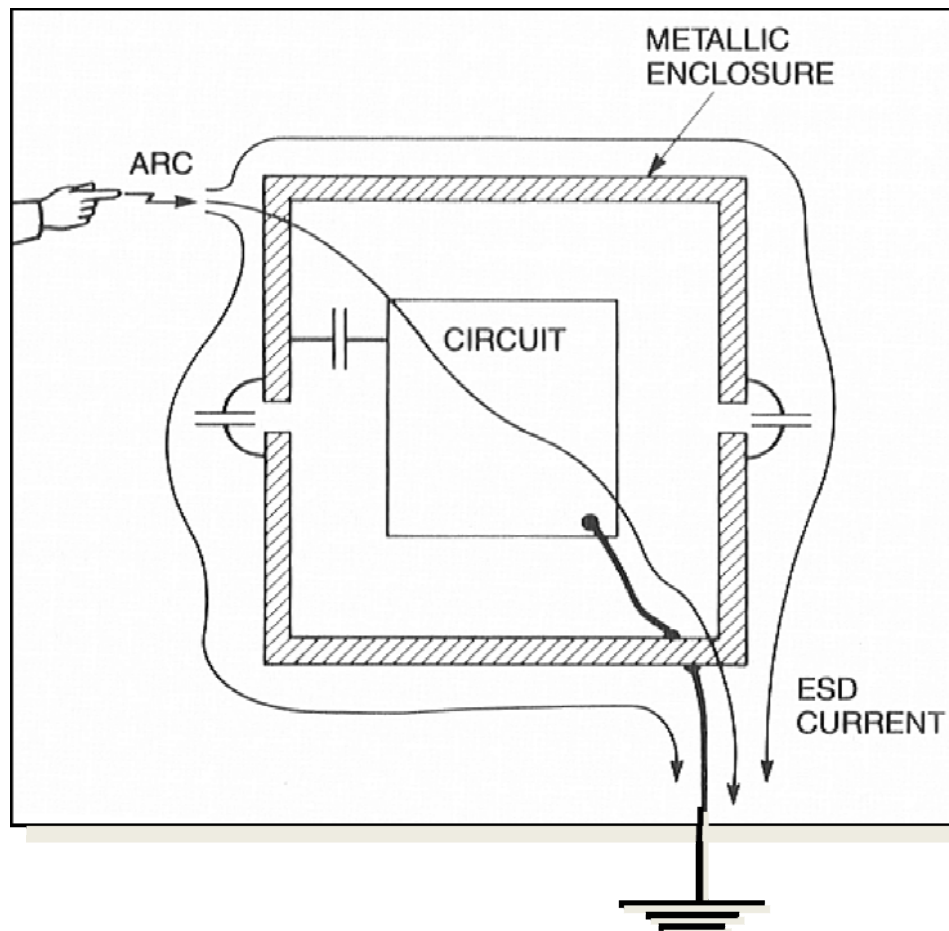
- En les descàrregues es produeixen elevacions brusques de tensió degut a inductància del camí. Aquestes elevacions poden ser origen d'acoblament elèctric
- Cal allunyar font i receptor, minimitzar impedància del circuit de descàrrega i apantallar elèctricament.

Mecanismes d'acoblament (3)

Cables

- Els cables coaxials han de tenir la seva malla connectada a 360° i cal evita els 'latiguillos' o 'pig tails' en les terminacions
- Pels cables plans es recomanable intercalar senyal i massa en el seu disseny.
- En tots els casos, els cables d'interconnexió han de presentar una impedància baixa de retorn a massa i una impedància comuna alta a la resta del circuit

