

Áp dụng các công cụ mô phỏng và phân tích TRONG THIẾT KẾ MẠCH IN PCB TỐC ĐỘ CAO

PHÙNG VĂN HÀ - Công ty TNHH Allypark công nghiệp

CHỦ QUÝ DƯƠNG - Vụ Trang thiết bị và Công trình y tế, Bộ Y tế

Với việc áp dụng các phần mềm mô phỏng hiện đại và khả năng phân tích tích hợp tín hiệu ở giai đoạn thiết kế mạch, các nhà khoa học thuộc Công ty TNHH Allypark công nghiệp đã thiết kế thành công bảng mạch in PCB tốc độ cao. Từ đó, chế tạo thành công các thiết bị đầu cuối dành cho mạng GPON (Gigabit Passive Optical Network), góp phần vào việc nghiên cứu chế tạo các thiết bị xử lý và truyền dẫn tốc độ cao, băng thông rộng, đáp ứng nhu cầu của các dịch vụ viễn thông trong nước và hướng tới xuất khẩu.

Bài báo đề cập đến việc áp dụng phương pháp mô phỏng và phân tích trong thiết kế mạch in PCB tốc độ cao, đảm bảo một trong các yêu cầu tích hợp tín hiệu chính, đó là giảm phản hồi tín hiệu.

Mở đầu

Theo lý thuyết, khi một đường truyền dẫn dài vô hạn, một tín hiệu truyền trên nó từ nguồn tới đích sẽ không có bất kỳ tín hiệu phản hồi (phản xạ) nào. Tuy nhiên, thực tế các đường truyền dẫn luôn là hữu hạn và có độ dài nhất định, khi đó một tín hiệu truyền trên nó từ nguồn tới đích sẽ xuất hiện tín hiệu phản hồi (có thể cùng pha hoặc lệch pha với tín hiệu truyền dẫn), gây ra suy giảm và phá hỏng tín hiệu thu được tại đích. Việc phân tích các nguyên nhân hình thành phản hồi và mô phỏng để tìm ra cách khắc phục là đặc biệt quan trọng trong thiết kế các bảng mạch tốc độ cao và rất cao.



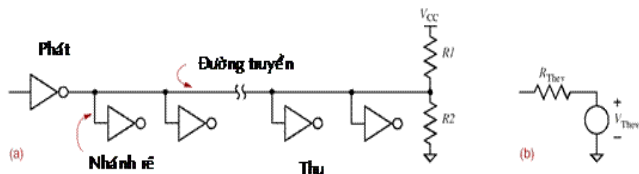
Đối với các tín hiệu truyền dẫn tốc độ cao (độ rộng xung rất nhỏ), hiện tượng phản hồi càng thể hiện rõ ảnh hưởng của nó đến chất lượng tín hiệu. Việc chọn ra một phương án tối ưu giảm phản hồi tín hiệu trong truyền dẫn tốc độ cao sẽ gặp rất nhiều khó khăn nếu không có sự hỗ trợ của các công cụ mô phỏng và phân tích. Hiện nay, với sự trợ giúp của các phần mềm mô phỏng tiêu chuẩn công nghiệp như HyperLynx (hãng MentorGraphics), CST PCB STUDIO (hãng Computer Simulation Technology), SPICE (hãng National Instruments)..., những khó khăn, thách thức này đã được giải quyết ở giai đoạn trước khi chế tạo bảng mạch in (Printed Circuit

Board - PCB). Với khả năng phân tích tích hợp tín hiệu (Signal Integrity - SI) ở giai đoạn thiết kế mạch, các công cụ này giúp cho người thiết kế có thể “nhìn sâu” hơn vào quá trình truyền dẫn các tín hiệu tốc độ cao và phát hiện được trước các vấn đề sẽ làm suy giảm chất lượng tín hiệu, từ đó đưa ra các điều chỉnh thích hợp ngay từ khâu thiết kế. Bài báo đề cập đến việc áp dụng phương pháp mô phỏng và phân tích trong thiết kế mạch in PCB tốc độ cao, sử dụng phần mềm HyperLynx để đảm bảo một trong các yêu cầu tích hợp tín hiệu chính: giảm phản hồi tín hiệu.

