

## **Môn học**

# **CƠ SỞ TỰ ĐỘNG**

**Biên soạn: PGS. TS. Huỳnh Thái Hoàng**  
**Bộ môn điều khiển tự động**  
**Khoa Điện – Điện Tử**  
**Đại học Bách Khoa TP HCM**  
**Email: [hthoang@hcmut.edu.vn](mailto:hthoang@hcmut.edu.vn)**  
**Homepage: [www4.hcmut.edu.vn/~hthoang/](http://www4.hcmut.edu.vn/~hthoang/)**

- ★ Chương 1: Giới thiệu về hệ thống điều khiển tự động
- ★ Chương 2: Mô hình toán học hệ thống liên tục
- ★ Chương 3: Đặc tính động học
- ★ Chương 4: Đánh giá tính ổn định của hệ thống
- ★ Chương 5: Chất lượng của hệ thống điều khiển
- ★ Chương 6: Thiết kế hệ thống điều khiển liên tục
- ★ Chương 7: Mô tả toán học hệ rời rạc
- ★ Chương 8: Phân tích hệ rời rạc
- ★ Chương 9: Thiết kế hệ rời rạc
- ★ Chương 10: Ứng dụng



## Tài liệu tham khảo

- ★ Giáo trình: **Lý thuyết điều khiển tự động**  
Nguyễn Thị Phương Hà – Huỳnh Thái Hoàng  
NXB Đại học Quốc Gia TP HCM
- ★ Bài tập: **Bài tập điều khiển tự động**  
Nguyễn Thị Phương Hà  
NXB Đại học Quốc Gia TP HCM
- ★ Tham khảo: tất cả các tài liệu có các từ khóa:  
control, control theory, control system, feedback control  
TD: **Automatic Control Systems**, B. C. Kuo.  
**Modern Control Engineering**, K. Otaga.  
**Modern Control System Theory and Design**, S.M. Shinnars  
**Feedback Control Systems**, J.V.De Vegte.

## Chương 1

# GIỚI THIỆU VỀ HỆ THỐNG TỰ ĐỘNG



# Nội dung chương 1

- ★ Khái niệm điều khiển
- ★ Các nguyên tắc điều khiển
- ★ Các phần tử trong hệ thống điều khiển tự động
- ★ Phân loại hệ thống điều khiển tự động
- ★ Một số ví dụ về các hệ thống điều khiển

# Khái niệm về điều khiển

## Khái niệm về điều khiển

★ **Thí dụ 1:** Lái xe, mục tiêu giữ tốc độ xe ổn định  $v=40\text{km/h}$

① Mắt quan sát đồng hồ đo tốc độ

⇒ thu thập thông tin.

② Bộ não điều khiển tăng tốc nếu  $v<40\text{km/h}$ ,  
giảm tốc nếu  $v>40\text{km/h}$

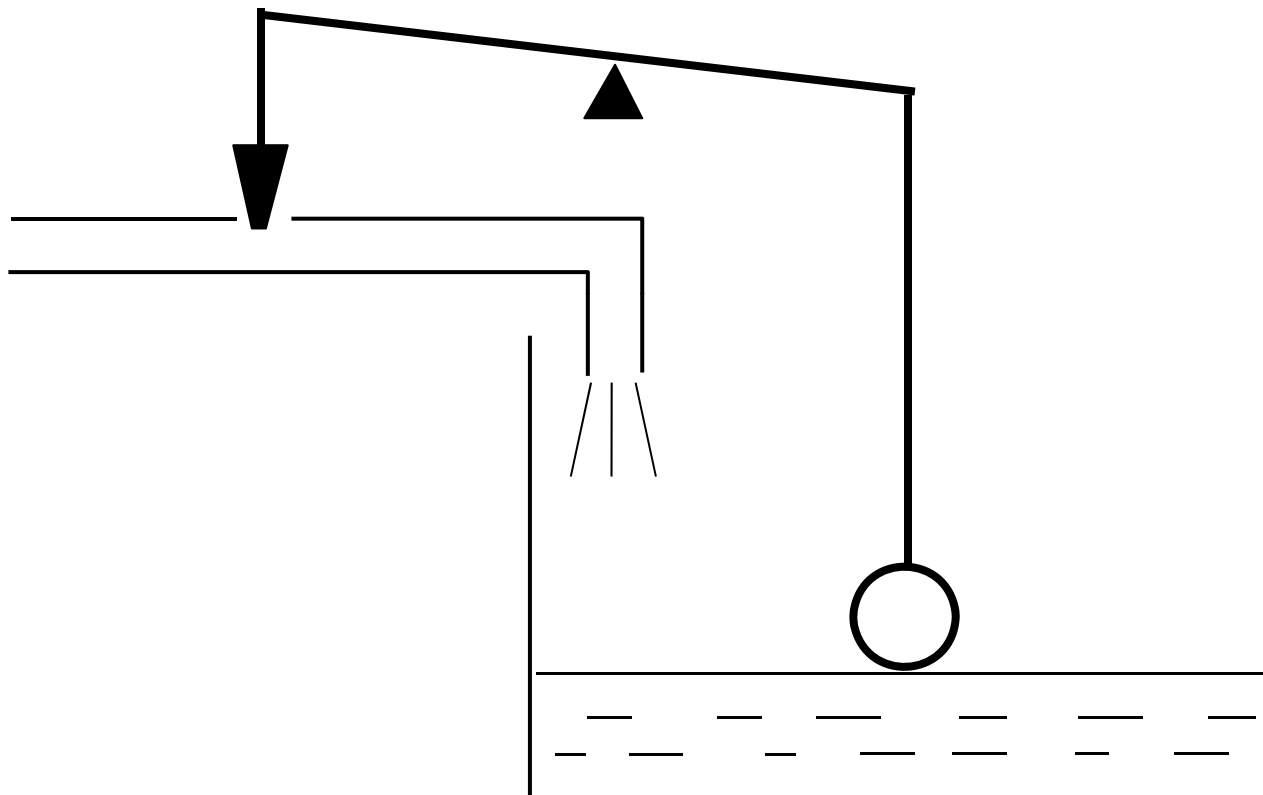
⇒ xử lý thông tin

③ Tay giảm ga hoặc tăng ga

⇒ tác động lên hệ thống

Kết quả của quá trình điều khiển trên: xe chạy với tốc độ “gần” bằng  $40\text{km/h}$ .

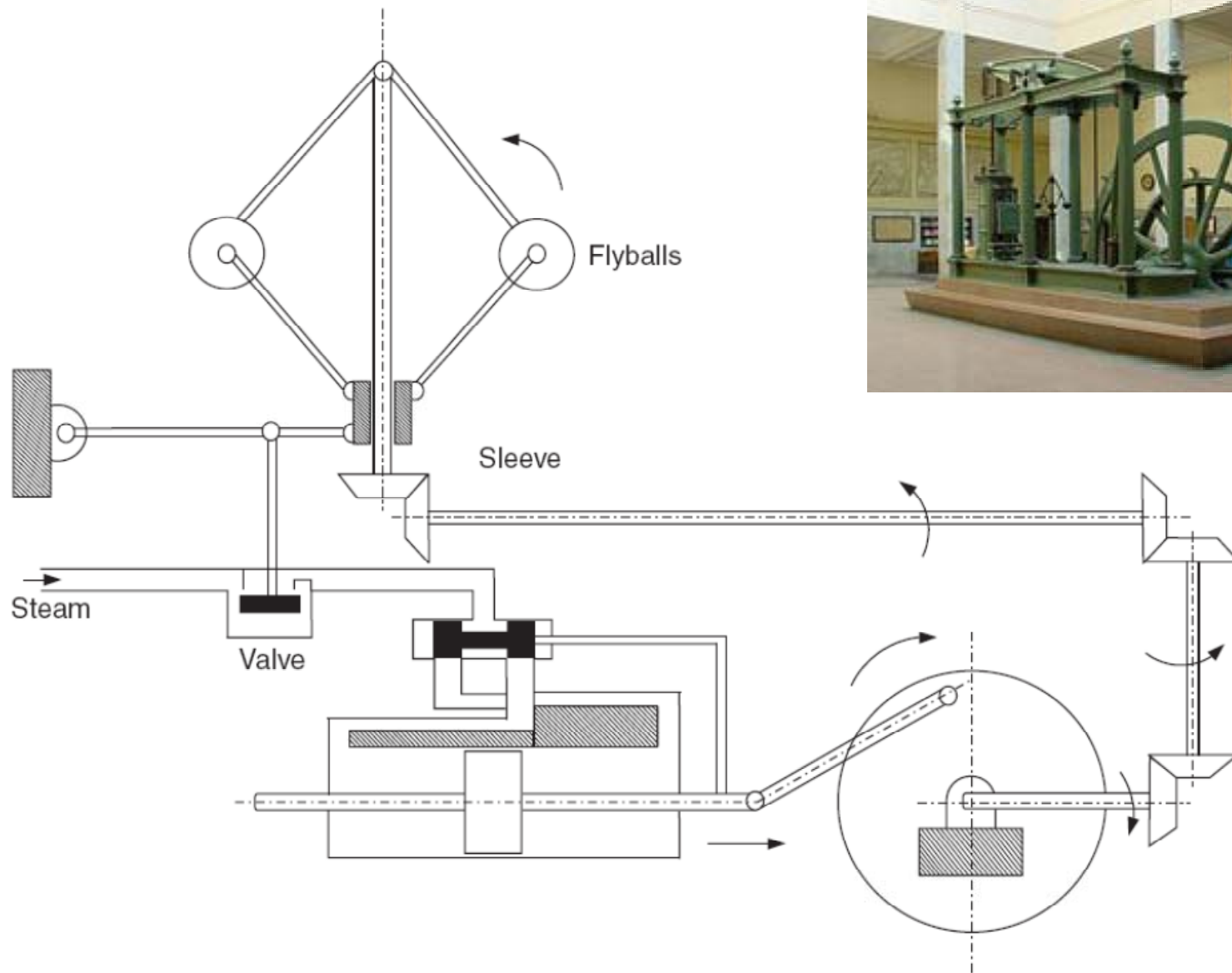
★ **Định nghĩa:** Điều khiển là quá trình thu thập thông tin, xử lý thông tin và tác động lên hệ thống để đáp ứng của hệ thống “gần” với mục đích định trước. Điều khiển tự động là quá trình điều khiển không có sự tác động của con người.