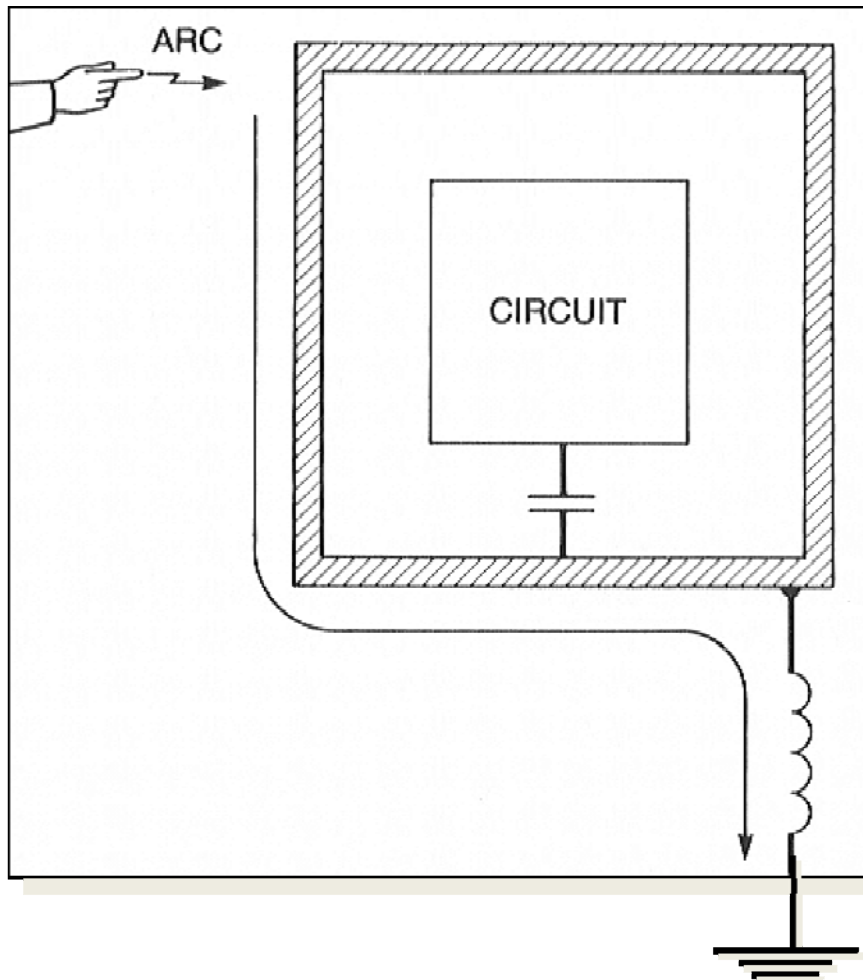
Disseny i proteccions



Acoblament directe

- Circuit no manté apantallament
- Tenim corrents de descàrrega interiors al sistema
- Possibles danys en circuit electrònic

