

## 電磁干擾/相容(EMI/EMC)

電機設備和電子產品在使用過程中可能產生電磁輻射，以致干擾其他設備之正常運作，甚至影響人體健康。因此幾乎全球主要經濟體的國家已在過去二十年期間先後立法規範，要求任何產品所產生的電磁輻射必須符合電磁干擾/相容的法規標準，否則不准上市銷售。而近年來隨著無線通訊的快速發展，世界各國的法規標準日趨嚴格。由於現代的電子產品，功能越來越強大，操作速度越來越快，電子線路也越來越密集與複雜，電磁干擾(EMI)和電磁相容(EMC)問題變成了設計上的主要挑戰，因此除了對電路設計技術水準的要求越來越高外，目前也開始 PCB 與 IC 積體電路的 EMC 問題展開研究。一個好的電子產品，除了產品本身優異的功能外，高水準的電磁相容電路設計，對產品品質及技術性能指標都具有相當關鍵的影響力。電磁相容設計實際上就是針對電子產品中產生的電磁干擾進行最佳化設計，使之能成為符合各國或地區電磁相容標準的產品。

然而，以往解決EMC的問題往往是見樹不見林，也就是僅針對部分問題尋求抑制對策，而欠缺系統性的全面設計規畫，以至於無法有共通性的解決方案；因此解決電磁干擾/相容的問題需要學理與經驗的結合，且需要在設計電路或系統之初即以系統觀點考慮可能的電磁干擾/相容問題，更要事先進行原因分析(Root Cause Analysis: RCA)的評估，事後進行補救所花費的成本將更可觀。電磁干擾/相容的領域很廣泛，包括電力、電腦、通訊、控制、醫療設備、運輸電子、軍事設備、資訊科技、消費性電子、家用電器、訊號傳輸、材料特性、量測技術、屏蔽技術、生醫電磁現象(bio-electromagnetics)等。

目前在工作頻率越來越高的情況下，許多在低頻時問題不大的訊號完整度(SI)以及電磁干擾(EMI)問題是越來越嚴重。由於電路中的單位密度元件增加，造成電路走線引起的問題越來越多。舉例來說，印刷電路板上的微帶線在傳輸電子訊號時，由於電磁波會藉由介質向外傳播，而產生電磁輻射或耦合的現象，影響其他電子元件正常工作。過去在設計電路走線時，因為頻率較低，因此考慮的因素相對來說並不多，只要遵守一些基本原則就足夠應付了，但隨著傳輸速度增加，工作頻率上升，漸漸的已無法防止電磁效應所產生的干擾，因此從過去的單一傳輸訊號線之後，差模傳輸對也逐漸在一些產品上被採用，差模訊號的傳輸是利用兩大小相同相位相反的訊號同時傳輸，此時因為電流反向，磁場相互抵銷，造成破壞性干涉，因此能夠降低電磁干擾(EMI)。此外，早期探討電磁相容測試是在測試設備與設備或系統與系統間相互干擾，而隨著無線通訊的應用與日遽增與科技的日新月異，產品體積輕薄短小化且功能豐富多的狀況下，高速數位系統的設計都需附加愈來愈多的無線通訊技術；如在 Notebook 中加入 GSM、WLAN、GPS、Bluetooth、DVB-H.....等，在縮小的體積內建置更多的無線通訊模組與天線。目前我們發現不管是系統或元件(如模組、天線)，當這些系統或元件整合到數位無線通訊系統時，這些系統或元件間產生雜訊的干

擾可能會影響到其本身的傳輸性能，如 data rate 降低、傳輸距離變短等。此種無線通訊的 Platform Noise 觀念其實跟 EMC 是相同的，只是 Platform Noise 又是更嚴重的問題，因為很多意圖發射的元件或模組一起緊密建置於系統內時，在操作情況下，所需注意的焦點已經不單單只在設備與設備之間的 EMC 問題，更是演進到系統內模組與模組間的相容性測試與設計分析。

此外，隨著積體電路(IC)的功能越來越強、操作速度愈來愈快、應用愈來愈廣泛，使得目前資訊通訊與車輛產業在系統整合時所造成的電磁干擾問題也越來越嚴重，積體電路已成為電子系統之整體電磁干擾能量的重要來源，一般而言，解決 EMC 的問題越往源頭越容易解決，而且解決的成本亦較低，因此除了在設計初期即進行模擬分析外，EMC 技術發展的趨勢將是由系統開始，而後逐漸朝模組與電路板設計方向的系統內干擾問題研究，未來則無可置疑地必須往晶片層級的設計與製程解決 EMC 的問題，產業界將導入晶片層級之 EMC 限制值概念，研究其對模組與系統之 EMC 效應影響以及管制機制。以期能夠提昇產業界解決 EMC、PI、SI 等迫切問題的技術與能力，建立完整的 EMC 設計規範與量測技術，並培養國內產業界在奈米時代之 IC 設計與產品差異性設計時所需的相關專業人才。從系統層面到晶片所遭遇之 EMC 問題列舉相關的研究課題如下：

