
IA 產業市場研究一

IA 產品電氣設計人員如何面對國際產品安全的要求

■ 李志明

當設計工程師接到公司主管指派發展新一代資訊家電的設計專案，要求設計出最符合市場趨勢的 IA 產品，此時設計工程師除了考量新產品基本的電氣功能外，最必要的產品規格的要求無非是國際上對於產品安全的要求了。為什麼我們會這樣認定呢？最主要的理由是：

1. 歐美先進國家對於產品安全的重視已經有大約一百多年的歷史，因為他們瞭解要保護其國民在使用各種電子電器產品的生命財產安全的最聰明的作法；就是根據產品的特性及常見的諸般危險設計出適當的產品安全規範，並且徹底的要求產品生產廠商將此安全規格納入成為產品規格的重要一環。
2. 當產品能符合國際上對於產品安全的要求，其價值也因此而提高，使用者會樂意多付出一點費用，買到多一層的安心。對於廠商而言；則能得到較高的市場聲譽及較具競爭優勢的位置，因為市場對於產品品質的肯定；絕對是決定市佔率的關鍵因素。

3. 產品成本一直是廠商在設計新產品時，一定要考量的重要因素，而失敗成本一直是廠商企盼下降的，若設計工程師在產品設計初期就能掌握安全的必要規定進而導入設計內，則一方面降低因疏於考量而產生的材料及人工成本，並且能更迅速的將產品切入市場；搶得先機。另一方面廠商可因此減少上法院訴訟的次數及費用；就是因生產廠商的產品無法符合產品安全規範的規定；導致消費者受到傷害甚至於死亡。

基於以上的說明，筆者認為設計者必須事先掌握住安全規格的諸般規定；並導入於產品的設計內，在此有限的篇幅，筆者將就個人在安全規格領域近二十年的學習及經驗，希望能提供給讀者一個清楚的概念與認識，甚至對讀者的工作有些幫助。

一般資訊家電的設計，主要針對兩大方面，一是電氣設計；另一方面是機構設計，因此下文也將先根據電氣設計方面；說明在國際的安全標準 IEC60950 及 IEC60065 的一些重要概念及規定。

1. 產品的電擊防護等級的定義：

在IEC60950對於電擊防護等級分為三類，以下說明：

(1)第一級設備（CLASS I EQUIPMENT）：

所謂第一級設備是指產品的設計提供一個基本絕緣及在建築物內裝設該產品時作為連接到大地的接地導線；基本絕緣被破壞後，險電壓也不會對使用者造成傷害。一般而言，一級設備內有些零件須符合雙重或加強絕緣。

(2)第二級設備 (CLASS II EQUIPMENT) :

所謂第二級設備是指產品的電擊防護，僅僅倚賴基本絕緣，提供雙重或加強絕緣。第二級設備內沒有接地 防護的結構。

(3)第三級設備 (CLASS III EQUIPMENT) :

所謂第三級設備是指產品內部的電路或零件承載的電壓；安全極低電壓，無任何危險電壓者。

然而在 IEC60065 對於電擊防護等級僅分為二類；上述的第一級設備及第二級設備，此假設資訊家電產品；產品內部的電路或零件承載的電壓只有 12Vdc 以下，IEC60950 會定義其為第三級設備，IEC60065 會定義其為第二級設備，以若此產品同時申請 IEC60950 及 IEC60065 的認證時，對於電擊防護等級須定義為第二級設備。

得一提的是，何為安全極低電壓？何為危險電壓？在 IEC60950 及 IEC60065 內的規定也有一點不同，IEC60950 定義電壓小於 42.4Vpeak 或 60Vdc，即為安全極低電壓，反之則為危險電壓。在 IEC60065 定義電壓小於 35Vpeak 或 60Vdc，即為安全極低電壓。

