

智慧車電 PCBA 訊號完整性模擬研究與探討

車輛中心 環能與車電工程處 李沛錦

隨著汽車電子化與智慧化發展，其系統的複雜度及功能需求與日俱增。因此，現今汽車電子系統通常會採用多層印刷電路板 (Printed Circuit Board , PCB) 進行設計，以滿足複雜的電路需求。然而，因多層 PCB 電路中的訊號傳輸路徑複雜度增加，往往會導致訊號在傳輸的過程中，在其訊號完整性(Signal Integrity , SI) 方面產生問題。何謂訊號完整性呢？訊號完整性係指電子系統中，訊號從發送端到接收端能夠保持其原始形態和品質的能力，其包括訊號的幅度、相位、頻率等特性不受干擾或失真。倘若電子系統發生訊號完整性問題時，多半會導致數據錯誤、系統不穩定甚或是硬體的損壞，這些情況對於汽車電子系統來說，將有可能會影響到汽車的安全性和可靠性。有鑑於此，汽車電子產品在電路設計開發初期利用電腦輔助工程分析技術 (Computer Aided Engineering , CAE) 進行 PCBA 之訊號完整性模擬與對策，確有其重要性。

針對訊號完整性之模擬分析，大多會針對 S 參數 (S Parameters)、特性阻抗 (Impedance)、串擾 (Crosstalk) 及眼圖 (Eye Diagram) 等進行模擬探討。在 S 參數模擬方面，其主要可以模擬訊號在待測線路上的傳輸情形，並透過模擬所得之反射損失 (Return Loss, S_{11}) 及饋入損失 (Insertion Loss, S_{21}) 特性結果，進而評估訊號在工作頻率下之傳遞特性，以期避免訊號在傳輸路徑上不必要的損失。一般而言，反射損失 (S_{11}) 表示訊號在輸入端的反射情況，若有較多的訊號被反射回來，這可能會導致訊號失真；饋入損失 (S_{21}) 則表示訊號從輸入端傳輸到輸出端的損失情況，若饋入損失較大即代表訊號在傳輸過程中有較大的衰減。S 參數之相關模擬結果，如圖 1 所示。在特性阻抗模擬方面，其主要在確認線路中的阻抗 (Z_0) 是否匹配。特性阻抗之相關模擬結果，如圖 2 所示。倘若阻抗超過匹配所須的允許值時，其所傳輸的訊號將有可能會出現反射、色散、衰減或延遲等問題，嚴重時甚至會傳輸錯誤的訊號進而導致功能失效。