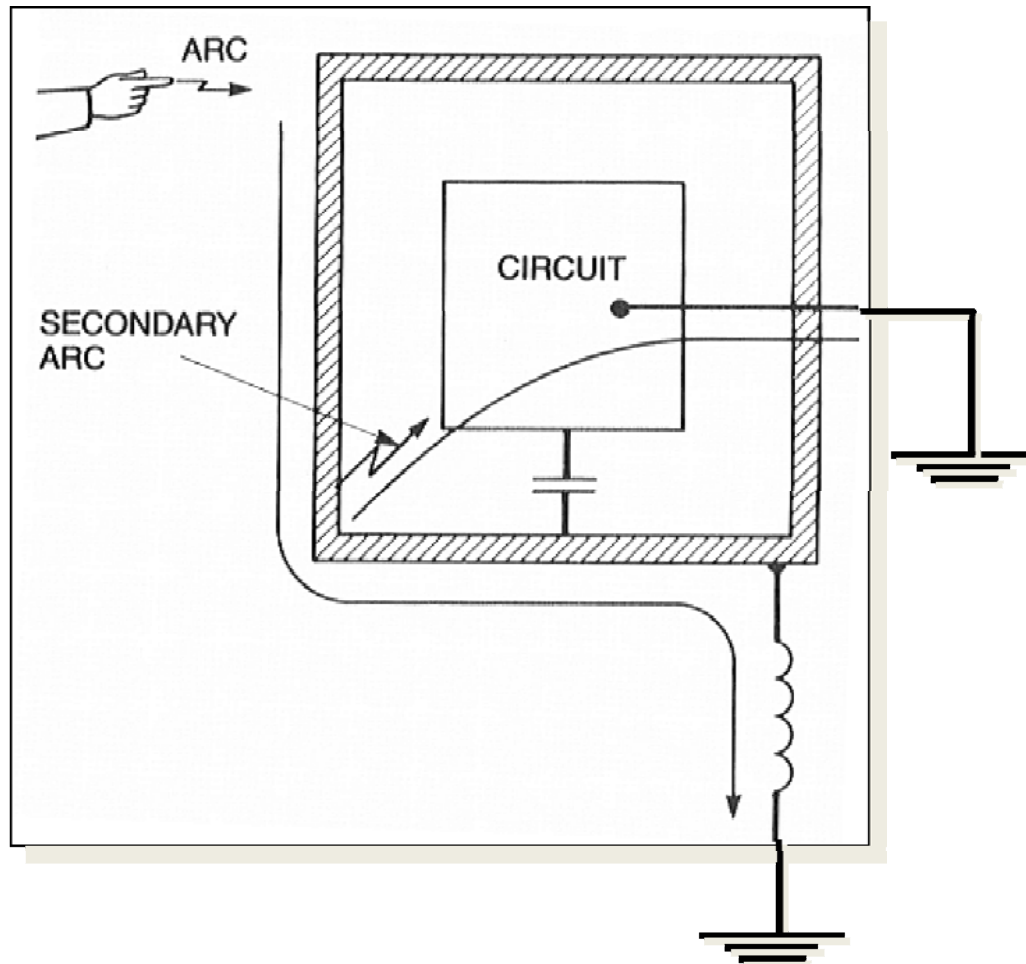
Disseny i proteccions (2)



Apantallament total

- Tot el corrent de descàrrega va per fora el circuit
- No hi ha danys ni efectes descàrrega