2. 如何選用安規零件

下列的安規零件清單，是提供給設計人員在選用安規零件時，確認安規零件的規定及申請認證時的參考，並且能要

求零件供應商提供適當的證明文件及規格書。當然此清單並非完整，筆者僅就現今市場上常見的產品，所使用的零件做介紹，換言之，若在下列清單內未提及的零件，仍須考量其是否置放於一次側電路；或其他具危險電壓的電路；或為防止危險的產生的保護元件等等，如果設計人員仍無把握自己的判斷，筆者建議最好尋求專業人員的協助，以避免因錯誤判斷導致時間的損失。

在此舉一簡單的範例來說明如何使用下表的資訊，如電源線是由三個零件組合而成，包括插頭、電線及連接器，而此三種零件有其獨立的 IEC 標準當選用時須注意供應商提出的 TUV 或 VDE 合格證書內是否清楚說明認證的標準，廠商名稱，產品型號，而零件的額定電壓，電流，線材內導體的截面積等；是否能承受產品本身所必須承載的設計值。電源線的規格書在資訊家電單獨認證時是不須要送交認證單位。

表一 安規零件清單

零件名稱	廠商名稱	零件型號	零件規格	可接受的相關安全標準	認證標誌證書	零件規格書
電源線 Power cord set						
插頭 Plug	yes	yes	voltage, current	VDE 0620, VDE 0625-1, VDE 0625-2-2, EN 50075, IEC 60320-1, IEC 60320-2-2	TUV or VDE	No
電線 Cable	yes	yes	Number of conductors, cross section	VDE 0281-1, VDE 0281-401, VDE 0281-402, VDE 0625	TUV or VDE	No
連接器 Connector	yes	yes	voltage, current	IEC 60320	TUV or VDE	No
電源供應器 Power supply	yes	yes	input voltage, current, frequency; output voltages, currents; protection class	IEC 60950 或 IEC60065	TUV or VDE	Yes
塑膠外殼 Plastic enclosure	yes	yes	Flammability class, temperature	UL 94	UL	No
直流風扇 DC fan	yes	yes	voltage, current, airflow	-	UL	Yes
直流風扇 DC fan	yes	yes	voltage, current, airflow	IEC 60950	TUV or VDE	Yes
印刷電路板 PCB	-	-	Flammability class, temperature	UL 94	UL	No
液晶顯示螢幕 LCD Panel	yes	yes	size, type	-	-	Yes
RTC 電池 RTC battery	yes	yes	type, voltage, capacity	-	-	Yes
電池 Battery pack	yes	yes	type, voltage, capacity	-	-	Yes
Battery cell	yes	yes	voltage, capacity	-	-	Yes
熱切斷裝置 Thermal cut-off	yes	yes	temperature	IEC 60691	TUV or VDE	No
PTC 電阻 PTC resistor	yes	yes	voltage, current	DIN 44080 DIN 44081	TUV or VDE	No
硬碟機 HDD	yes	yes	voltage, current	IEC 60950	TUV or VDE	No
軟碟機 FDD	yes	yes	voltage, current	IEC 60950	TUV or VDE	No
光碟機 CDROM	yes	yes	voltage, current	IEC 60950, IEC 60825-1	TUV or VDE	No
數位光碟機 DVD ROM	yes	yes	voltage, current	IEC 60950, IEC 60825-1	TUV or VDE	No

表一 安規零件清單 (續)

