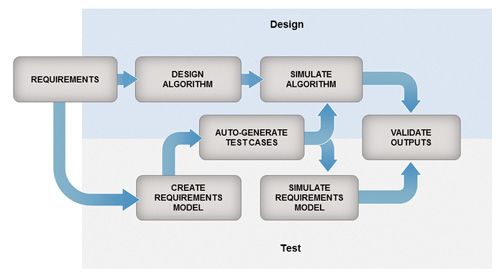
Yêu cầu mô hình, tạo trường hợp thử nghiệm, so sánh mã và đầu ra mô hình

Kiểm thử dựa trên mô hình là một phương pháp có hệ thống để tạo ra các trường hợp kiểm thử từ các mô hình của các yêu cầu hệ thống. Nó cho phép bạn đánh giá các yêu cầu độc lập với thiết kế và phát triển thuật toán.

Thử nghiệm dựa trên mô hình bao gồm:

* Tạo mô hình yêu cầu hệ thống để thử nghiệm
* Tạo dữ liệu thử nghiệm từ biểu diễn mô hình yêu cầu này
* Xác minh thuật toán thiết kế của bạn với các trường hợp thử nghiệm được tạo



Tạo các bài kiểm tra từ các yêu cầu bằng cách sử dụng thử nghiệm dựa trên mô hình.

Trong thử nghiệm dựa trên mô hình, bạn sử dụng các mô hình yêu cầu để tạo các trường hợp thử nghiệm nhằm xác minh thiết kế của mình. Quá trình này cũng giúp tự động hóa các tác vụ xác minh khác và hợp lý hóa quy trình xem xét bằng cách liên kết các trường hợp thử nghiệm và mục tiêu xác minh với các yêu cầu thử nghiệm cấp cao. Với [Hộp công cụ Yêu cầu™](https://www.mathworks.com/products/requirements-toolbox.html) , bạn có thể tạo ra các yêu cầu trực tiếp trong [Simulink ®](https://www.mathworks.com/products/simulink.html) hoặc trao đổi các yêu cầu với các công cụ yêu cầu của bên thứ ba. Bạn có thể thiết lập và phân tích truy xuất nguồn gốc giữa các yêu cầu, thiết kế, mã được tạo và thử nghiệm.

Sử dụng [Simulink Test™](https://www.mathworks.com/products/simulink-test.html) bạn quản lý các trường hợp thử nghiệm và thực hiện chúng một cách có hệ thống để xác nhận rằng thiết kế của bạn đáp ứng các yêu cầu. Để tăng chất lượng của các trường hợp thử nghiệm được tạo ngoài các phương pháp ngẫu nhiên và heuristic truyền thống, bạn có thể tạo các thử nghiệm với  [Simulink Design Verifier™](https://www.mathworks.com/products/simulink-design-verifier.html) , sử dụng các kỹ thuật phân tích chính thức. Với [Simulink Coverage™](https://www.mathworks.com/products/simulink-coverage.html)  , bạn có thể sử dụng các chỉ số về phạm vi mô hình và mã để đánh giá mức độ đầy đủ của các nỗ lực thử nghiệm dựa trên mô hình của mình. Các số liệu này có thể xác định các yêu cầu còn thiếu và chức năng ngoài ý muốn.

Để kết hợp phần cứng và mã sản xuất vào thử nghiệm dựa trên mô hình, bạn có thể so sánh đầu ra động của kết quả mô phỏng với dữ liệu được thu thập thông qua thử nghiệm trong phần mềm trong vòng lặp (SIL), bộ xử lý trong vòng lặp (PIL) hoặc trong thời gian thực với phần cứng trong vòng lặp (HIL). Bạn có thể sử dụng [Kiểm tra Simulink](https://www.mathworks.com/products/simulink-test.html) để giúp quản lý quy trình kiểm tra tương đương này.

Thử nghiệm MIL, SIL, PIL và HIL nằm trong phần xác minh của phương pháp Thiết kế dựa trên mô hình sau khi bạn đã nhận ra yêu cầu của thành phần/hệ thống mà bạn đang phát triển và chúng đã được mô hình hóa ở cấp độ mô phỏng

(ví dụ: nền tảng Simulink).

Trước khi mô hình được triển khai vào phần cứng để sản xuất, một vài bước xác minh sẽ diễn ra được liệt kê bên dưới. Ở đây, tôi đang lấy một ví dụ về thiết kế bộ điều khiển cho động cơ DC và đặt mã được tạo từ mô hình của Bộ điều khiển trong Hệ thống trên Chip được hỗ trợ.

1) Mô phỏng Model-in-the-Loop (MIL) hoặc Thử nghiệm dựa trên mô hình

- Đầu tiên, bạn phải phát triển một mô hình của nhà máy thực tế (phần cứng) trong môi trường mô phỏng như Simulink, mô hình này nắm bắt được hầu hết các tính năng quan trọng của hệ thống phần cứng.

- Sau khi mô hình nhà máy được tạo, phát triển mô hình bộ điều khiển và xác minh xem bộ điều khiển có thể điều khiển nhà máy (là mô hình của động cơ trong trường hợp này) theo yêu cầu hay không.