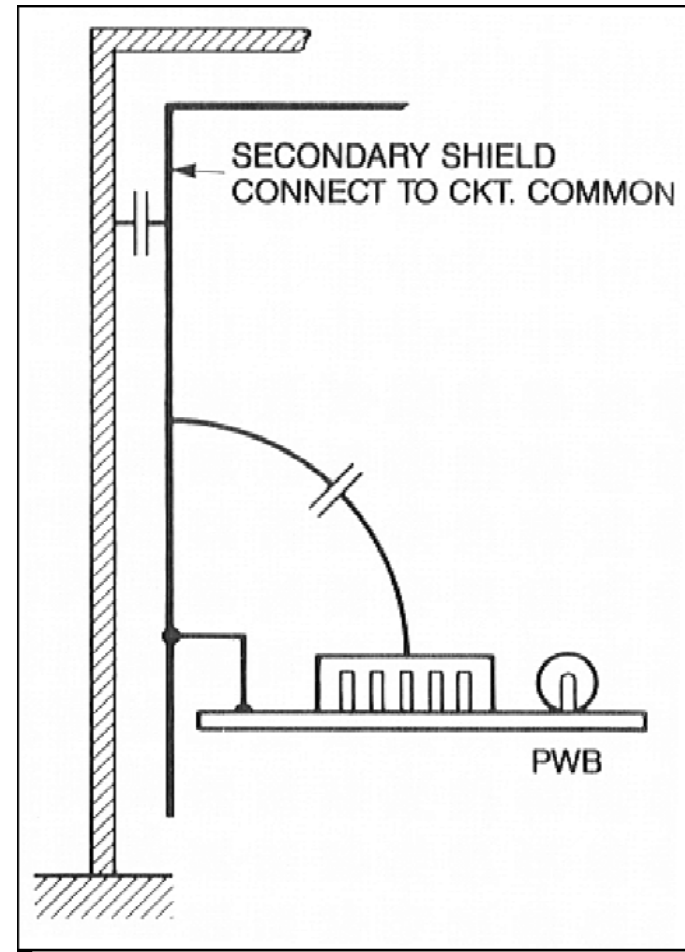
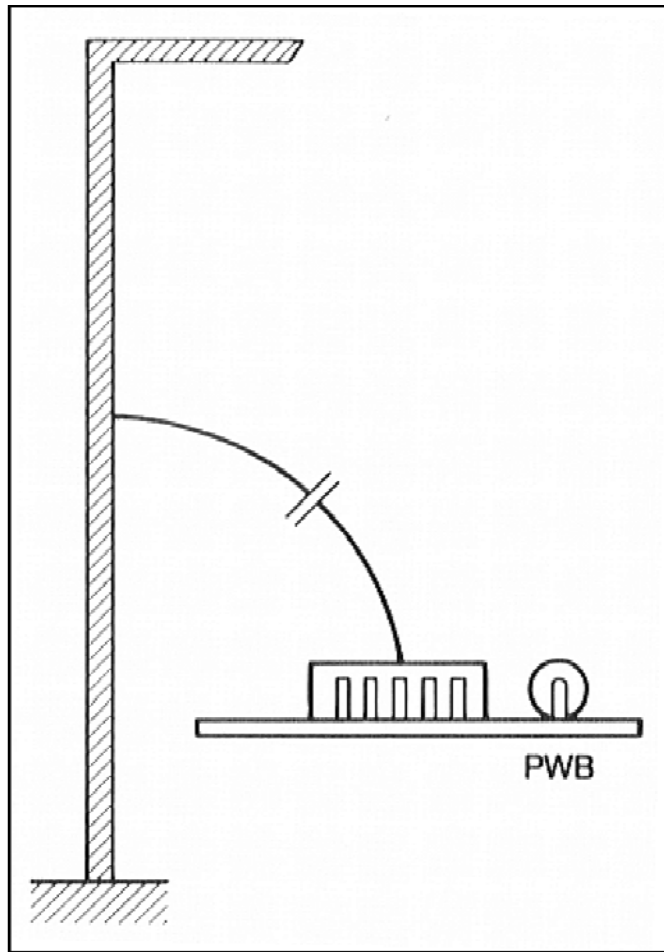
Disseny i proteccions (3)