## 1. 車輛電磁干擾/相容 (Automotive EMI/EMC)

車用電子通訊設備日漸普及，寬頻時代的定位、天線、安全、多媒體、娛樂、電子收費、遠距離醫療等高科技的電子產品都可能成為車內配備。多種電子產品集中在狹小空間裡，彼此間容易產生電磁干擾，而可能衍生之行車安全問題更是各國交通主管單位與大車廠所關注的問題，因此 ISO 11451 及 ISO 11452 等系列標準及制定出從整車到電子控制模組(ECU)的 EMC 標準，值得投入研究。例如火星塞引燃的突波(Surge)及馬達運轉時產生之反電動勢(back EMF)暫態波形對車內電子通訊設備(如音響、收音機等)的電磁干擾、天線所發射的電磁波對車內電子通訊設備的電磁干擾、電子通訊設備間的相互電磁干擾、雷突波(LEMP)對車內電子通訊設備的電磁干擾都是研究的課題，尤其目前我國及世界各國正積極發展電動車輛及相關汽車電子產業，更需投入相關之研究與設計技術，其中汽車電子的未來趨勢將是朝向安全車輛(先進式安全汽車 ASV；線控剎車、駕駛、以及汽閥)、智慧型車輛(車內網路、ITS、Telematics、與短距通訊 DSRC)、綠能車輛(EV、HEV、FCEV)發展，因此在高速數位電子與低驅動電力的複雜動力組合架構下，車輛之電磁相容設計與驗測技術將面臨新的挑戰。

## 2. 無線通信系統干擾/相容 (Wireless Communications EMI/EMC)

現代電子產品功能整合越來越強大，操作速度越來越快且強調無線上網與通信的能力，而內部的數位電子線路也越來越密集與複雜，因此除了傳統的電磁干擾和電磁相容問題變成了高速數位電路設計上的主要挑戰，對電路性能設計技術水準的要求越來越高外，目前也開始朝系統內干擾(Intra-system)問題展開研究，

因為它將會直接導致無線通信傳輸性能劣化的 Platform Noise 問題。一個好的數位無線通信電子產品，除了產品本身優異的功能外，高水準的電磁相容電路設計，對產品品質及技術性能指標都具有相當關鍵的影響力。Platform Noise 設計實際上就是針對數位無線通信產品內部電磁相容產生的電磁干擾進行系統最佳化設計，使之能成為符合各主要廠商(如: Nokia、Motorola、SONY ERICSON、Dell ... 等)對於其無線通信系統高靈敏度(sensitivity)要求的產品。早期探討電磁相容測試是在測試設備與設備或系統與系統間相互干擾，而隨著無線通訊的應用與日遽增與科技的日新月異，產品體積輕薄短小化且功能豐富多的狀況下，高速數位系統的設計都需附加愈來愈多的無線通訊技術；如在 Notebook 中加入 GSM、WLAN、GPS、Blue tooth、DVB-H.....等，在縮小的體積內建置更多的無線通訊模組與天線。目前我們發現不管是系統或元件(如模組、天線)，當這些系統或元件整合到數位無線通訊系統時，這些系統或元件間產生雜訊的干擾可能會影響到其本身的傳輸性能，如 data rate 降低、傳輸距離變短等。此種無線通訊的 Platform Noise 觀念其實跟 EMC 是相同的，只是 Platform Noise 又是更嚴重的問題，因為很多意圖發射的元件或模組一起緊密建置於系統內時，在操作情況下，所需注意的焦點已經不單單只在設備與設備之間的 EMC 問題，更是演進到系統內模組與模組間的相容性測試，而因應此趨勢，電磁相容設計與驗證已經逐漸從電子設備或系統設計的重心轉移到模組與積體電路元件(SOC)上，並必須投入系統整合設計之 EMC 研究。