# Điều khiển tốc độ động cơ hơi nước



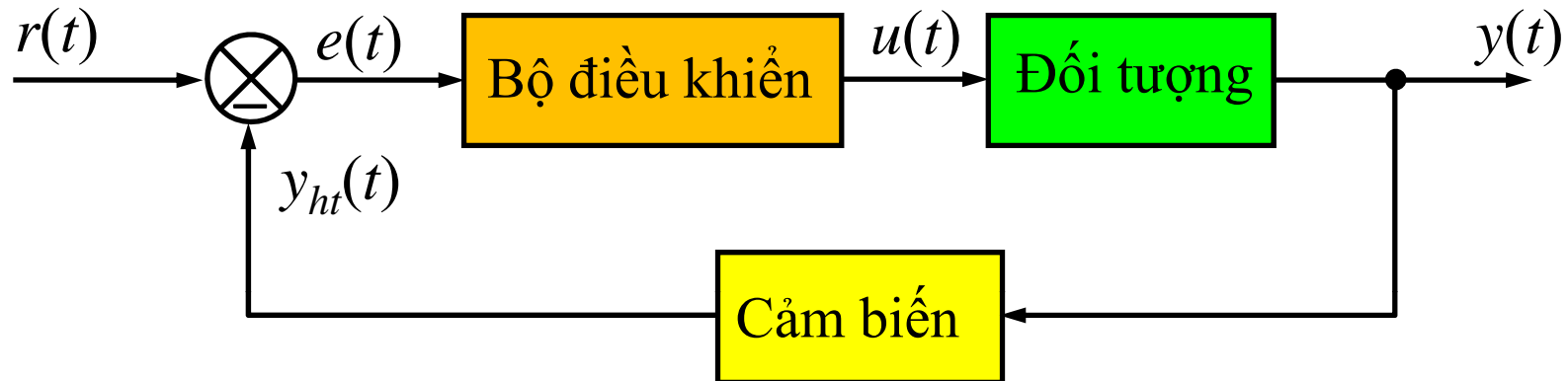


## Tại sao cần phải điều khiển tự động

- ★ Đáp ứng của hệ thống không thỏa mãn yêu cầu
- ★ Tăng độ chính xác
- ★ Tăng hiệu quả kinh tế

# Các thành phần cơ bản của hệ thống điều khiển

3 thành phần cơ bản: đối tượng, bộ điều khiển, cảm biến



Các ký hiệu viết tắt:

- $r(t)$ : tín hiệu đặt hay tín hiệu chuẩn
- $u(t)$ : tín hiệu vào của đối tượng điều khiển
- $y(t)$ : tín hiệu ra của đối tượng điều khiển
- $y_{ht}(t)$ : tín hiệu hồi tiếp
- $e(t)$ : sai số

- ★ Rất đa dạng
- ★ Các lớp đối tượng cơ bản:
  - ▲ Điện
  - ▲ Cơ
  - ▲ Nhiệt
  - ▲ Lưu chất
  - ▲ Hóa
- ★ Hệ thống thực tế có thể bao gồm trong nó nhiều quá trình cơ bản

- ★ Cảm biến nhiệt độ
- ★ Cảm biến vị trí
- ★ Cảm biến tốc độ
- ★ Cảm biến gia tốc
- ★ Cảm biến khoảng cách
- ★ Cảm biến lưu lượng
- ★ Cảm biến mức
- ★ Cảm biến áp suất
- ★ Cảm biến lực
- ★ Cảm biến màu sắc
- ★ Cảm biến nồng độ,...

★ Cơ

★ Điện

▲ Điều khiển tương tự (analog)

▲ Điều khiển số (digital)

- Điều khiển dùng vi xử lý, vi điều khiển, DSP
- Điều khiển dùng máy tính
- Điều khiển dùng các bộ điều khiển lập trình (PLC)

- ★ **Phân tích hệ thống**: Cho hệ thống tự động đã biết cấu trúc và thông số. Bài toán đặt ra là tìm đáp ứng của hệ thống và đánh giá chất lượng của hệ.
- ★ **Thiết kế hệ thống**: Biết cấu trúc và thông số của đối tượng điều khiển. Bài toán đặt ra là thiết kế bộ điều khiển để được hệ thống thỏa mãn các yêu cầu về chất lượng.
- ★ **Nhận dạng hệ thống**: Chưa biết cấu trúc và thông số của hệ thống. Vấn đề đặt ra là xác định cấu trúc và thông số của hệ thống.

Môn học Cơ sở tự động chỉ giải quyết bài toán phân tích hệ thống và thiết kế hệ thống. Bài toán nhận dạng hệ thống sẽ được nghiên cứu trong môn học khác.

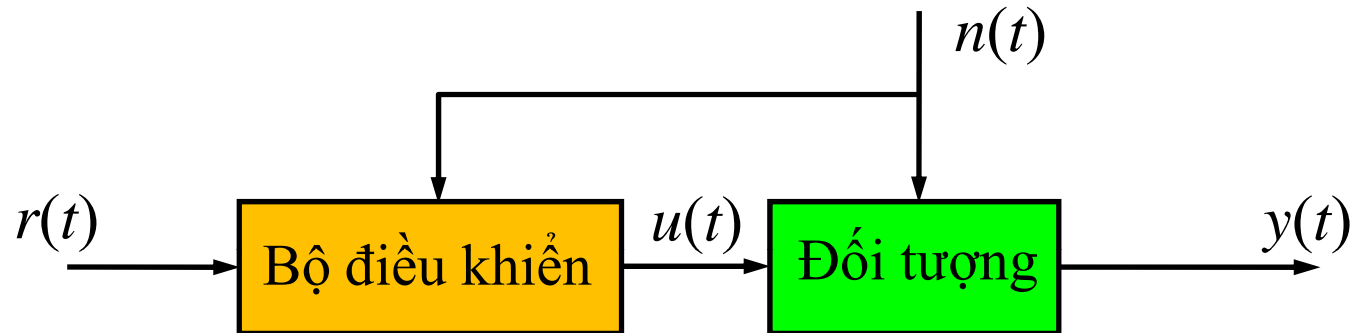


# Các nguyên tắc điều khiển

## **Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi**

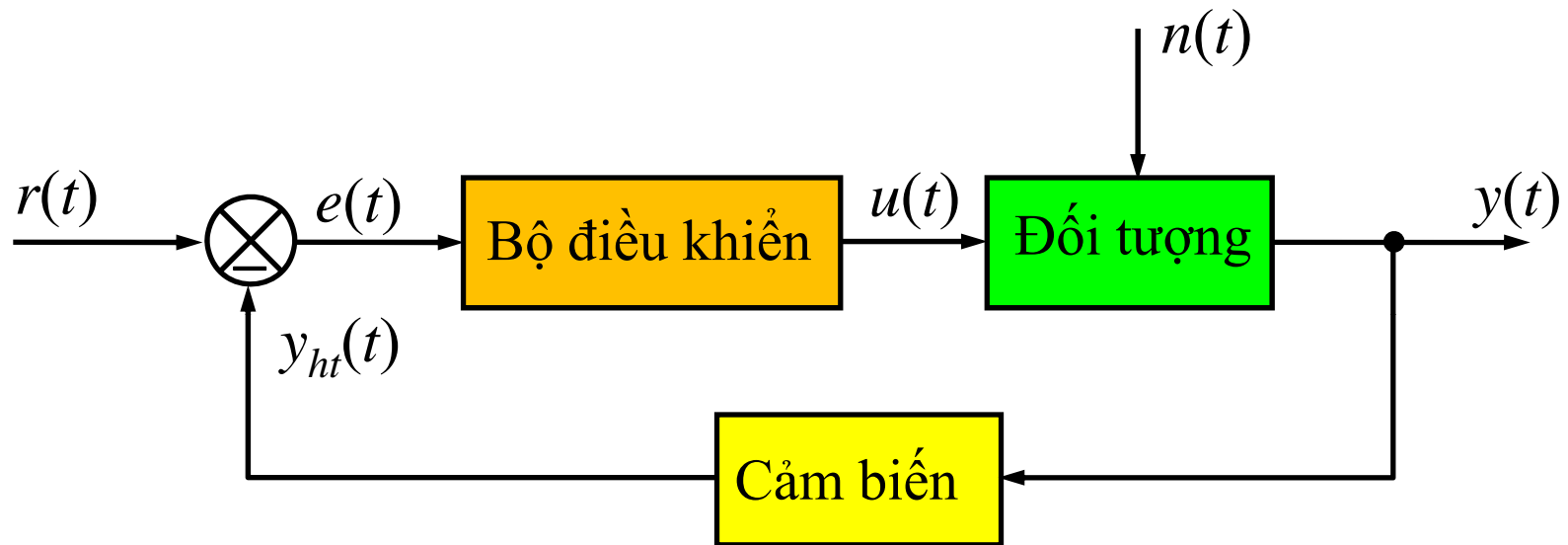
- ★ Muốn hệ thống điều khiển có chất lượng cao thì bắt buộc phải có phản hồi thông tin, tức phải có đo lường các tín hiệu từ đối tượng.
- ★ Các sơ đồ điều khiển dựa trên nguyên tắc phản hồi thông tin:
  - ▲ Điều khiển bù nhiễu
  - ▲ Điều khiển san bằng sai lệch
  - ▲ Điều khiển phối hợp