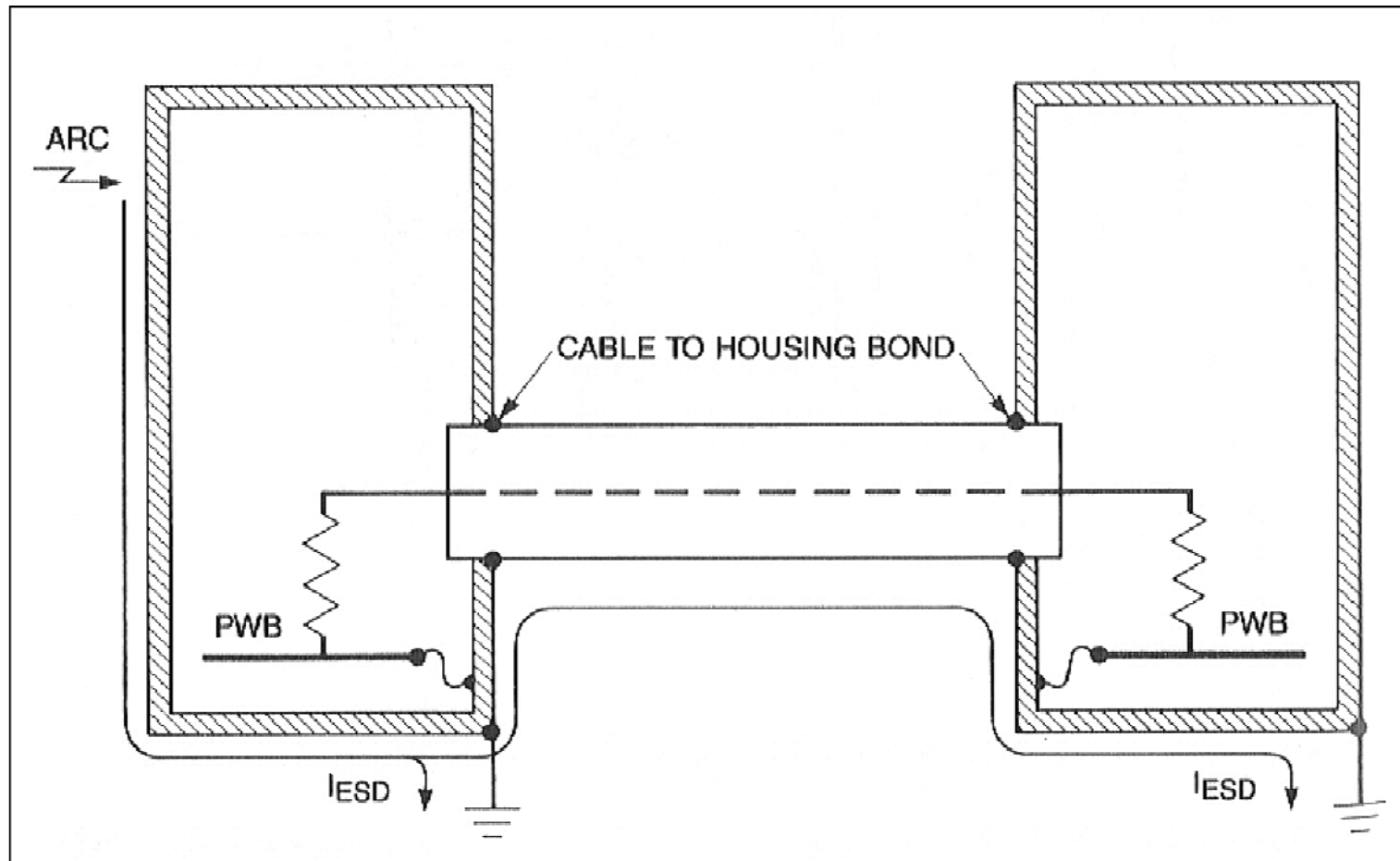
Arc Secundari

- Hi ha un camí per descarregar el metall de la caixa
- Això és pitjor si el metall és flotant