Phương pháp phân tích và mô phỏng để giảm phản hồi tín hiệu

Nhiều phân tích lý thuyết và thực nghiệm đã chỉ ra rằng, các tín hiệu phản xạ có thể được triệt tiêu bằng cách kết thúc đường truyền dẫn với trở kháng đặc trưng của nó. Có 2 phương pháp được sử dụng phổ biến: kết thúc kiểu Thevenin và kết thúc kiểu nguồn (source termination) hay còn gọi là kết thúc nối tiếp.

Kết thúc kiểu Thevenin: một cặp điện trở được đặt tại đầu cuối của đường truyền dẫn như hình 1(a), mạch tương đương của nó như hình 1(b).

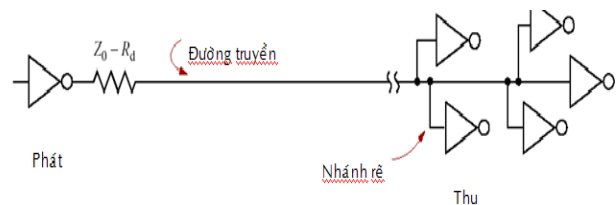


Hình 1: (a) kết thúc kiểu Thevenin; (b) mạch tương đương

Trong đó, một số yếu tố cần được xem xét khi chọn các giá trị điện trở R1, R2 cho kiểu kết thúc này. Đầu tiên là trở kháng tương đương Thevenin R_{Thev} (trở kháng của tổ hợp song song 2 điện trở $R1//R2$) nên bằng hoặc gần bằng trở kháng đặc trưng của đường truyền dẫn Z_0 . Bên cạnh đó, điện áp tương đương Thevenin V_{Thev} có thể được chọn để tối ưu yêu cầu về dòng của cổng điều khiển (driving gate). Đối với các tín hiệu 3 trạng thái, điện áp tương đương Thevenin V_{Thev} có thể được chọn để tạo ra một mức logic hợp lệ khi tín hiệu không được điều khiển. Điều này đặc biệt quan trọng trong trường hợp chọn một điện áp để không gây ngưỡng chuyển mạch của đầu nhận dẫn đến quá dòng hoặc bị dao động. Các giá trị điện trở cuối cùng nên được

chọn để phù hợp với các giá trị tiêu chuẩn như 150 Ω , 220 Ω , 270 Ω , 330 Ω , 390 Ω , 470 Ω ... Với kết thúc kiểu Thevenin tốt, tại cuối đường truyền dẫn sẽ có rất ít hoặc không có phản xạ xảy ra. Tuy nhiên, kết thúc này sẽ gây ra tiêu thụ dòng DC liên tục tại đầu cuối và yêu cầu phải có cổng điều khiển tạo ra dòng lớn.