## ★ Sơ đồ điều khiển bù nhiễu

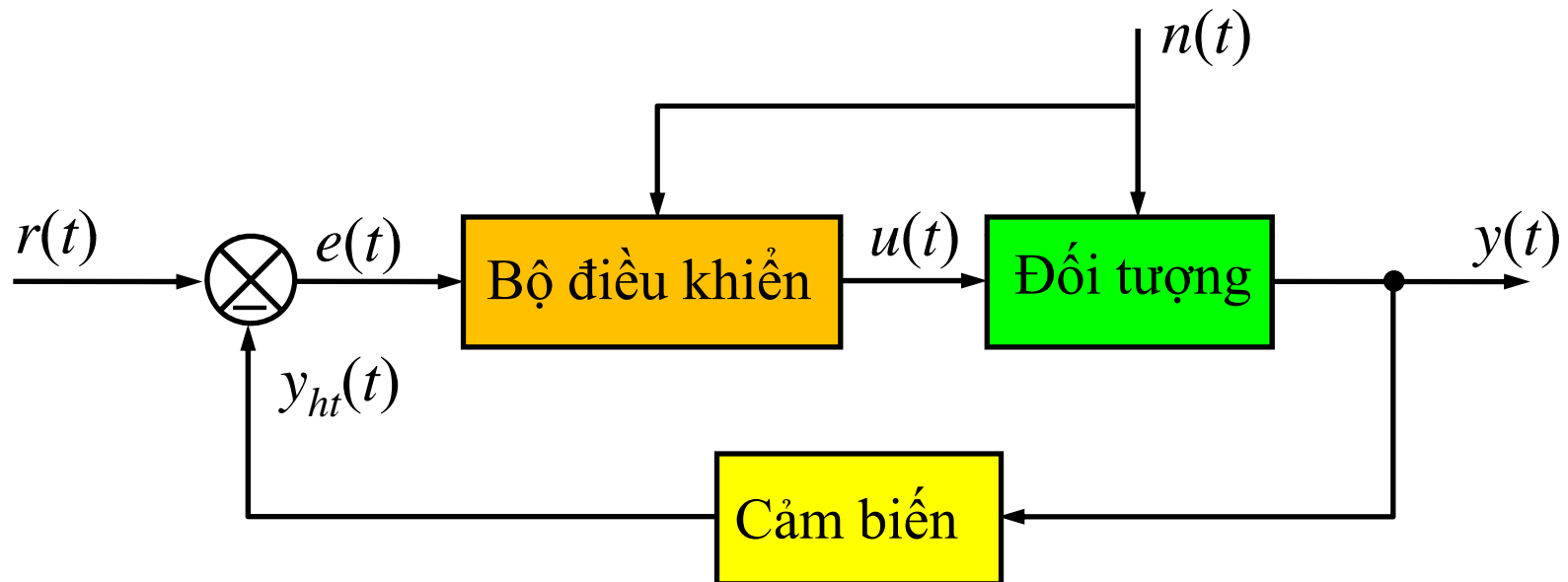


# Nguyên tắc 1: Nguyên tắc thông tin phản hồi (tt)

## ★ Sơ đồ điều khiển san bằng sai lệch



## ★ Sơ đồ điều khiển kết hợp



## Nguyên tắc 2: Nguyên tắc đa dạng tương xứng

- ★ Muốn quá trình điều khiển có chất lượng thì sự đa dạng của bộ điều khiển phải tương xứng với sự đa dạng của đối tượng. Tính đa dạng của bộ điều khiển thể hiện ở khả năng thu thập thông tin, lưu trữ thông tin, truyền tin, phân tích xử lý, chọn quyết định,...
- ★ Ý nghĩa: Cần thiết kế bộ điều khiển phù hợp với đối tượng.
- ★ Thí dụ: Hãy so sánh yêu cầu chất lượng điều khiển và bộ điều khiển sử dụng trong các hệ thống sau:
  - ▲ Điều khiển nhiệt độ bàn ủi (chấp nhận sai số lớn) với điều khiển nhiệt độ lò sấy (không chấp nhận sai số lớn).
  - ▲ Điều khiển mực nước trong bồn chứa của khách sạn (chỉ cần đảm bảo luôn có nước trong bồn) với điều khiển mực chất lỏng trong các dây chuyền sản xuất (mực chất lỏng cần giữ không đổi).
  - ▲ ...

### Nguyên tắc 3: Nguyên tắc bổ sung ngoài

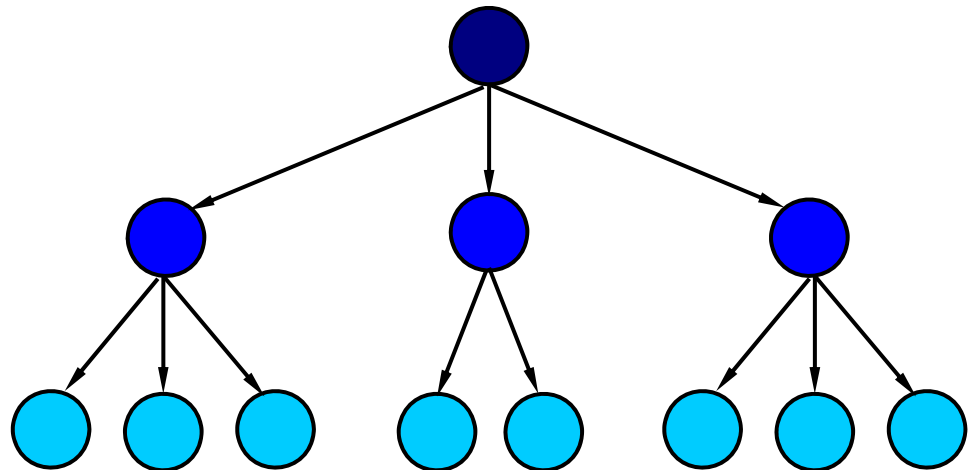
- ★ Một hệ thống luôn tồn tại và hoạt động trong môi trường cụ thể và có tác động qua lại chặt chẽ với môi trường đó. Nguyên tắc bổ sung ngoài thừa nhận có một đối tượng chưa biết (hộp đen) tác động vào hệ thống và ta phải điều khiển cả hệ thống lẫn hộp đen.
- ★ Ý nghĩa: Khi thiết kế hệ thống tự động, muốn hệ thống có chất lượng cao thì không thể bỏ qua nhiều

- ★ Vì nguyên tắc 3 luôn coi thông tin chưa đầy đủ phải đề phòng các bất trắc xảy ra và không được dùng toàn bộ lực lượng trong điều kiện bình thường. Vốn dự trữ không sử dụng, nhưng cần để đảm bảo cho hệ thống vận hành an toàn.

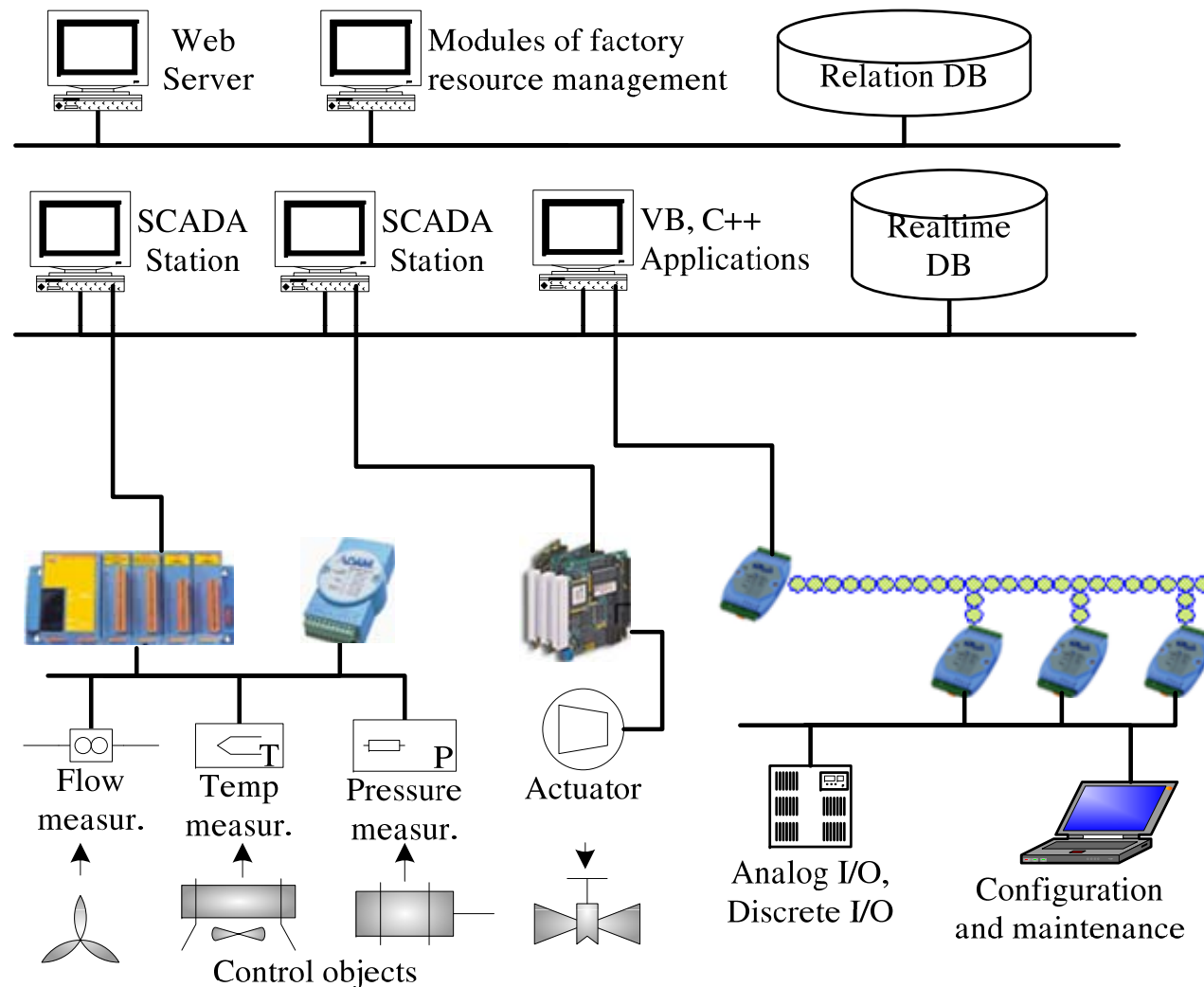


## Nguyên tắc 5: Nguyên tắc phân cấp

- ★ Một hệ thống điều khiển phức tạp cần xây dựng nhiều lớp điều khiển bổ sung cho trung tâm. Cấu trúc phân cấp thường sử dụng là cấu trúc hình cây.
- ★ Đa số hệ thống điều khiển trong các dây chuyền sản xuất hiện nay có thể chia làm 3 cấp:
  - ▲ **Cấp thực thi:** điều khiển thiết bị, đọc tín hiệu từ cảm biến.
  - ▲ **Cấp phối hợp**
  - ▲ **Cấp tổ chức và quản lý**

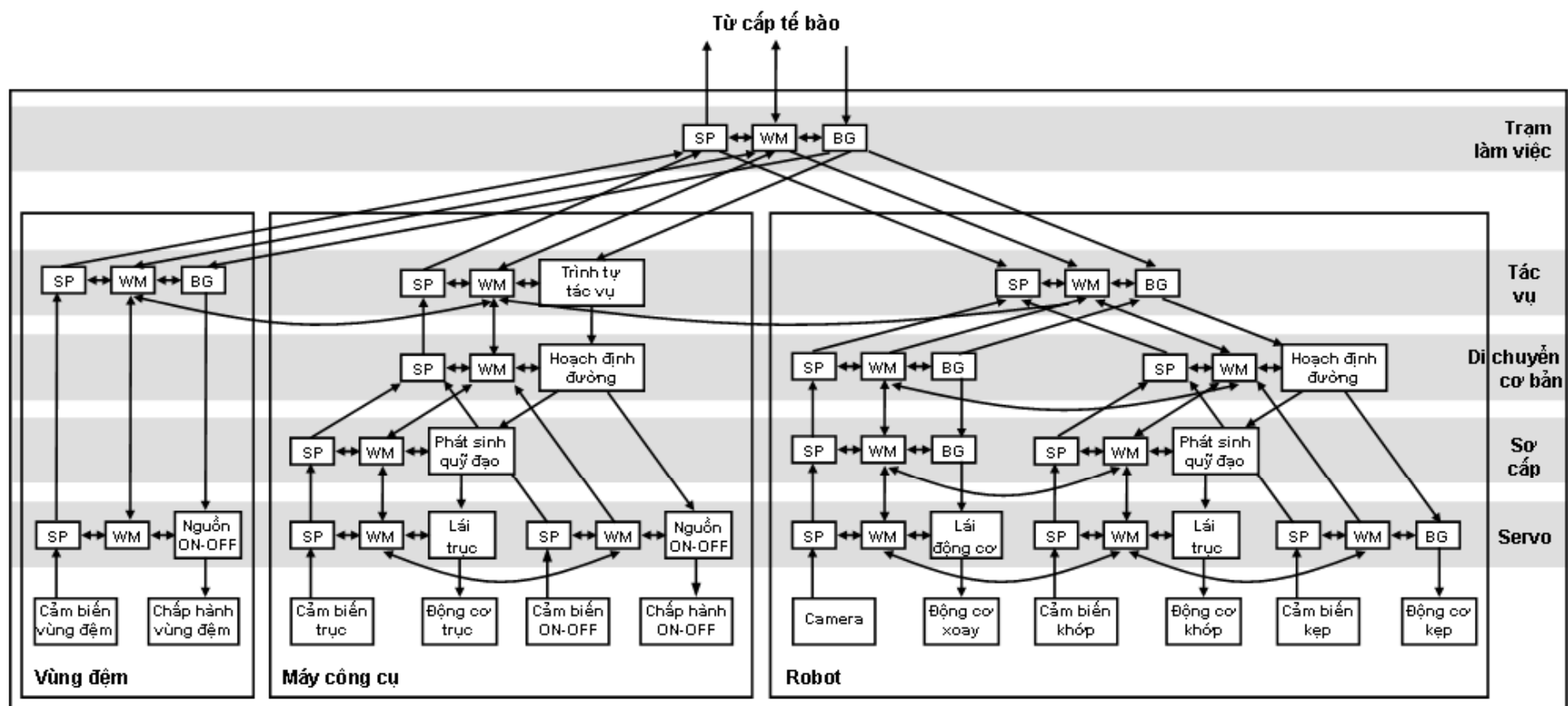


## Thí dụ: Hệ SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)



## Nguyên tắc 5: Nguyên tắc phân cấp

Thí dụ: Hệ thống sản xuất linh hoạt (FMS)



## *Nguyên tắc 6:* Nguyên tắc cân bằng nội

- ★ Mỗi hệ thống cần xây dựng cơ chế cân bằng nội để có khả năng tự giải quyết những biến động xảy ra.