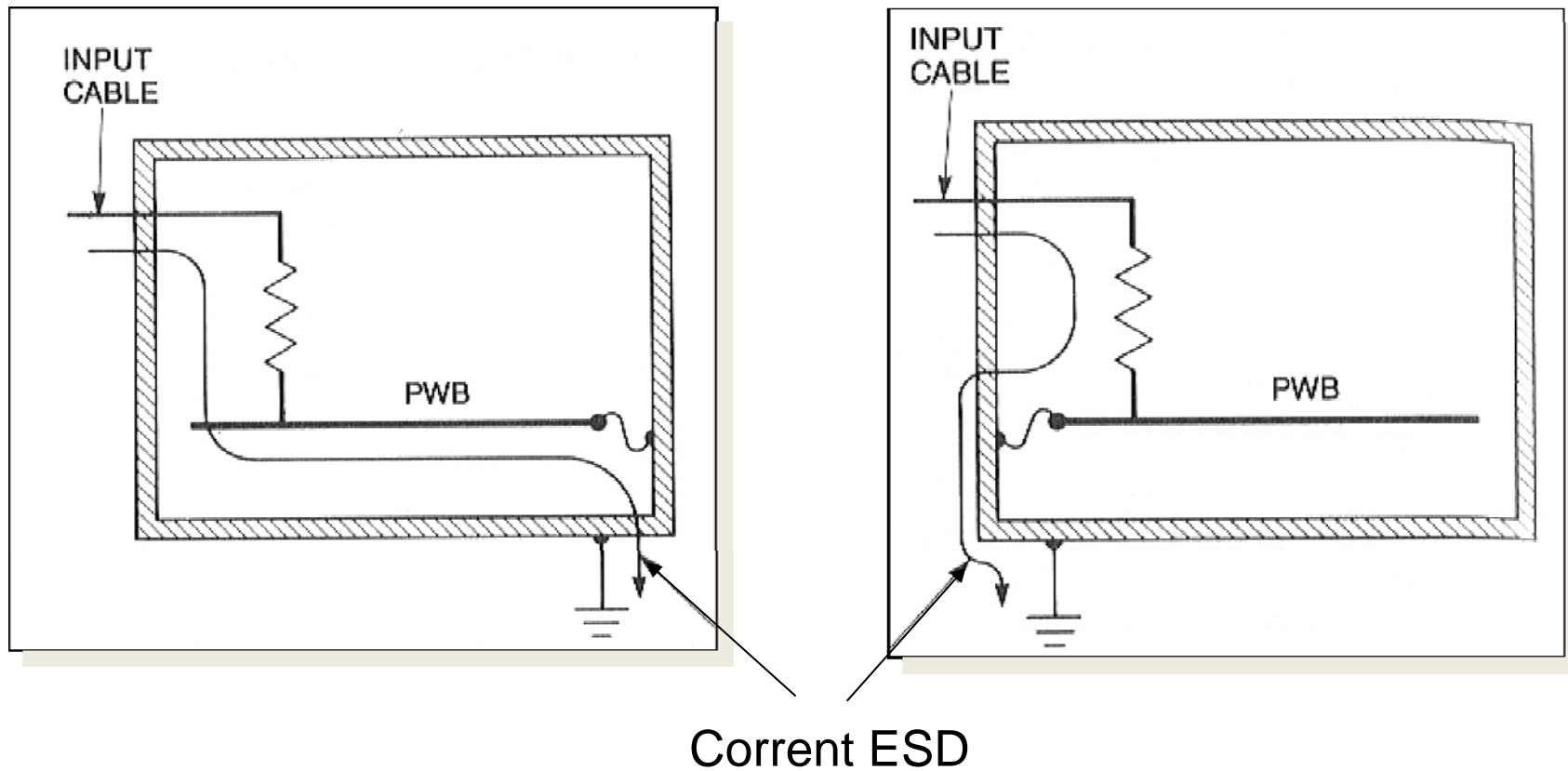
Disseny i proteccions (4)



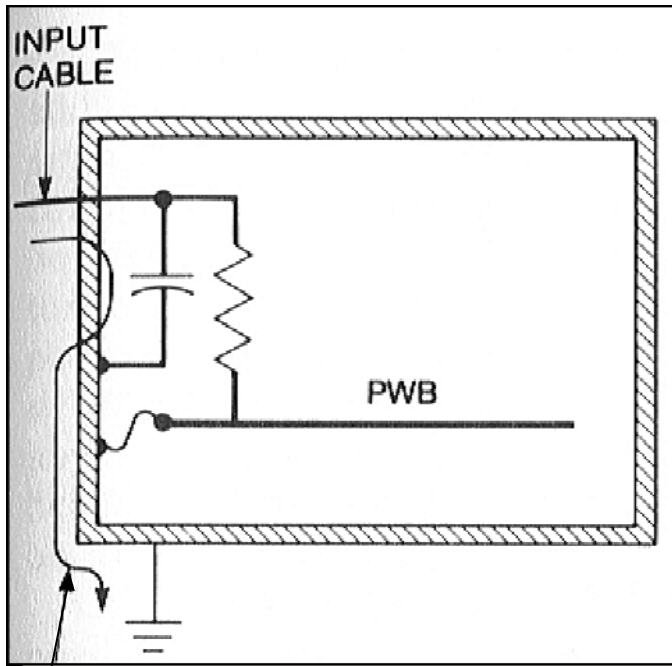
Disseny i proteccions (5)