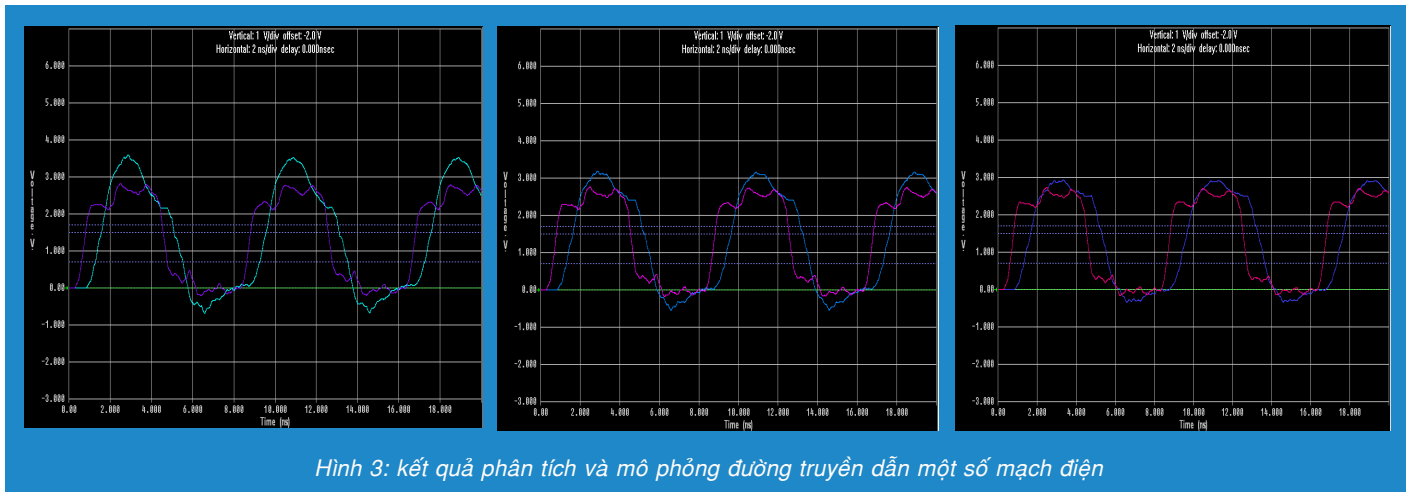
Kết thúc kiểu nối tiếp: kiểu kết thúc này (hình 2) khắc phục được các nhược điểm nêu trên của kết thúc kiểu Thevenin. Một điện trở có giá trị bằng $Z_0 - R_d$ (trở kháng ra điển hình của bộ phát) được đặt nối tiếp trên đầu ra và đặt gần đầu ra về mặt vật lý.



Hình 2: kết thúc kiểu nối tiếp

Kết thúc kiểu nối tiếp làm việc tốt với các cổng phát có trở kháng ra trong các trạng thái logic thấp và cao gần bằng với các mục đích thực tế (ví dụ, các cổng phát được chế tạo theo công nghệ CMOS). Các thiết kế điển hình sử dụng các giá trị điện trở nối tiếp từ 15 tới 40 Ω cho các đường truyền dẫn có trở kháng từ 50 tới 100 Ω . Để mô phỏng và phân tích phản hồi tín hiệu của đường truyền dẫn trên bảng mạch in PCB, cần tiến hành theo các bước sau: *bước 1:* xác định các IC sẽ được sử dụng trong thiết kế, từ đó liên lạc với nhà sản xuất để được cung cấp các mô hình xác định thông tin bộ đệm vào/ra (Input/Output Buffer Information Specification - IBIS) của IC đó; *bước 2:* từ thiết kế nguyên lý của mạch điện sử dụng các IC, xác định các mô hình đường truyền dẫn sẽ được sử dụng với mỗi loại chân IC; *bước 3:* với mỗi mô hình đường truyền dẫn, xác định sơ bộ các yêu cầu tham số như trở kháng đường truyền, độ dài đường truyền, độ rộng đường truyền, và mức phản hồi tối đa; *bước 4:* xây dựng cấu hình phân lớp ban đầu; *bước 5:* tổng hợp các kết quả để hiệu chỉnh lần cuối thiết kế bảng mạch in PCB.

Hình 3 giới thiệu một số hình ảnh thể hiện kết quả phân tích và mô phỏng đường truyền dẫn một số mạch điện sau khi áp dụng các bước mô phỏng và phân tích nêu trên.