# Phân loại hệ thống điều khiển

★ **Hệ thống liên tục:** Hệ thống liên tục được mô tả bằng phương trình vi phân.

**Hệ thống rời rạc:** Hệ thống rời rạc được mô tả bằng phương trình sai phân.

★ **Hệ thống tuyến tính:** hệ thống được mô tả bởi hệ phương trình vi phân/sai phân tuyến tính.

**Hệ thống phi tuyến:** hệ thống mô tả bởi hệ phương trình vi phân/sai phân phi tuyến.

★ **Hệ thống bất biến theo thời gian:** hệ số của phương trình vi phân/ sai phân mô tả hệ thống không đổi.

**Hệ thống biến đổi theo thời gian:** hệ số của phương trình vi phân/ sai phân mô tả hệ thống thay đổi theo thời gian.

★ **Hệ thống một ngõ vào – một ngõ ra (hệ SISO):** (Single Intput – Single Output).

**Hệ thống nhiều ngõ vào – nhiều ngõ ra (hệ MIMO):** (Multi Intput – Multi Output).

Đa số các hệ thống trong thực tế đều là hệ phi tuyến biến đổi theo thời gian, nhiều ngõ vào, nhiều ngõ ra.

Môn học Cơ sở tự động chỉ đề cập đến lý thuyết điều khiển **hệ tuyến tính bất biến, một ngõ vào, một ngõ ra**

- ★ Mục tiêu điều khiển thường gặp nhất là sai số giữa tín hiệu ra và tín hiệu vào chuẩn càng nhỏ càng tốt. Tùy theo dạng tín hiệu vào mà ta có các loại điều khiển sau:
- ★ **Điều khiển ổn định hóa**: Nếu tín hiệu chuẩn  $r(t) = \text{const}$ , ta gọi là điều khiển ổn định hóa.
- ★ **Điều khiển theo chương trình**: Tín hiệu vào  $r(t)$  là hàm thay đổi theo thời gian nhưng đã biết trước.
- ★ **Điều khiển theo dõi**: Tín hiệu vào  $r(t)$  là hàm không biết trước theo thời gian.





## Lịch sử phát triển lý thuyết điều khiển

- ★ Điều khiển kinh điển
- ★ Điều khiển hiện đại
- ★ Điều khiển thông minh

- ★ Mô tả toán học dùng để phân tích và thiết kế hệ thống là hàm truyền.
- ★ Đặc điểm:
  - ▲ Đơn giản
  - ▲ Áp dụng thuận lợi cho hệ thống tuyến tính bất biến một ngõ vào, một ngõ ra.
  - ▲ Kỹ thuật thiết kế trong miền tần số.
- ★ Các phương pháp phân tích và thiết kế hệ thống:
  - ▲ Quỹ đạo nghiệm số.
  - ▲ Đặc tính tần số: biểu đồ Nyquist, biểu đồ Bode.
- ★ Bộ điều khiển:
  - ▲ Sớm trễ pha
  - ▲ PID (Proportional – Integral – Derivative)

- ★ Mô tả toán học chủ yếu dùng để phân tích và thiết kế hệ thống là phương trình trạng thái.
- ★ **Đặc điểm:**
  - ▲ Có thể áp dụng cho hệ thống phi tuyến, biến đổi theo thời gian, nhiều ngõ vào, nhiều ngõ ra.
  - ▲ Kỹ thuật thiết kế trong miền thời gian
- ★ **Các phương pháp thiết kế hệ thống:**
  - ▲ Điều khiển tối ưu.
  - ▲ Điều khiển thích nghi.
  - ▲ Điều khiển bền vững
- ★ **Bộ điều khiển:**
  - ▲ Hồi tiếp trạng thái

- ★ Về nguyên tắc không cần dùng mô hình toán học để thiết kế hệ thống.
- ★ **Đặc điểm:**
  - ▲ Mô phỏng/bắt chước các hệ thống thông minh sinh học.
  - ▲ Bộ điều khiển có khả năng xử lý thông tin không chắc chắn, có khả năng học, có khả năng xử lý lượng lớn thông tin.
- ★ **Các phương pháp điều khiển thông minh**
  - ▲ Điều khiển mờ (Fuzzy Control).
  - ▲ Mạng thần kinh nhân tạo (Neural Network).
  - ▲ Thuật toán di truyền (Genetic Algorithm).
  - ▲ ...

- ★ Nội dung chính của môn học Cơ sở tự động chủ yếu đề cập đến các phương pháp kinh điển **phân tích, thiết kế** hệ thống **tuyến tính, bất biến, một ngõ vào, một ngõ ra**. Do vậy kiến thức có được từ môn học giúp kỹ sư có thể phân tích, thiết kế hệ thống điều khiển ở **cấp thực thi** (cấp điều khiển thiết bị trong hệ thống điều khiển phân cấp).

- ★ Để có thể thiết kế được các hệ thống điều khiển ở **cấp thực thi** thực tế, ngoài kiến thức về lý thuyết điều khiển tự động người thiết kế cần nắm vững kiến thức các liên quan như:
  - ▲ Mạch điện, mạch điện tử
  - ▲ Đo lường công nghiệp
  - ▲ Kỹ thuật số, vi xử lý
  - ▲ Đo lường điều khiển dùng máy tính,...

- ★ Các PP **điều khiển hiện đại** sẽ được đề cập đến trong môn học:
  - ▲ Lý thuyết điều khiển hiện đại (bậc Đại học).
  - ▲ Điều khiển tối ưu (bậc Cao học).
  - ▲ Điều khiển thích nghi bền vững (bậc Cao học).
  - ▲ Điều khiển hệ đa biến (bậc Cao học).
  - ▲ Điều khiển hệ phi tuyến (bậc Cao học).
- ★ Các PP **điều khiển thông minh** sẽ được đề cập đến trong môn học
  - ▲ Trí tuệ nhân tạo và hệ chuyên gia (bậc Đại học)
  - ▲ Hệ thống điều khiển thông minh (bậc Cao học).
  - ▲ Mạng neuron nhận dạng, dự báo và điều khiển (bậc Cao học).
- ★ Các PP **nhận dạng hệ thống** sẽ được đề cập đến trong môn học:
  - ▲ Mô hình mô phỏng (bậc Đại học)
  - ▲ Mô hình hóa, nhận dạng và mô phỏng (bậc Cao học)

# Một số thí dụ về các hệ thống điều khiển



- ★ Áp dụng trong hầu hết tất cả các lĩnh vực kỹ thuật
  - ▲ Hệ thống sản xuất: nhà máy xi măng, nhà máy đường,....
  - ▲ Quá trình công nghiệp: nhiệt độ, lưu lượng, áp suất, tốc độ,...
  - ▲ Hệ cơ điện tử: cánh tay máy, máy công cụ,...
  - ▲ Hệ thống thông tin
  - ▲ Hệ thống sản xuất và truyền tải năng lượng
  - ▲ Phương tiện giao thông: xe hơi, tàu hỏa, máy bay, tàu vũ trụ,...
  - ▲ Thiết bị quân sự
  - ▲ Thiết bị đo lường
  - ▲ Thiết bị điện tử dân dụng: máy điều hòa, ti vi, tủ lạnh, máy giặt, máy ảnh, nồi cơm điện,...
  - ▲ Thiết bị y tế

- ★ Nhiệt độ là đại lượng tham gia vào nhiều quá trình công nghệ: sản xuất xi măng, gạch men, nhựa, cao su, hóa dầu, thực phẩm,...
- ★ Mục tiêu điều khiển thường là giữ cho nhiệt độ ổn định (điều khiển ổn định hóa) hay điều khiển nhiệt độ thay đổi theo đặc tính thời gian định trước (điều khiển theo chương trình).