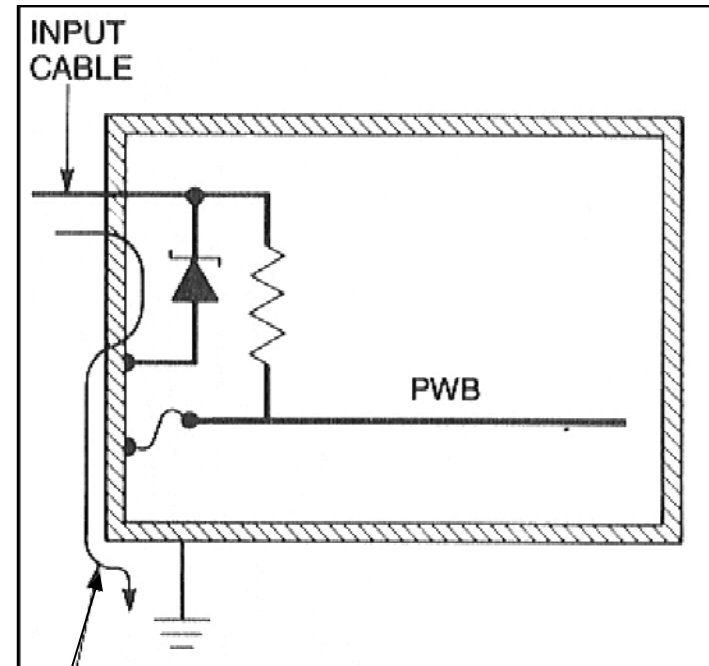
Disseny i proteccions (6)



Disseny i proteccions (7)