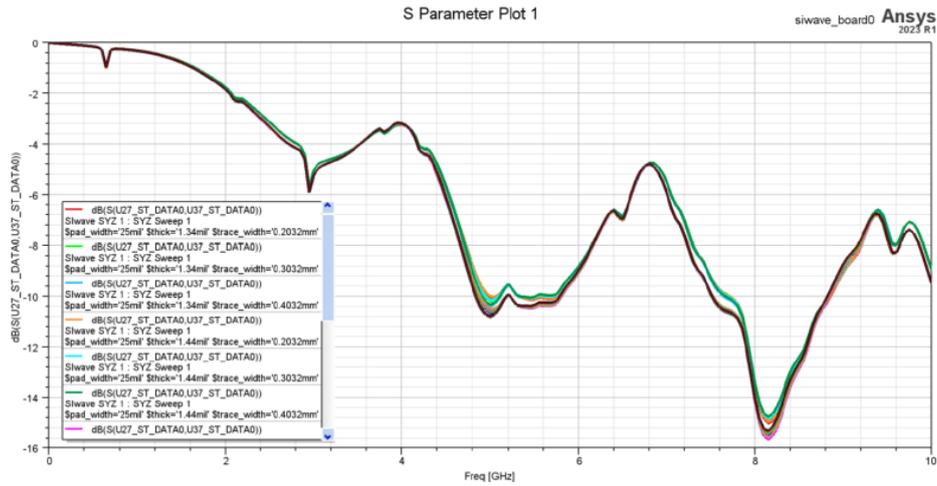


圖 1. S 參數模擬結果示意圖

資料來源：ANSYS Inc.，車輛中心整理

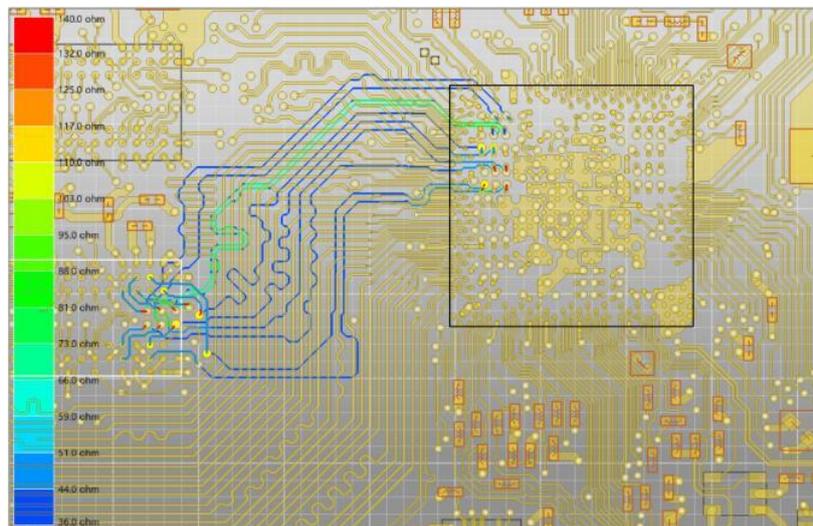


圖 2. 特性阻抗模擬結果示意圖

資料來源：ANSYS Inc.，車輛中心整理

串擾是由於線路間的耦合引發訊號和雜訊等的傳播，亦稱之「串音干擾」。兩條平行的傳輸線會因為存在於線路間的寄生電容和互感而引發干擾。在串擾模擬方面，其可透過頻域或時域的方式進行計算出相關線路之近端串擾係數 (Near End Crosstalk Coefficient, NEXT)及遠端串擾係數(Far End Crosstalk Coefficient · FEXT)，以有效地評估不同線路之間的訊號耦合現象，如圖 3 所示。此項模擬分析將有助於檢視線路之間互相干擾的情形，從而優化 PCB 線路佈局設計。