Nhà máy xi măng

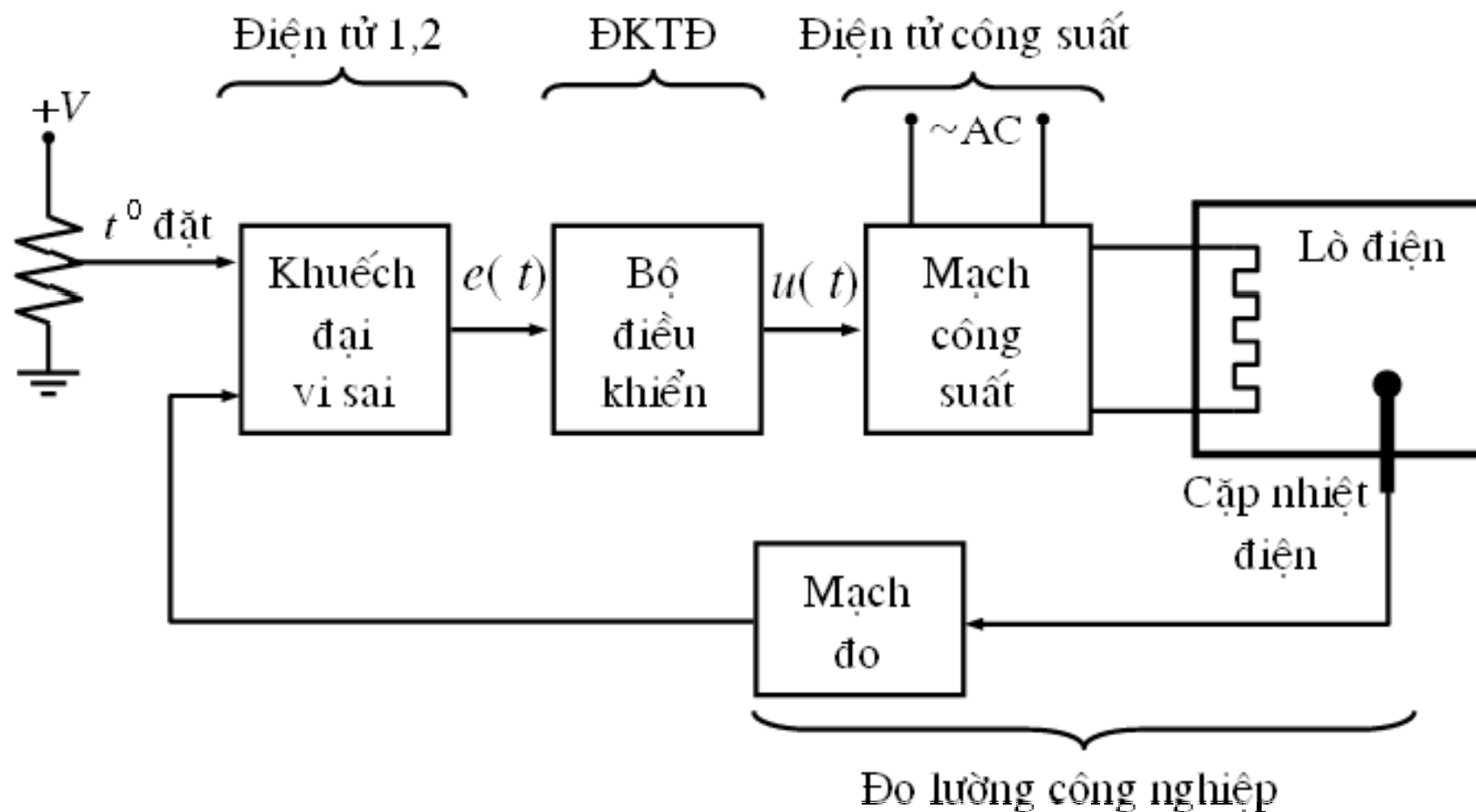


Nhà máy giấy

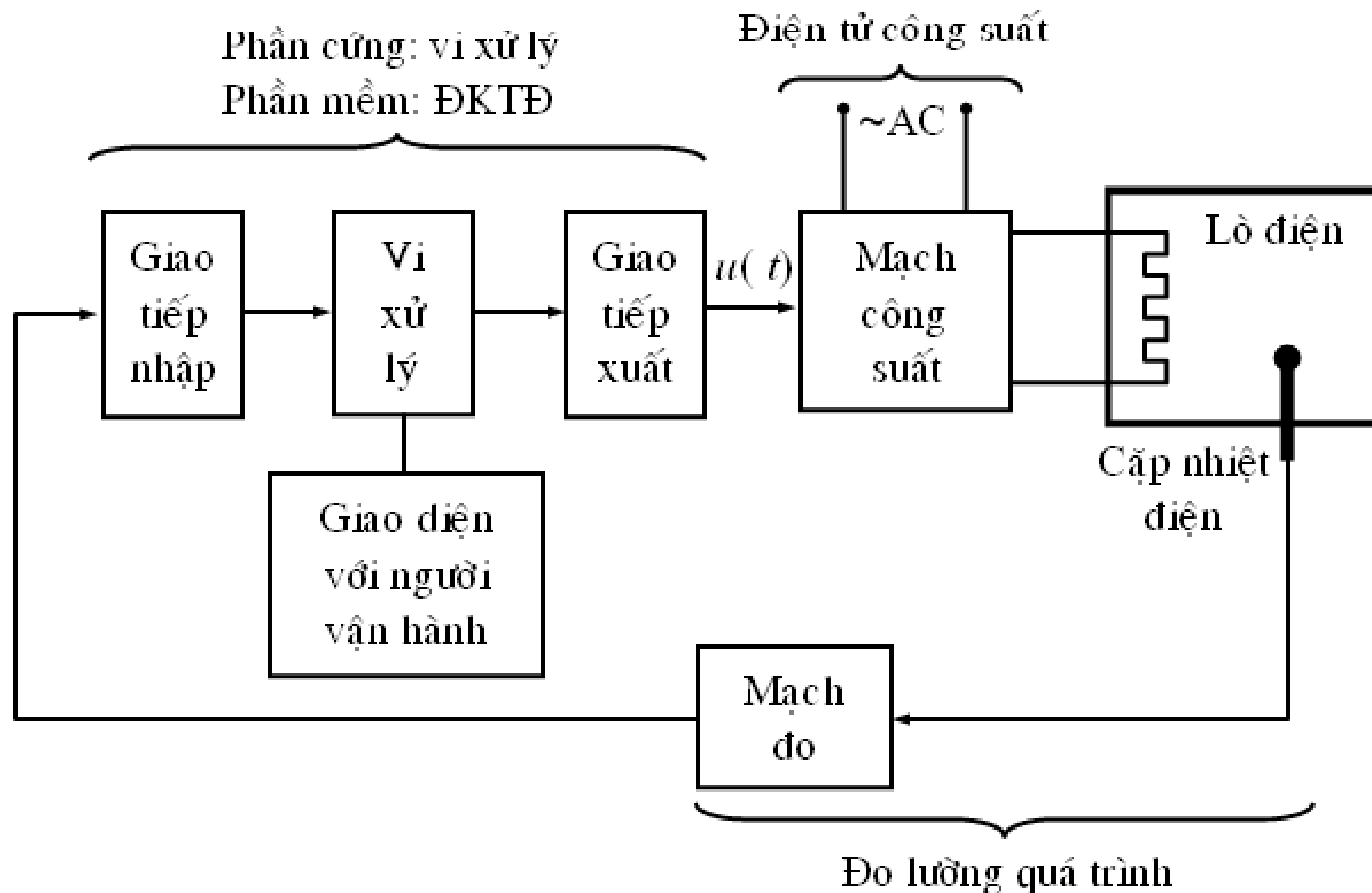
- ★ Hệ thống sấy nông sản (cà phê, hạt điều, tiêu,...)