Bước này được gọi là Model-in-Loop (MIL) và bạn đang kiểm tra logic của bộ điều khiển trên mô hình mô phỏng của nhà máy. Nếu bộ điều khiển của bạn hoạt động như mong muốn, bạn nên ghi lại đầu vào và đầu ra của bộ điều khiển sẽ được sử dụng trong giai đoạn xác minh sau này.

Xem cách các sản phẩm của Mathworks hỗ trợ thử nghiệm dựa trên mô hình: https://www.mathworks.com/Discovery/model-basing-testing.html

2) Mô phỏng phần mềm trong vòng lặp (SIL)

Khi mô hình của bạn đã được xác minh trong mô phỏng MIL, giai đoạn tiếp theo là Phần mềm trong vòng lặp (SIL), trong đó bạn chỉ tạo mã từ mô hình bộ điều khiển và thay thế khối bộ điều khiển bằng mã này. Sau đó chạy mô phỏng với khối Bộ điều khiển (chứa mã C) và Nhà máy, vẫn là mô hình phần mềm (tương tự như bước đầu tiên). Bước này sẽ cho bạn biết liệu logic điều khiển của bạn, tức là mô hình Bộ điều khiển có thể được chuyển đổi thành mã hay không và liệu nó có thể thực hiện được bằng phần cứng hay không. Bạn nên ghi lại đầu vào-đầu ra ở đây và khớp nó với những gì bạn đã đạt được ở bước trước. Nếu bạn thấy chúng có sự khác biệt lớn, bạn có thể phải quay lại MIL và thực hiện các thay đổi cần thiết, sau đó lặp lại bước 1 và 2. Nếu bạn có kiểu máy đã được kiểm tra SIL và hiệu suất chấp nhận được, bạn có thể chuyển sang bước tiếp theo bước tiếp theo.

Xem cách chạy mô phỏng SIL bằng Embedded Coder: https://www.mathworks.com/help/ecoder/software-in-the-loop-sil-simulation.html

3) Mô phỏng bộ xử lý trong vòng lặp (PIL) hoặc FPGA-in-the-Loop (FIL)

Bước tiếp theo là kiểm tra Bộ xử lý trong vòng lặp (PIL). Trong bước này, chúng ta sẽ đặt mô hình Bộ điều khiển lên một bộ xử lý nhúng và chạy mô phỏng vòng kín với Nhà máy mô phỏng. Vì vậy, chúng tôi sẽ thay thế Hệ thống con Bộ điều khiển bằng khối PIL sẽ có mã Bộ điều khiển chạy trên phần cứng. Bước này sẽ giúp bạn xác định xem bộ xử lý có khả năng chạy logic Điều khiển đã phát triển hay không. Nếu có trục trặc, hãy quay lại mã của bạn, SIL hoặc MIL và khắc phục chúng.

Xem cách chạy mô phỏng PIL bằng Embedded Coder: https://www.mathworks.com/help/ecoder/processor-in-the-loop.html

Trong trường hợp chạy mô phỏng trên FPGA thay vì bộ xử lý nhúng, mô phỏng được gọi là FPGA-in-the-Loop (FIL). Xem cách chạy mô phỏng FIL bằng Trình xác minh HDL:

https://www.mathworks.com/help/hdlverifier/ug/fpga-in-the-loop-fil-simulation.html

4) Mô phỏng phần cứng trong vòng lặp (HIL)

Trước khi kết nối bộ xử lý nhúng với phần cứng thực tế, bạn có thể chạy mô hình nhà máy mô phỏng trên hệ thống thời gian thực chẳng hạn như Speedgoat. Hệ thống thời gian thực thực hiện các mô phỏng xác định và có các kết nối vật lý thực với bộ xử lý nhúng, ví dụ như đầu vào và đầu ra tương tự cũng như các giao diện truyền thông như CAN và UDP. Điều này sẽ giúp bạn xác định các vấn đề liên quan đến các kênh giao tiếp và giao diện I/O, chẳng hạn như suy giảm và độ trễ do kênh analog gây ra và có thể làm cho bộ điều khiển không ổn định. Những hành vi này không thể được nắm bắt trong mô phỏng. Thử nghiệm HIL thường được thực hiện cho các ứng dụng quan trọng về an toàn và được yêu cầu bởi các tiêu chuẩn xác nhận ô tô và hàng không vũ trụ. Tìm hiểu thêm về sản phẩm MathWorks để thử nghiệm HIL: https://www.mathworks.com/products/simulink-real-time.html

5) Phần cứng thực tế

Khi mô hình nhà máy của bạn đã được xác minh bằng PIL, bây giờ bạn có thể thay thế mô hình nhà máy bằng phần cứng ban đầu, chẳng hạn như mô hình phòng thí nghiệm và chạy thử nghiệm. Giả sử, đó là một động cơ DC có bộ điều khiển tốc độ đang được thiết kế và sau đó bộ điều khiển nằm trong FPGA/bộ xử lý hiện được giao tiếp với động cơ DC bằng cách kết nối đầu vào và đầu ra/trạng thái ở đúng điểm của cảm biến/bộ chuyển đổi).