EMI กับ IC เทคโนโลยี

แปลและเรียบเรียงโดย
นาวาเอก มิ่ง อิ่มวิทยา

การเกิด EMI

Electromagnetic Interference (EMI) เกิดขึ้นเมื่อมีการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ โดยเป็นไปตามกฎของ Faraday ตามปรกติวงจรไฟฟ้าได้มีการป้องกันและลด EMI ด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน เช่น การกรอง (Filtering) และการกั้น (Blocking) ซึ่งสามารถกระทำได้ทั้งในวงจรหรือที่อุปกรณ์เชื่อมต่อกับระบบนั้น ๆ EMI ที่เกิดจาก Printed Circuit Board (PCB) สามารถควบคุมได้จากค่าของ Capacitance และ Inductance ที่เกิดขึ้นจากลายวงจรในชั้นต่าง ๆ ของ PCB

เมื่อ IC มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก Low-to-high หรือ High-to-low สิ่งที่แฝงอยู่จากการเปลี่ยนแปลงสถานะเมื่อมีความถี่สูง ๆ คือ Harmonics ของ Frequency Spectrum ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อ Bandwidth ของคลื่น EMI ที่แพร่กระจายออกมา โดยจะมีสิ่งที่เป็นตัวการสำคัญคือช่วงเวลา Rise Time ของการเปลี่ยนแปลงสถานะตามการคำนวณจากสูตร

$$F = 0.35/TR$$

เมื่อ F คือความถี่ของ EMI emission bandwidth (GHz) และ Tr คือช่วงเวลา Rise Time หรือ Fall Time ของการเปลี่ยนแปลงสถานะ (Nanoseconds)

การเปลี่ยนแปลงสถานะของ IC ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้จะมีสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นตามความถี่ที่คำนวณได้จากข้างต้น นอกจากนี้ความเข้มข้นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่แพร่กระจายออกไปจาก PCB ยังขึ้นอยู่กับค่า Capacitance และ Inductance ของลายวงจรภายใน PCB รวมทั้งการกำหนดจุดเชื่อมต่อสัญญาณที่ไม่เหมาะสมหรือไม่สมดุลย์ใน PCB จะทำให้ค่า EMI สูงขึ้นอีกด้วย

ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้มีการแพร่กระจายของ EMI คือ การเกิด Voltage Transients ในส่วนของ Power Bus สาเหตุที่เกิดเนื่องจากการที่ IC มีการเปลี่ยนสถานะของ Output ทำให้ดึงกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งจาก Power Bus ด้วยความถี่ที่สูงมาก เราสามารถคำนวณ Voltage Transients ได้จาก

$$V = L\frac{di}{dt}$$

โดยที่ L = ค่า Inductance ของตัวนำที่กระแสไหลผ่าน
di = การเปลี่ยนแปลงของกระแสในช่วง Rise Time
dt = ช่วงเวลา Rise Time

การควบคุม EMI ใน IC

IC ทำจากชิ้นส่วนเล็ก ๆ ของสารซิลิกอนที่มีการกระตุ้นให้ทำงานตามค่าของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้มัน ชิ้นส่วนของสารซิลิกอนเหล่านี้ถูกวางไว้บนแผ่น PCB เล็ก ๆ ภายใน IC และใช้การหล่อพลาสติกหุ้มเพื่อให้เป็นรูปร่างตัวถัง (Package) ของ IC ตามที่กำหนด การวางชิ้นส่วนของสารซิลิกอนบน PCB มีวิธีการเชื่อมต่อสัญญาณได้ ๒ วิธีคือ การใช้ Bond Wire และการสัมผัสโดยตรง โดยมีค่าของ Coefficient of Thermal Expansion (CTE) ของซิลิกอนและ PCB รวมทั้งค่า Inductance ของ Bond Wire เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาประกอบ

การใช้ Bond Wire คือการใช้เส้นตัวนำขนาดเล็กมากมาเชื่อมต่อระหว่างจุดในชิ้นซิลิกอนและ PCB โดยใช้กาวเป็นตัวยึด ค่า Inductance ใน Bond Wire จะทำให้เกิด EMI ได้เช่นกัน ในส่วนของการสัมผัสโดยตรง จะมีปัญหาเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายใน IC ทำให้สสารทั้งสองชนิดที่มีค่า CTE ต่างกันเกิดการขยายตัวไม่เท่ากัน มีผลให้จุดสัมผัสไม่เชื่อมต่อกัน ซึ่งอาจทำให้ IC หยุดการทำงานได้ ดังนั้น วิธีการนี้น่าจะเหมาะสมมากที่สุด หากเราสามารถหาสสารที่ใช้ทำ PCB ที่มีค่า CTE น้อยที่สุด