零件名稱	廠商名稱	零件型號	零件規格	可接受的相關安全標準	認證標誌證書	零件規格書
直流/交流轉換器 DC/AC inverter module	yes	yes	voltage, current, output voltage	-	-	Yes
直流/交流轉換器之變壓器 Inverter transformer	yes	yes	temperature	-	-	Yes
數據機卡 Modem card	yes	yes	voltage, current	IEC 60950	TUV or VDE	Yes
數據機卡 Modem card; tested within equipment	yes	yes	voltage, current	-	-	Yes
TNV 變壓器 TNV transformer	yes	yes	temperature	-	-	Yes
光耦合器或光繼電器 Photo coupler or photo relay	yes	yes	distance through insulation	VDE 0884, IEC 60950	TUV or VDE, FI	No
突波吸收器 Varistor	yes	yes	voltage, current	IEC 61051, CCEE 42200, CECC 42201	TUV or VDE	Yes
輸入插座 Appliance Inlet	yes	yes	voltage, current	VDE 0625-1, EN 60320-1	TUV or VDE	No
電源開關 Power switch	yes	yes	voltage, current	VDE 0630-1, IEC 61058-1	TUV or VDE	No
選擇開關 Voltage select switch	yes	yes	voltage, current	VDE 0630, IEC 61058-1	TUV or VDE	No
保險絲 Fuse	yes	yes	voltage, time characteristic, current	VDE 0820, IEC 60127-2, IEC 60127-3	TUV or VDE or UL	No
一次側電路連接器 Primary connector	yes	yes	voltage, current	VDE 0627	TUV or VDE	No
X 電容 X-capacitor	yes	yes	maximum capacity, voltage	IEC 60384-14/1981 or IEC 60384-14/1993	TUV or VDE, SEV	No
Y 電容 Y-capacitor	yes	yes	maximum capacity, voltage	IEC 60384-14/1993	TUV or VDE	No

表一 安規零件清單（續）

零件名稱	廠商名稱	零件型號	零件規格	可接受的相關安全標準	認證標誌證書	零件規格書
線性濾波器 Line filter or choke	yes	yes	temperature	-	-	Yes
變壓器 Transformer	yes	yes	isolation class	-	-	Yes
電解電容 Storage capacitor	-	type	capacity or capacity range, voltage, temperature	-	-	No
洩放電阻 Bleeder resistor	-	type	resistance, power	-	-	No
陰極射線管 CRT	yes	yes	dot pitch, anti glare treatment	VDE 0860, IEC 60065, sub-clause18	TUV or VDE	Yes
消磁線圈 Degaussing coil	yes	yes	4 isolation layers	-	-	Yes
返馳變壓器 FBT	yes	yes	flammability V-2 min., temperature	UL 94	UL	Yes
三層絕緣線 Triple insulated wire	yes	yes	temperature	IEC 60950	TUV or VDE	Yes
輸入插座內 裝抑制電磁 干擾濾波器 EMI filter with inlet	yes	yes	voltage, current	VDE 0565-3, VDE 0565-3A	TUV or VDE	Yes
繼電器 Relay	yes	yes	voltage, current	VDE 0435-120, VDE 0435-201, IEC 60255-1	TUV or VDE	No