Hình 3: kết quả phân tích và mô phỏng đường truyền dẫn một số mạch điện

Đây là những mô phỏng hiện tượng phản hồi của tín hiệu xung đồng hồ trong giao tiếp Gigabit Ethernet của chip truyền dẫn quang 2,5 Gb/s của PMC-Sierra, chạy tại tốc độ 125 MHz trên đường truyền dẫn đơn xấp xỉ $49,6 \Omega$, dài 3 inches khi không có kết thúc đường truyền dẫn và khi sử dụng kết thúc kiểu nối tiếp với 3 giá trị điện trở nối tiếp khác nhau. Phía cổng nhận là một chip FPGA của Xilinx. Mô phỏng được thực hiện trên mạch in 6 lớp có cấu trúc phân lớp. Điện áp cung cấp cho giao tiếp Gigabit Ethernet này là 2,5 V.

Từ kết quả mô phỏng nêu trên, có thể thấy rằng khi điện trở nối tiếp càng gần với trở kháng đường truyền thì tín hiệu càng tốt hơn, các điện áp undershoot (nhỏ hơn mức logic thấp) và overshoot (vượt mức logic cao) cũng giảm đi rõ rệt, các chuyển đổi từ logic thấp lên cao và ngược lại cũng mịn hơn vì các sóng phản xạ bị triệt tiêu nhiều hơn và nhanh hơn.

Kết luận

Như vậy, với sự trợ giúp của công cụ mô phỏng và phân tích phản hồi tín hiệu, người thiết kế có thể nhìn thấy trước các vấn đề gây suy giảm tín hiệu trong mạch in tốc độ cao. Từ đó, thực hiện các điều chỉnh thích hợp trước khi tiến tới giai đoạn chế tạo mạch in. Khả năng này giúp cho người thiết kế tiết kiệm rất nhiều thời gian và chi phí phát triển sản phẩm, giúp đưa sản phẩm ra thị trường một cách nhanh nhất.

Đề tài cấp nhà nước: “Nghiên cứu thiết kế và chế tạo thiết bị đầu cuối OLT (Optical Line Terminal) và ONT (Optical Network Terminal) dành cho mạng

GPON (Gigabit Passive Optical Network)” do Công ty TNHH Allypark công nghiệp thực hiện từ năm 2012-2014 đã áp dụng thành công các phương pháp phân tích và công cụ mô phỏng nêu trên trong việc thiết kế, chế tạo bảng mạch in PCB với tốc độ cao. Trên cơ sở đó, đã thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh 5 thiết bị OLT và 5 thiết bị ONT đáp ứng đầy đủ yêu cầu về chất lượng và truyền dẫn theo tiêu chuẩn ITU G.984, có tính thương mại hoá cao, phục vụ khách hàng là các thuê bao dịch vụ và các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông. Các thiết bị này có vai trò tương tự như các loại modem dial-up, ADSL và VDSL nhưng tốc độ cao hơn từ vài chục lần (so với VDSL) tới hàng nghìn lần (so với modem dial-up), tích hợp công nghệ truyền dẫn ưu việt và được sử dụng làm các thiết bị truyền dẫn trong mạng GPON. Các thiết bị OLT và ONT do Công ty TNHH Allypark công nghiệp sản xuất có tính năng tương đương với sản phẩm của các hãng như Alcatel-Lucent, Calix, Hitachi, NEC, Motorola, Ericsson, Nokia... nhưng có giá thành cạnh tranh. Cũng thông qua thực hiện đề tài, các cán bộ khoa học của Công ty TNHH Allypark công nghiệp đã làm chủ quy trình thiết kế, lắp ráp, thử nghiệm và phát triển phần mềm nhúng cho các thiết bị tốc độ rất cao, từ Gigabit trở nên, nhằm tiến tới chế tạo trong nước các thiết bị xử lý và truyền dẫn tốc độ cao hơn nữa, đáp ứng yêu cầu băng thông ngày càng rộng cho nhiều loại hình dịch vụ như Internet tốc độ cao, video theo yêu cầu (VOD), Pay TV, IPTV, VoIP, HD Movies, Home Theatre...✍