### **3. 印刷電路板的電磁干擾/相容 (EMI/EMC in PCB)**

隨著電子產品操作頻段不斷的提高，印刷電路板的電磁干擾問題越來越嚴重。印刷電路板在設計之初通過電磁干擾/相容檢驗，在裝機整合過程後，可能無法通過檢驗或無法運作。這類問題牽涉到元件擺置、導線佈置、接地系統設計、輻射干擾訊號的壓制等，都是值得探討的課題。

### **4. 積體電路系統與封裝的電磁干擾/相容 (EMI/EMC in SoC, SiP and Package)**

鑑於近年來半導體製程技術之演進相當快速，在晶圓廠與設計公司進入奈米時代，其所設計的電路參數變化效應也已進入到影響晶片效能的時代，然而這些進步卻衍生如Signal Integrity與 EMC等相關的問題，使得系統晶片在實現整合混合信號(mixed-signal)功能與高速I/O介面時將更加困難，同時由於低電壓製程技術的普及，使得系統與晶片層級的電源完整性(PI)與ESD問題亦亟待解決。電子通訊產品的硬體整合往系統晶片(SoC)及系統封裝(SiP)的方向發展，包括整合天線在晶片或封裝內部。電磁干擾/相容問題是射頻積體電路(RFIC)或單晶微波積體電路(MMIC)與基頻處理器共設計過程的重要議題，值得研究。

### **5. 暫態電磁干擾/相容 (Transient EMI/EMC)**

通訊、雷達、智慧型車輛、醫療等系統均裝配許多高靈敏度的電子儀器設備，易受到暫態感應電流的干擾。這些電子通訊系統內有很多IC零件，如果沒有適當的保護措施，很容易造成誤動作、暫時性甚至永久性的損壞。引起設備損壞的暫態電磁干擾源包括雷突波 (LEMP)、靜電放電 (ESD)、核爆脈衝波(NEMP)、電流突波 (Surge)等，值得研究。

## 6. 天線隔離度解決方案

隨著無線通訊產品之縮小化與通訊頻帶整合之需求，多頻或寬頻天線設計是必然的趨勢，也因此在同一產品內，有包含多支天線的需求，如何增加多天線之間隔離度的問題，以避免個無線系統間之非意圖輻射耦合(如：spurious emission)問題，都值得研究。相關的研究課題包括：多饋入(multi-port)天線的設計，同時滿足數個無線通訊系統的輸出入需求並且不互相干擾、多天線之間的隔離度以及MIMO天線間之隔離度對信號傳輸影響的研究分析、天線間去耦合的電路設計...等等，均為重要的研究主題。

## 7. 屏蔽材料 (Shielding materials)

利用材料的特性將電子通訊系統內元件與元件間或元件與子系統間的電磁場隔離，一則防止電磁波向外輻射造成干擾，一則抑制外來的電磁波干擾內部的電子通訊系統。屏蔽材料的研究課題包括材料的電磁特性分析、材料結構形狀的研究、材料厚度的影響等。例如開發船艦、飛機上的吸波漆材以降低船艦、飛機的雷達截面積、防高頻電磁波的衣料開發等，尤其是造價極高之電波無反射室之建造應用，在在均廣泛使用相容性的屏蔽與吸波材料，此一領域已經廣受微波領域的重視，未來更應積極發展寬頻材料之設計與特性量測技術。

## 8. 電磁干擾/相容量測技術 (EMI/EMC test and measurement techniques)

電磁干擾/相容量測是否準確取決於量測環境是否合格、量測儀器是否標準、量測儀器與待測物間的電磁耦合效應是否排除、人為的操作程序是否正確等諸多因素。許多既有的電磁干擾/相容的量測程序、環境、儀器等均有標準規範或國際認證。新的電子通訊產品不斷的推出，部份量測技術尚未訂定標準規範或必須修訂，如何設計一套恰當的量測技術值得研究。

## 9. 模型化及模擬技術 (Modeling and Simulation)

值得研究的課題包括建立輸入/輸出緩衝器資訊規格(IBIS)模型以及互連線路(Interconnects)的等效電路模型，發展計算電磁方法等，藉由模擬技術探討訊號/電源完整性(SI/PI)與電磁干擾/相容之間的關聯性，並能有效應用於各項從元件、模組、電路板、一直到完整系統之電磁干擾/相容議題的預測與防範分析上。

## 參考文獻

- [10.1] Sreenivas Ranganathan, *et al*, “An expert system architecture to detect system-level automotive EMC problems”, *IEEE 2002*, p. 976-
- [10.2] Mohamed Ramdani, *et al*, “The electromagnetic compatibility of integrated circuits — past, present, and future”, *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 51, no. 1, pp. 78-100, Feb 2009.