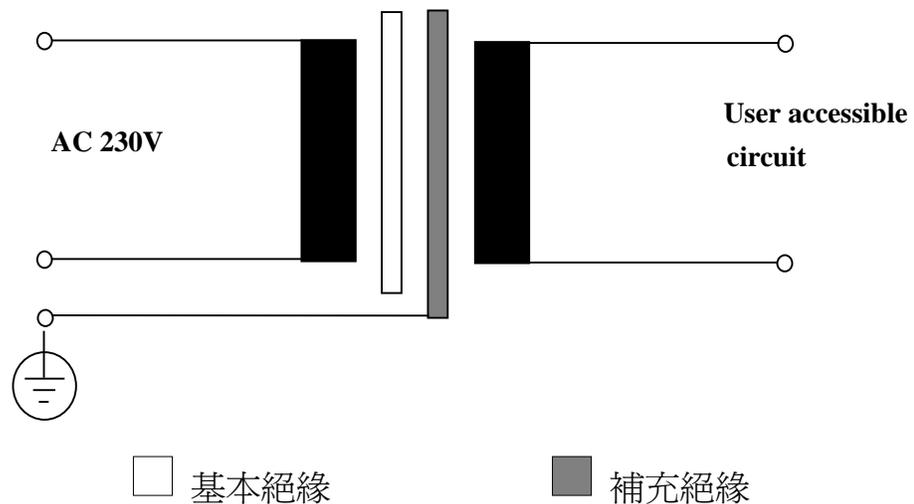
資料來源：台灣德國萊因技術監護顧問有限公司

3. 工作電壓的量測及印刷電路板的佈線的相關規定

對電子工程師而言；印刷電路板的佈線是非常重要的環，在安全的要求上，也是常常被輕忽的，依照筆者個人的認證經驗，能夠一次就將印刷電路板的佈線作好，符合標準的規定的產品是很少見的，因此特別用些許篇幅來說明這方面的規定。

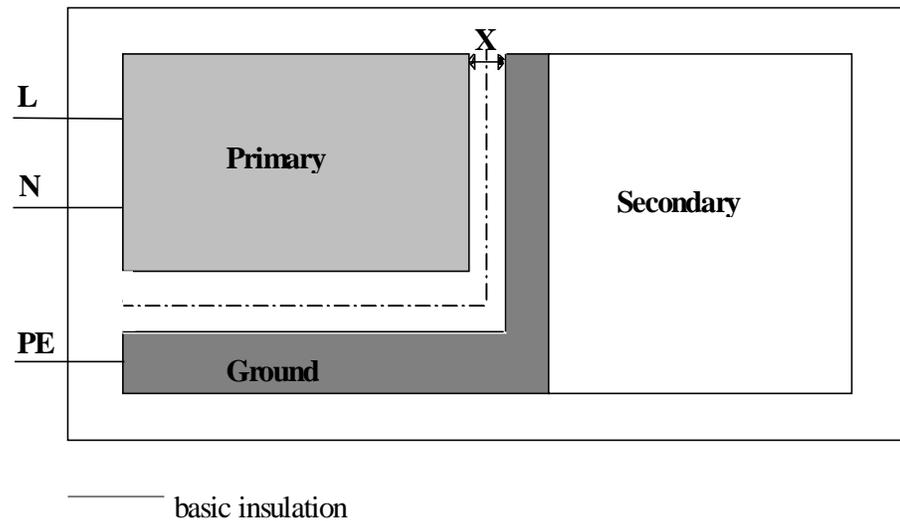
首先，回顧絕緣系統的要求及定義，一般而言介於具危險電壓零件（一次側電路）及接地之間須要基本絕緣，而介於一次側電路及可觸及的未接地導電零件之間，或浮接（floating）的 SELV 的電路之間，或 TNV 電路之間，則須要雙重或加強絕緣。下圖一是基本的線性變壓器，一次側電路直接接到電源 AC230V，二次側電路在正常工作狀態會被使用者所碰觸且為安全極低電壓，所以一次側電路與二次側電路間要求雙重或加強絕緣，但是圖中顯示一次側電路與二次側電路間被一接地的導體隔離，因此一次側電路與接地之間只要基本絕緣，而二次側電路與接地間只要功能絕緣即可。