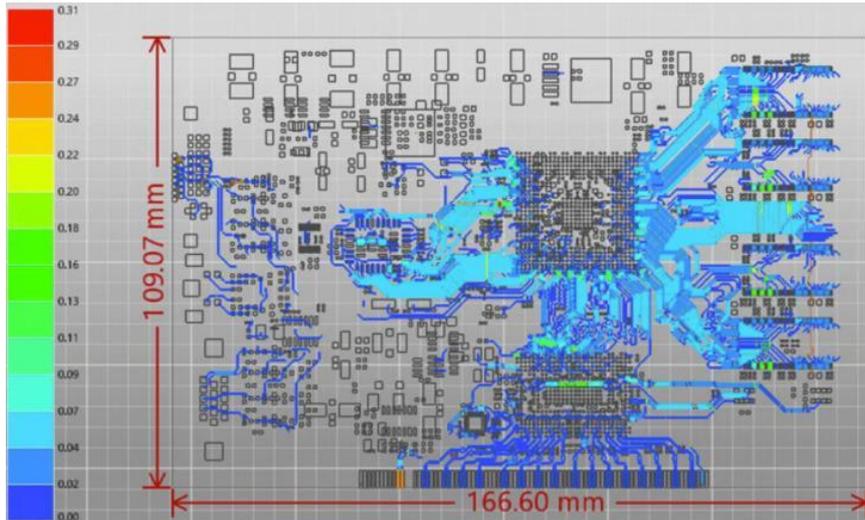


圖 3. 串擾模擬結果示意圖

資料來源：Ozen Engineering, Inc. · 車輛中心整理

眼圖是電信系統的一種示波器顯示，其主要顯示接收器上的數位訊號，而以資料速度來觸發水平的更新，在許多不同的編碼系統下 (如 000, 001, 010, 011, 100, ... 等)，眼圖看起來會像幾個並排在一起的眼睛，而因此得名，如圖 4 所示。透過眼圖模擬可看出系統的性能和問題，例如抖動 (Jitter)、過衝 (overshoot) 或是下衝 (undershoot) 等。若眼圖模擬所得之眼睛部分越大，表示訊號失真的振幅越小；若因雜訊或符碼間干擾造成的訊號失真，會使眼圖的眼睛部分變小。透過眼圖模擬技術，可快速地評估線路訊號傳輸的品質，進而及早發現和解決潛在的訊號完整性問題，如圖 5 所示。

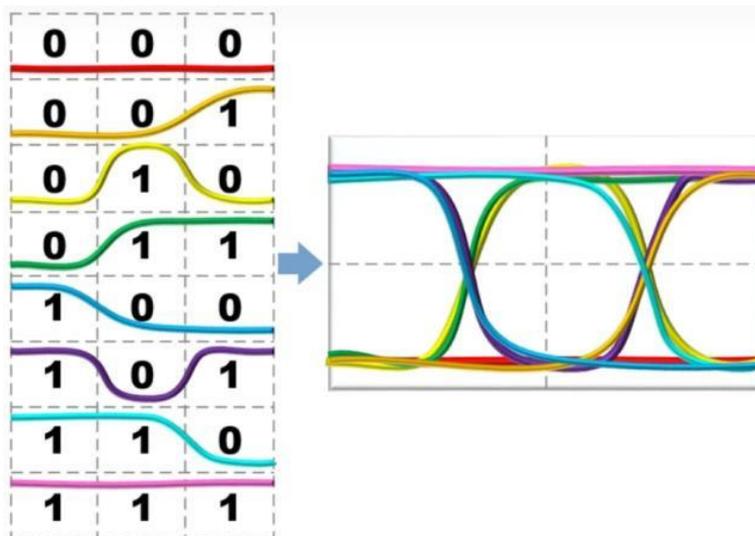


圖 4. 眼圖形成原理示意圖

資料來源：電子工程世界，車輛中心整理

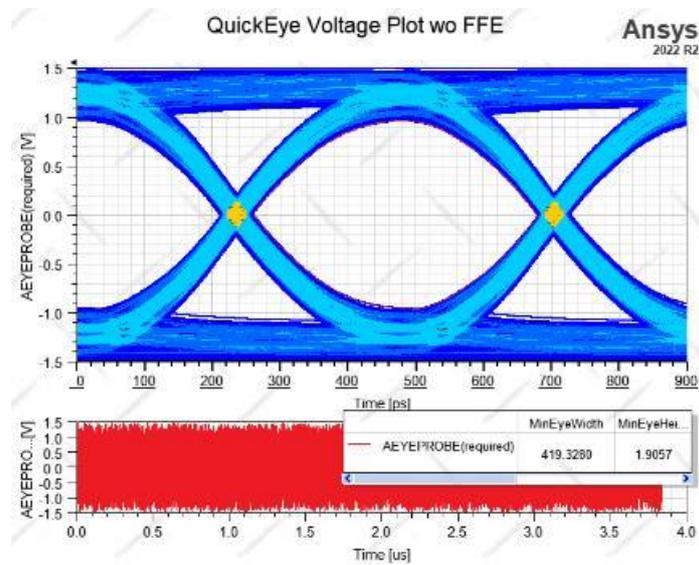


圖 5. 眼圖模擬結果示意圖

資料來源：網際星空，車輛中心整理

車輛中心 (ARTC) 已完成智慧車電 PCBA 訊號完整性模擬技術建立，日後可對於國內智慧車電業者提供技術輔導與產業服務。倘若需要進一步瞭解相關內容細節，歡迎洽詢車輛中心 / 環能與車電工程處 / 工程分析中心 / 李沛錦副工程師。
電話：04-7811222 分機 3325 / E-mail：raisa@artc.org.tw