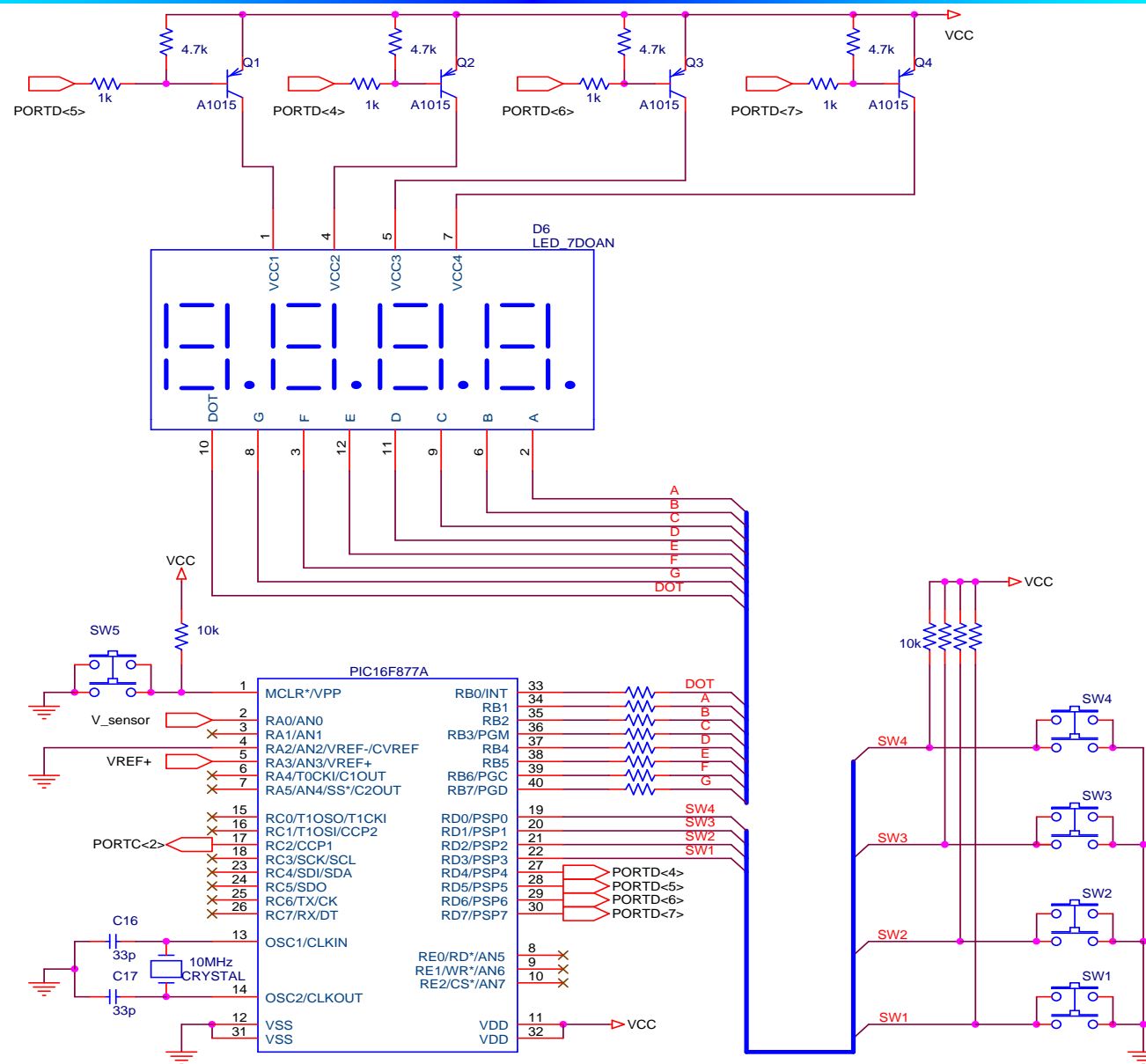
Hệ thống sấy nông sản



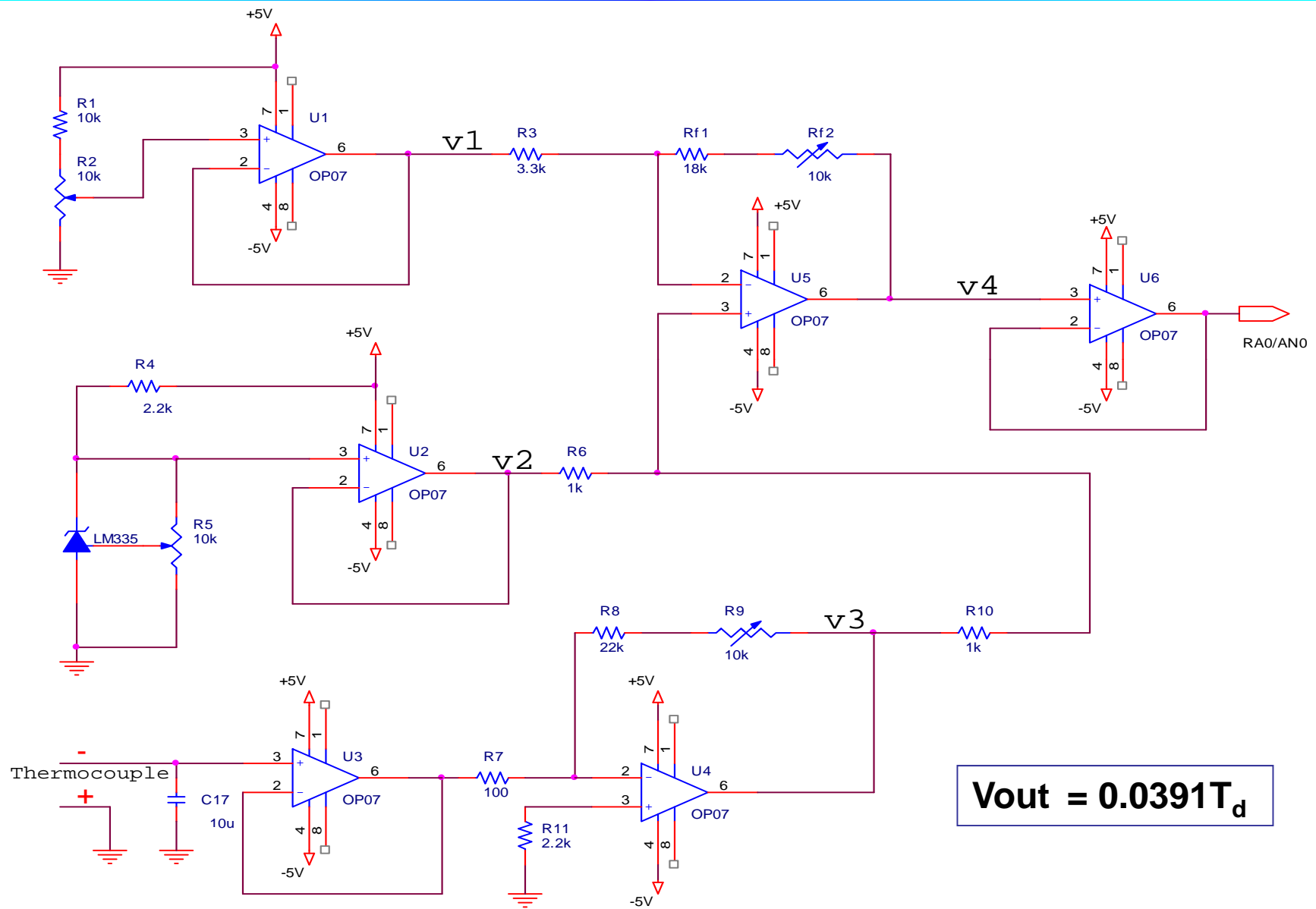
# Hệ thống điều khiển nhiệt độ theo chương trình



# Bộ điều khiển và giao tiếp người dùng

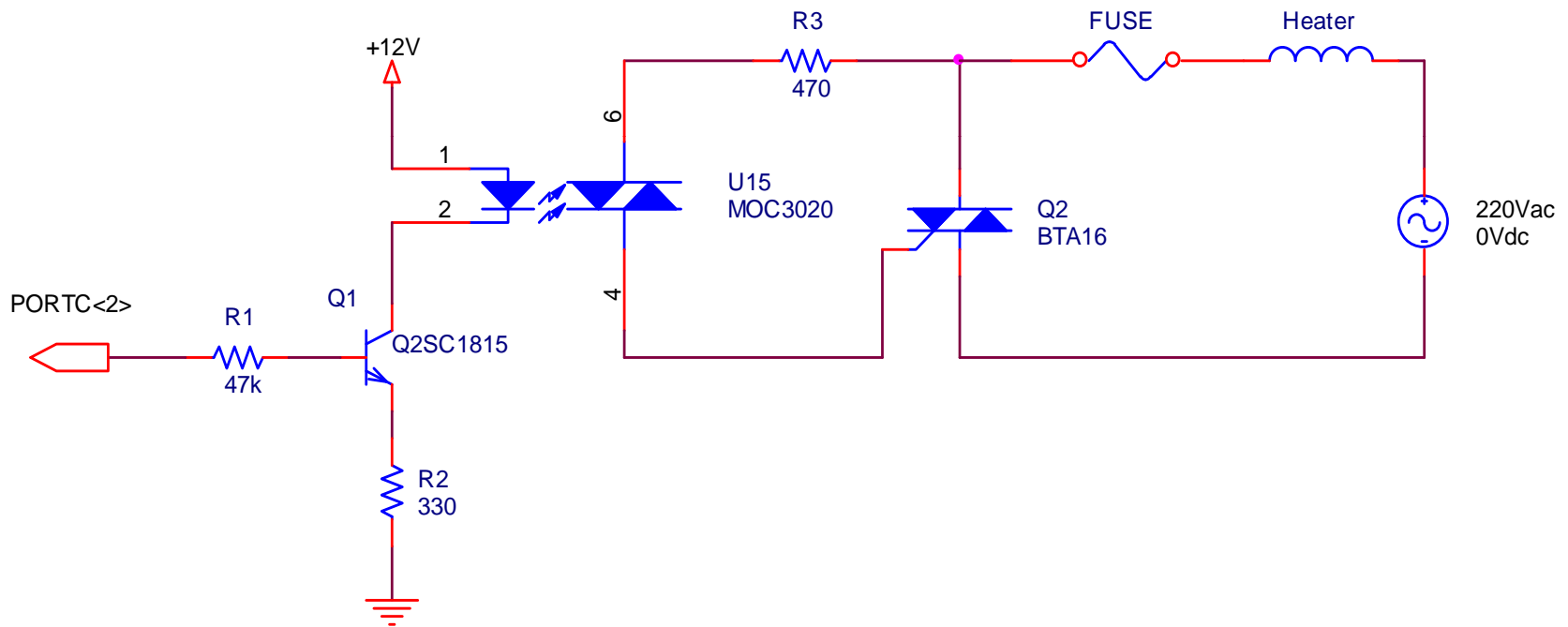


# Mạch đo nhiệt độ dùng cặp nhiệt điện (bù nhiệt dùng LM335)









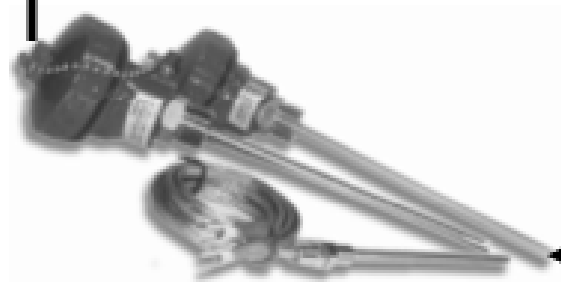
## Một hệ thống điều khiển nhiệt độ thực tế



Bộ điều khiển

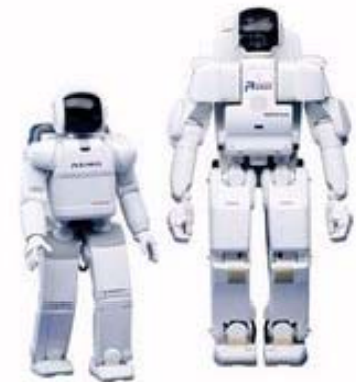
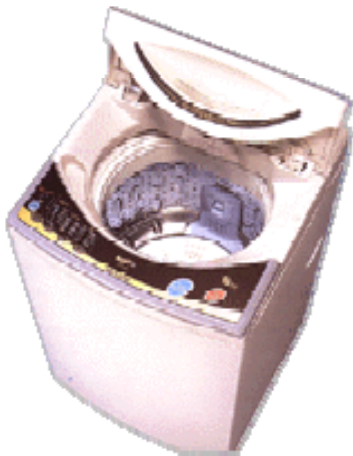