圖一



根據上述，我們嘗試將圖一轉化為印刷電路板的佈線如下圖二，就可以更清楚的建立這個觀念，此種設計可以使印刷電路板的尺寸縮減。

圖二



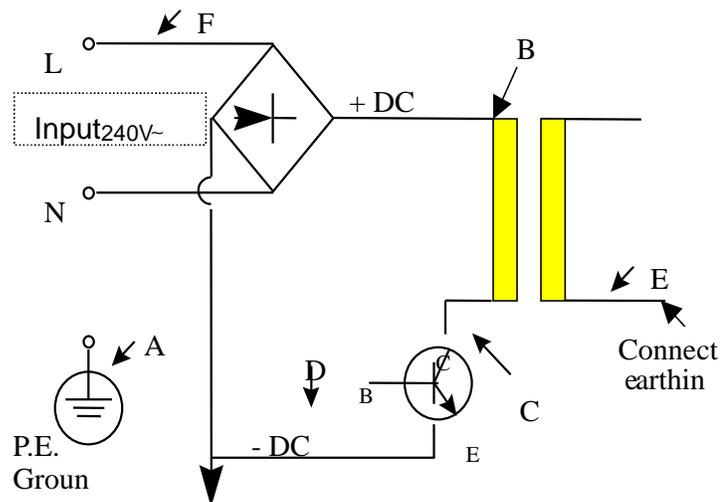
如何決定工作電壓 (Working Voltage)，基本上，我們須考量下列的因素，包括了儀器，電壓特性等，當吾人量測取得待測電路的工作電壓值，再根據標準查表取得空間距離 (clearance) 與沿面距離 (creepage distances) 之要求值，特別注意的是 IEC60950 及 IEC60065 的規定是有些許的差異，一般而言，設計者須採取較嚴格的值來設計：

- 量測儀器需有足夠之頻寬，以提供精確的量測值，如須測 r.m.s 值時，則量測儀器不論是測正弦波或非正弦波，均須提供 true r.m.s. 值；
- 量測 d.c. 電壓時，任何重疊漣波之峰值應包括在內；

- 非重覆性的突波不予考慮；
- 在決定空間距離（**clearance**）及電氣強度測試電壓時，**ELV** 或 **SELV** 電路的電壓應視為 **0**，但在決定沿面距離（**creepage distance**）時，則須按實際電壓計算；
- 可觸及的未接地導體零件應視為接地；
- 若變壓器之繞組或其它部份為浮接，則此處應視為接地，並因此而獲致最大的工作電壓；
- 在雙重絕緣處，橫跨基本絕緣的工作電壓值，應先將補充絕緣處短路視之，而得出之電壓值，反之亦然。變壓器繞組間的絕緣，則先將其中一個絕緣短路之，而在其它絕緣上有最高工作電壓產生；
- 變壓器兩繞組間的絕緣，其工作電壓應取兩繞組內任 **2** 點的最大電壓值，可能連接至此繞組之外加電壓，亦應包括在內；
- 變壓器繞組與其它零件間的絕緣，其工作電壓應取此繞組內任一點至其它零件之最大電壓值；
- 可取外電源的額定值（**nominal value**）
- 短時間的電壓情形不予考慮（例如 **TNV** 線路內的振鈴訊號）

走筆至此，為使讀者更清楚瞭解，特別舉一實際的量測例子來探討其應用。下圖三為一簡易的交換式電源供應器（switching power supply），我們使用示波器量測一次側電路與二次側電路間，或一次側電路與接地間的真真值電壓及重複性的最大峰值電壓；如表二所示，然後我們從 IEC60950 標準內表 2H、2J 及 2L，取得空間距離（clearance）與沿面距離（creepage distances）之要求值，如表三，從 IEC60065 標準內圖九，取得空間距離（clearance）與沿面距離（creepage distances）之要求值，如表四。

圖三



表二

TRUE RMS VOLTMETER			OSCILLOSCOPE		
Measured true Vrms values			Measured Vpeak values		
A-C	(Basic)	:265V	A-C	(Basic)	:400V
C-E	(Reinforced)	:234V	C-E	(Reinforced)	:375V
B-E	(Reinforced)	:295V	B-E	(Reinforced)	:485V
A-B	(Basic)	:259V	A-B	(Basic)	:390V
A-D	(Basic)	:240V	A-D	(Basic)	:377V
B-C	(Functional)	:133V	B-C	(Functional)	:455V
C-D	(Functional)	:355V	C-D	(Functional)	:450V
A-F	(Basic)	:240V	A-F	(Basic)	:340V