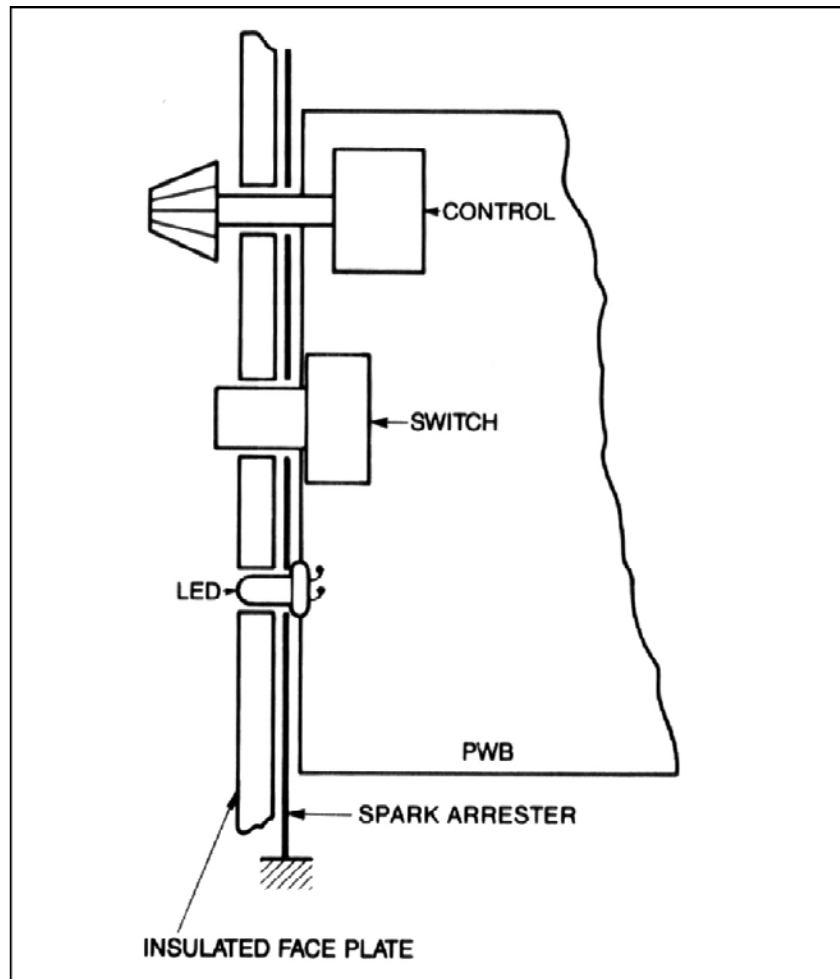


Corrent ESD



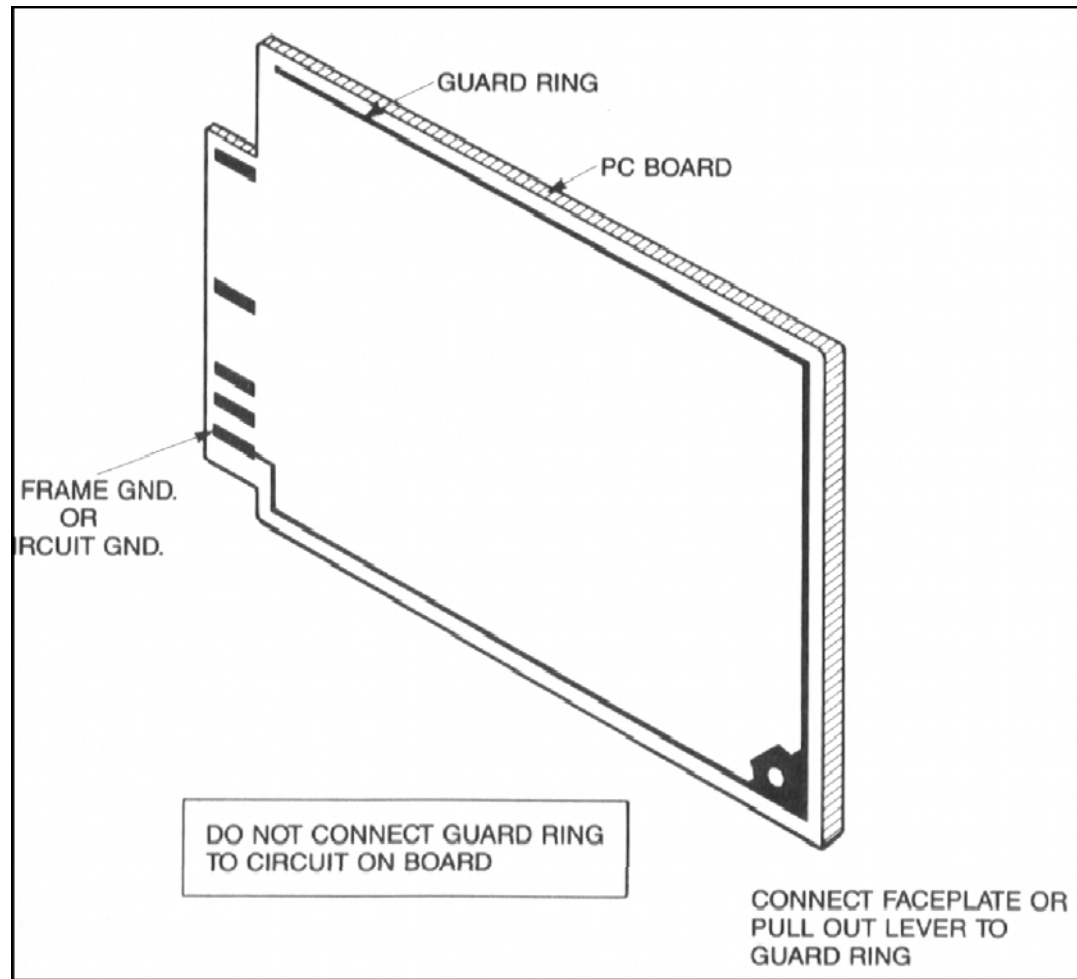
Corrent ESD

Disseny i proteccions (8)



- Els panells frontals dels instruments i equips son un punt a tenir en compte en ESD
- Podem posar un descarregador per evitar que es produeixin descàrregues secundàries dins l'equip

Disseny i proteccions (9)



- Les plaques de PCB poden protegir-se amb un anell de guarda per evitar descàrregues sobre els components

Fi del capítol 5:

Descàrregues Electroestàtiques

Següent Capítol:

Assaigs i Normativa EMC