Lò nhiệt

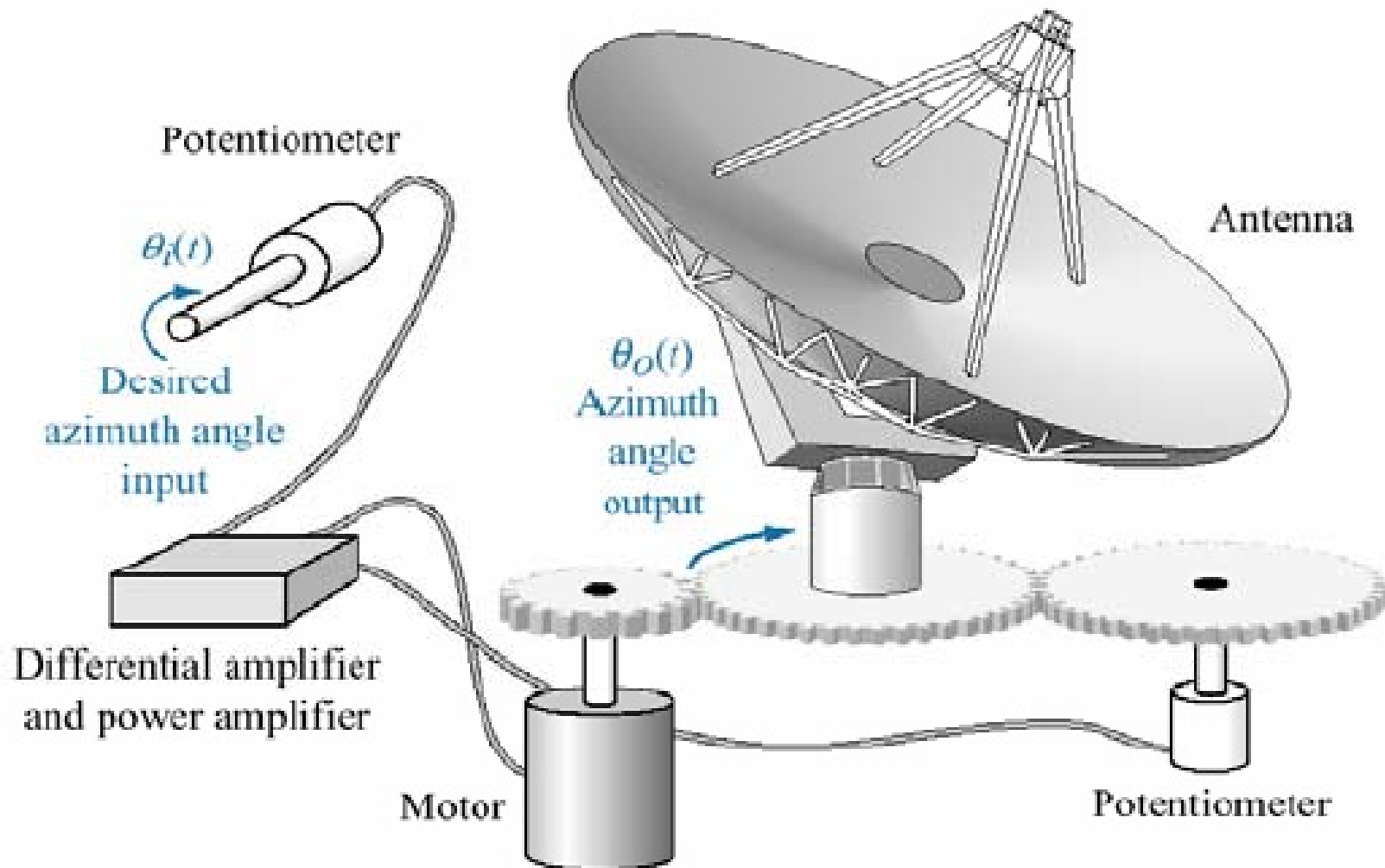


Cảm biến nhiệt

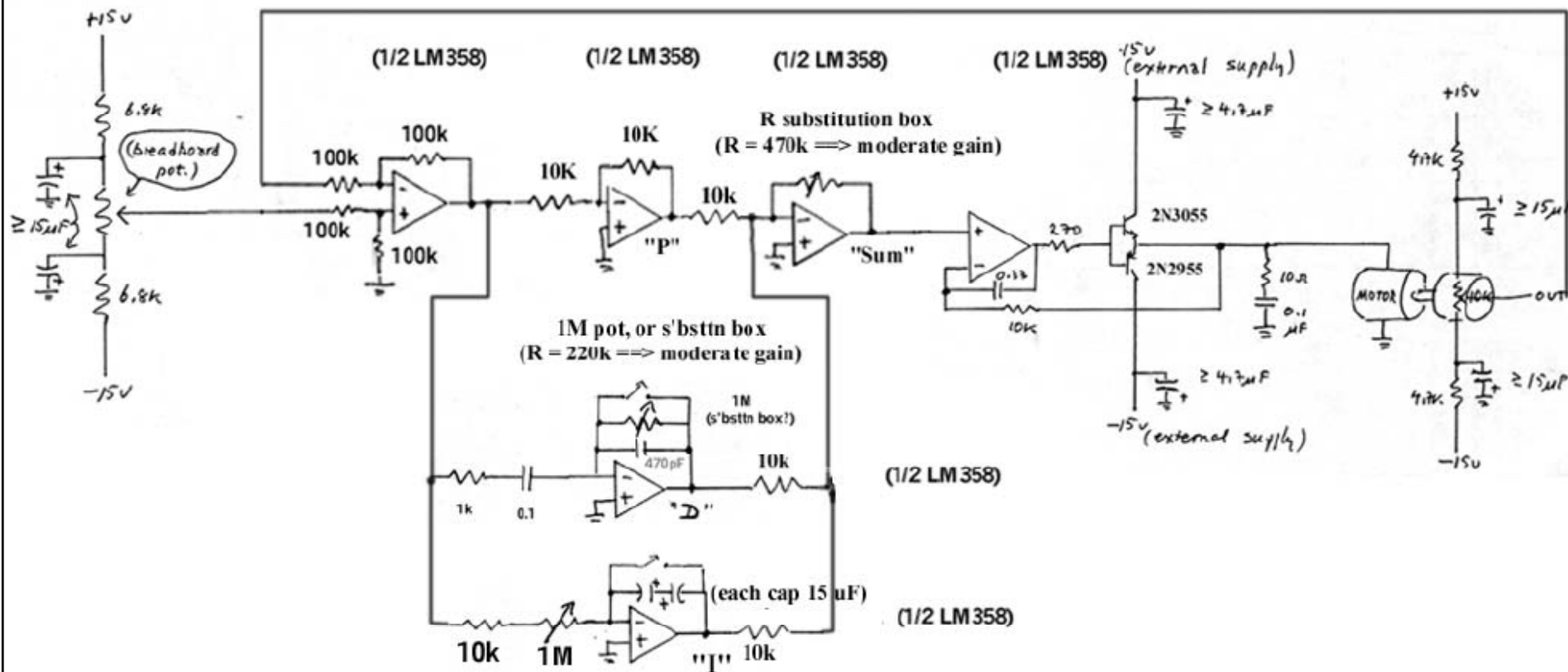
- ★ Động cơ (DC, AC) là thiết bị truyền động được sử dụng rất phổ biến trong máy móc, dây chuyền sản xuất.
- ★ Có 3 bài toán điều khiển thường gặp: điều khiển tốc độ, điều khiển vị trí, điều khiển moment.