การกำหนดสัญญาณและไฟเลี้ยงให้กับ pin ของ IC ก็มีส่วนสำหรับการเกิดค่า Inductance และ Capacitance เช่นกัน โดยหลักการแล้วการออกแบบ IC ในระหว่างคู่สัญญาณหรือคู่ไฟเลี้ยงต้องทำให้มีค่า Inductance ต่ำ และค่า Capacitance สูง กฎทั่ว ๆ ไปคือ จะต้องมีการกำหนด Power Pin และ Ground Pin ให้เป็นคู่กันเสมอและควรอยู่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งการกำหนด Pin ในกลุ่มของ Signal Pins ไม่ควรเกิน 8 Pins ต่อกลุ่ม และควรให้มี Return Pin ของแต่ละกลุ่มอยู่ตรงกลางของกลุ่มนั้น ๆ

ส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการควบคุม EMI ใน IC ก็คือจำนวน Layer ของ PCB ที่ใช้ภายใน IC ตามปรกติแล้วจะมีค่า Impedance Plane เกิดขึ้นในระหว่าง Layer ต่าง ๆ โดยทั่ว ๆ ไปการออกแบบ PCB ด้วยจำนวน 4 Layers จะทำให้ในระหว่าง Plane ของ Layer มีค่า Inductance ต่ำ และค่า Capacitance สูง ซึ่งจะทำให้ค่าของ Impedance Plane ลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าของ EMI เนื่องจาก Voltage Transient ใน Power Bus มีค่าลดลงด้วย

EMI ยังเกิดขึ้นได้จากระบบการจ่ายไฟเลี้ยงภายในตัว IC เรียกว่า Power System Decoupling ซึ่งจะต้องทำให้มี Voltage Drop ใน Power Bus น้อยที่สุด เรามีวิธีการควบคุมคือการใส่ Decoupling Capacitor บน PCB ใน IC นั้น ๆ

การ Reflect ของสัญญาณใน Transmission Line ใน IC มีส่วนทำให้เกิด EMI ด้วยเช่นกัน ดังนั้น จะต้องพิจารณาการใช้ Terminator กับ Transmission Line ที่เหมาะสมเพื่อลดการ Reflect ของสัญญาณ เพื่อทำให้ EMI ลดลง

การพิจารณาเลือก IC

จุดหลัก ๆ ในการพิจารณาเลือก IC มาใช้งานในระบบ เพื่อให้เกิด EMI ในวงจรน้อยที่สุด สามารถพิจารณาจากลักษณะ Package ของ IC ได้ดังนี้

- มีจำนวนอุปกรณ์ Surface mount (SMT) บน IC ที่ไม่มากนัก
- มี Power Plane และ Ground Plane ใน Layer ของ PCB
- ใช้การสัมผัสโดยตรงระหว่างซิลิกอนกับ PCB
- มีการกำหนด Pin ไฟเลี้ยงเป็นคู่ และมีหลายคู่
- มี Ground Pin ที่เหมาะสมหรือสัมพันธ์กับ Signal Pin
- ในส่วนของ Clock Signal Pin มีการ Ground อย่างถูกต้อง
- เลือก IC ที่มีการใช้ Vcc ค่าต่ำ ๆ
- มี High Frequency Decoupling Capacitor อยู่ภายใน IC
- มีการใช้ Terminator ทั้งด้านสัญญาณ Input และ Output
- มีการควบคุม Slew Rate ของสัญญาณ Outputs

คุณลักษณะต่าง ๆ ของ IC เหล่านี้จะบอกเอาไว้ใน Data Sheet ของบริษัทผู้ผลิตที่เราสามารถจะตรวจสอบได้ วิธีการที่ใช้ในการพิจารณาโดยทั่วไปคือ พยายามหา IC ที่มีค่า Rise Time มากที่สุดเท่าที่จะเหมาะสมกับระบบที่เราออกแบบ

เอกสารอ้างอิง

Hartley, Rick **Electromagnetic Interference vs. IC Technology,** Electronics Engineering Times, July 1-15, 2001, p.42 p.52-53.