表三

trace	insulation	creepage distances (mm)	Clearances (mm)
A-C	(Basic)	3.2	2.0
C-E	(Reinforced)	5.0	4.0
B-E	(Reinforced)	6.4	4.0+0.2
A-B	(Basic)	3.2	2.0
A-D	(Basic)	2.5 *)	2.0
B-C	(Functional)	2.5 **)	1.5+0.1
C-D	(Functional)	4.0 **)	1.5+0.1
A-F	(Basic)	2.5	2.0

表四

trace	insulation	creepage distances (mm)	Clearances (mm)
A-C	(Basic)	3.0	3.0
C-E	(Reinforced)	6.0	6.0
B-E	(Reinforced)	6.0	6.0
A-B	(Basic)	3.0	3.0
A-D	(Basic)	3.0	3.0
B-C	(Functional)	--	--
C-D	(Functional)	--	--
A-F	(Basic)	3.0	3.0

從上述兩表所取得結論，若此交換式電源供應器要同時符合 IEC60950 及 IEC60065 時，則一次側電路與二次側電路間須至少有 6.4mm，而一次側電路與接地間須至少有 3.2mm。

4. 如何選用絕緣材質

在標準中，對於絕緣的方式，有兩種型式，一為”固態”或”硬式”絕緣物，且沿著該絕緣物表面；需具有足夠之厚度，沿面距離及空間距離。

在選用絕緣材質時，需考慮下列諸多因素：

- a.) 電氣強度
- b.) 耐熱強度
- c.) 機械強度

d.) 工作電壓之頻率

e.) 工作環境（如溫度、壓力、溼度及污染程度）

基本上，不能使用吸水性的材質；如天然橡膠具石綿物質者，不可做為絕緣物使用。吾人如何判斷所使用的絕緣物是否具吸水性，可經由濕度測試（**Humidity Test**）及電氣強度測試（**Electric Strength Test**）來判定。測試方法非常容易；將待測物放入恆溫恆濕箱（**Humidity Chamber**）內，溫度設定於 20°C 至 30°C 之間（溫度誤差在 1°C 內），相對濕度設定在 91%~95% 之間，48 小時之後，待測物仍置於箱中，並進行電氣強度測試，按其絕緣等級及工作電壓來決定測試電壓，在施以持續高壓 60 秒後，只要沒有絕緣崩潰情形，即判定符合要求，亦即此材質可認定為不具吸水性。注意電暈放電（**Corona discharge**）或是火花放電（**Flash-over**）不可視為絕緣崩潰。

5. 電容放電測試 – 最基本的電擊防護測試

一般產品的設計都會有一電源輸入插頭，而此插頭在從電源插座拔出時，裸露的導電插頭就暴露在使用者可碰觸的空間內，此時應避免使用者觸摸到該導電插頭而遭致產品內主電源電路水火線間的電容器放電，而產生電殛的危險。因此標準 **IEC60950** 要求電容器放電時間常數不可超過 1 秒，亦即插頭在從電源插座拔出 1 秒後，在插頭水火線間的電壓須降低至額定電壓的百分之三十七以下，若電容器之電容量小於 0.1uF 則毋須要求。

在實際的應用上，可使用一簡單的公式來計算放電時間常數，即

$$\text{放電時間常數} = \text{有效電容值 (}\mu\text{F)} \times \text{有效電阻值 (M}\Omega\text{)}$$

若難以決定有效電容值或有效電阻值時，則可以改用電壓衰減計算方法，此方法為當量測點之電壓衰減至原來的37%所需時間，即稱之為放電時間常數，當然，此值不可大於1秒。須注意的是，在決定放電時間常數時，電源開關"ON"及"OFF"的情形皆需考慮。

而標準 IEC60065 則要求電容器放電時間常數不可超過2秒，在插頭水火線間的電壓須降低至34Vpeak，並且此測試須重複做10次，結果都必須符合要求。

由於每期的篇幅有限，無法一次完成對於電器設計有關安全的所有規定，因此筆者將利用每一次的機會，擇要向讀者陸續介紹電氣設計及機構設計兩大方面的相關規定，也請諸方先進不吝指教。