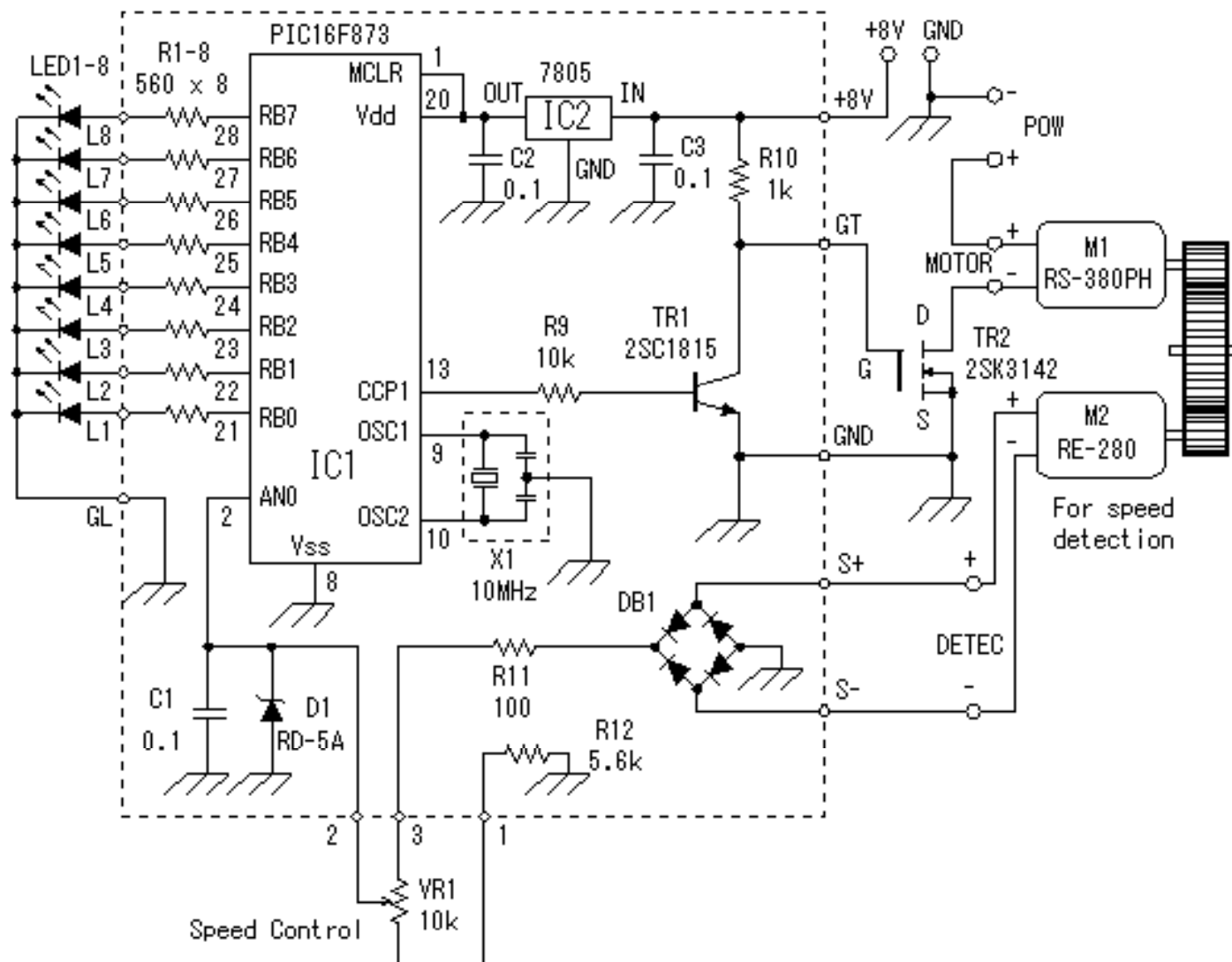
# Hệ thống điều khiển định vị anten



## Điều khiển PID vị trí động cơ DC

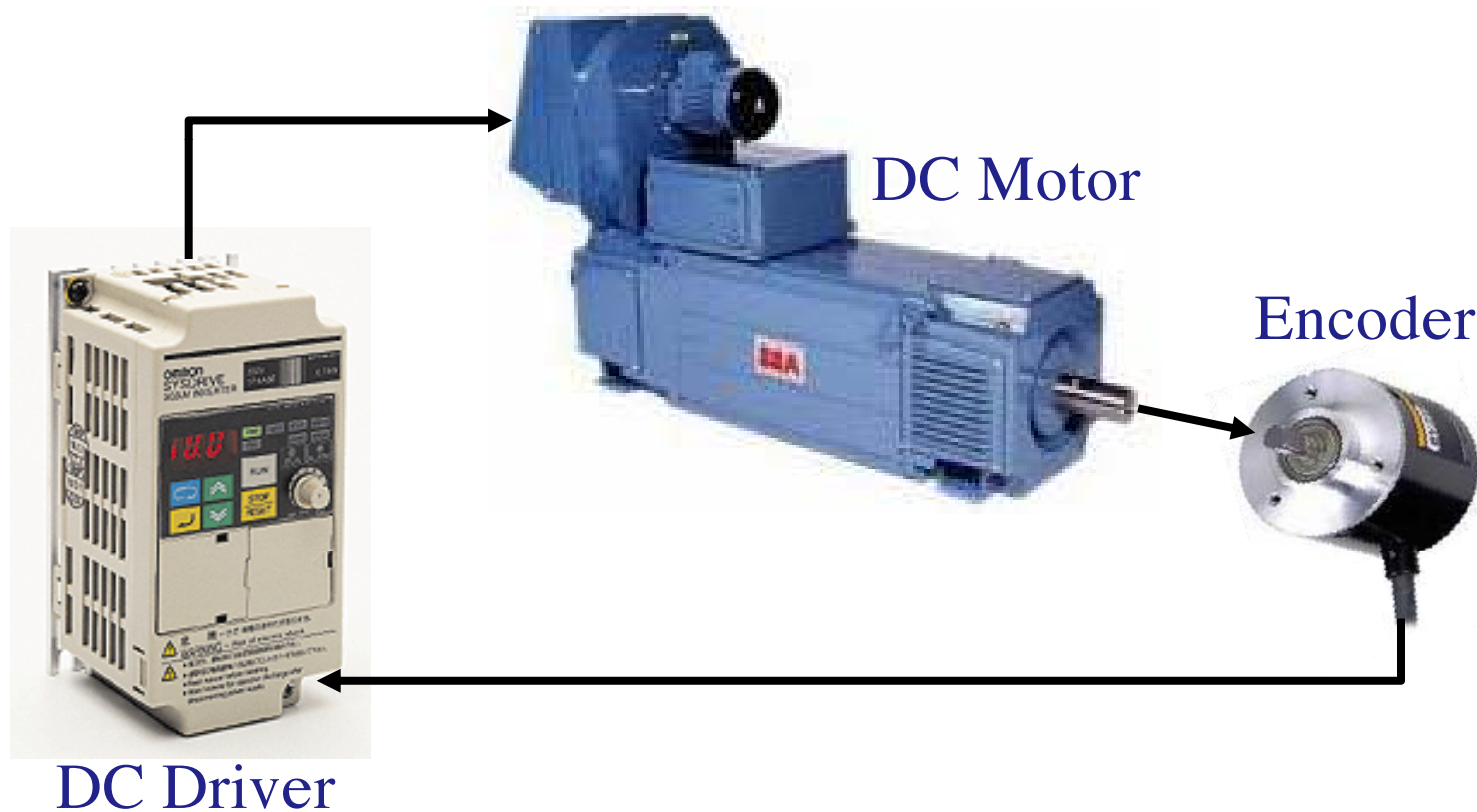


# Điều khiển PID số tốc độ động cơ DC



## Một hệ thống điều khiển động cơ thực tế

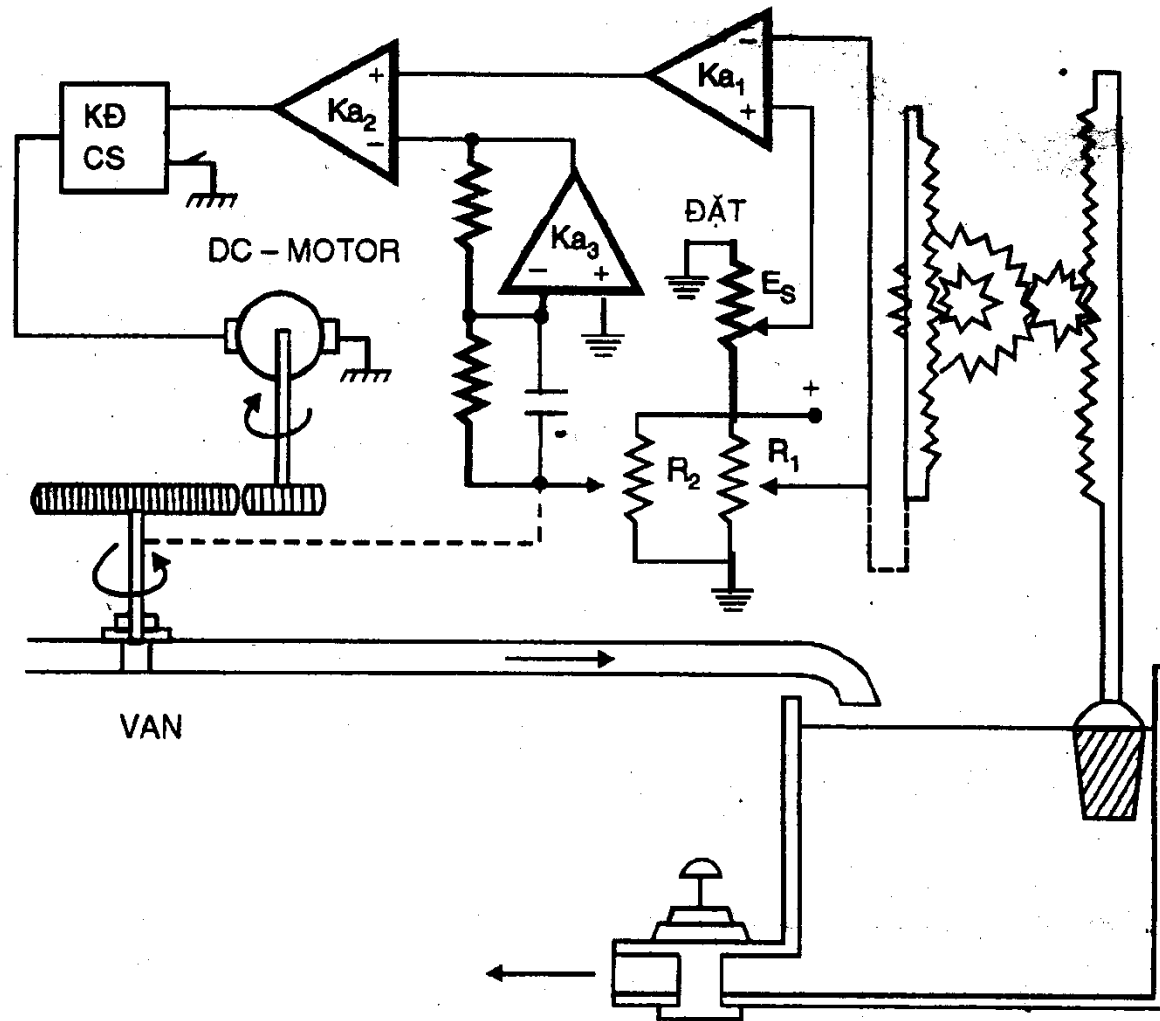
- ★ Động cơ: DC, AC
- ★ Cảm biến: biến trở, máy phát tốc, encoder
- ★ Bộ điều khiển: DC Driver, AC Driver (Inverter)



- ★ Hệ thống điều khiển mực chất lỏng thường gặp trong các quá trình công nghiệp chế biến thực phẩm, nước giải khát, các hệ thống xử lý nước thải,...
- ★ Điều khiển mực chất lỏng, điều khiển lưu lượng chất lỏng
- ★ Các loại cảm biến đo mức chất lỏng:
  - ▲ Cảm biến đo dịch chuyển: biến trở, encoder
  - ▲ Cảm biến áp suất
  - ▲ Cảm biến điện dung

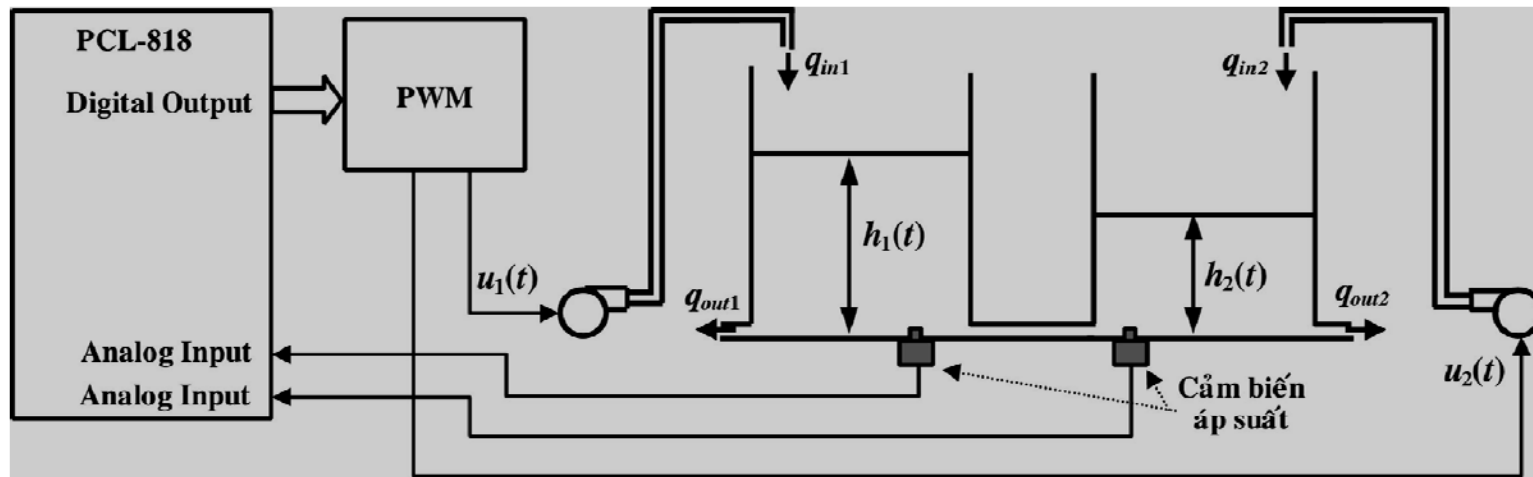


# Một thí dụ hệ thống điều khiển mực chất lỏng

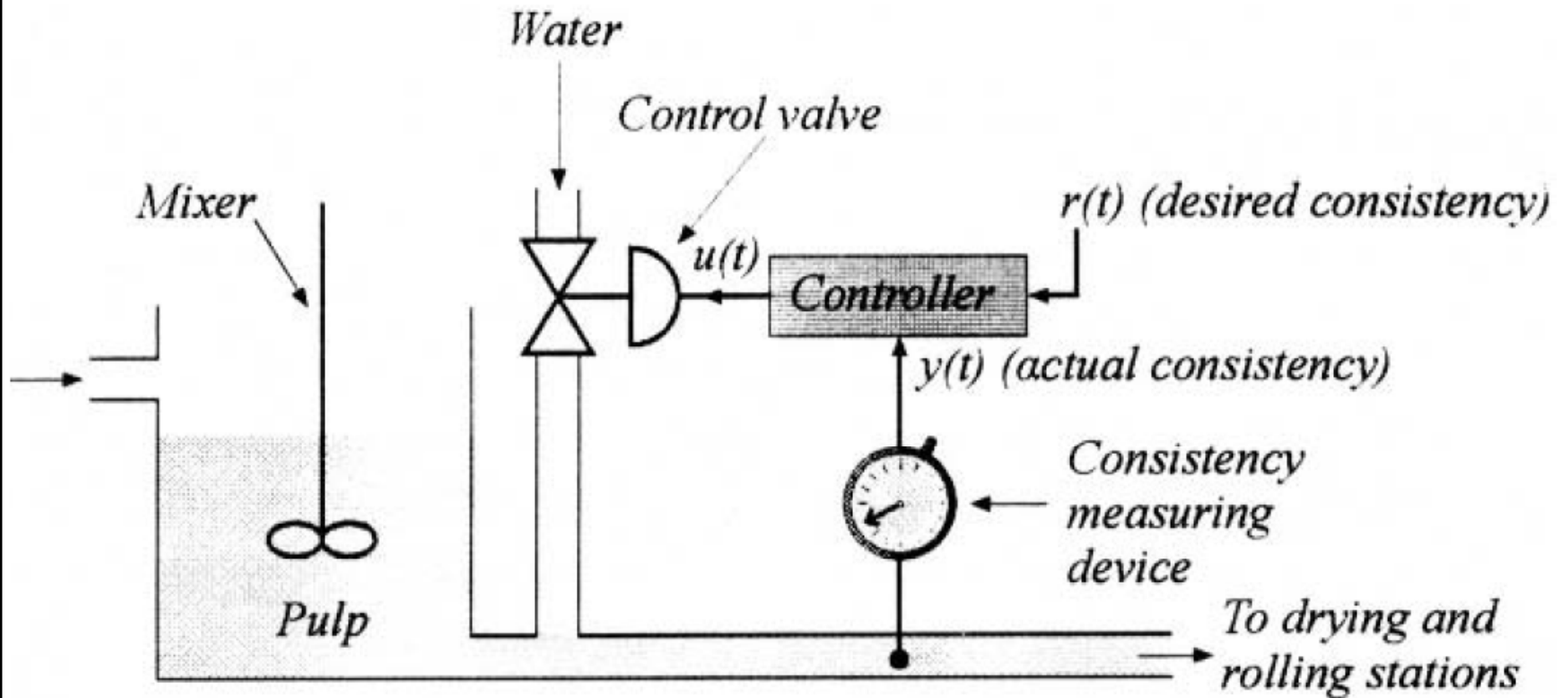


Hình vẽ tham khảo từ giáo trình: Cơ sở tự động học, Lương văn Lãng, NXB Đại học Quốc Gia

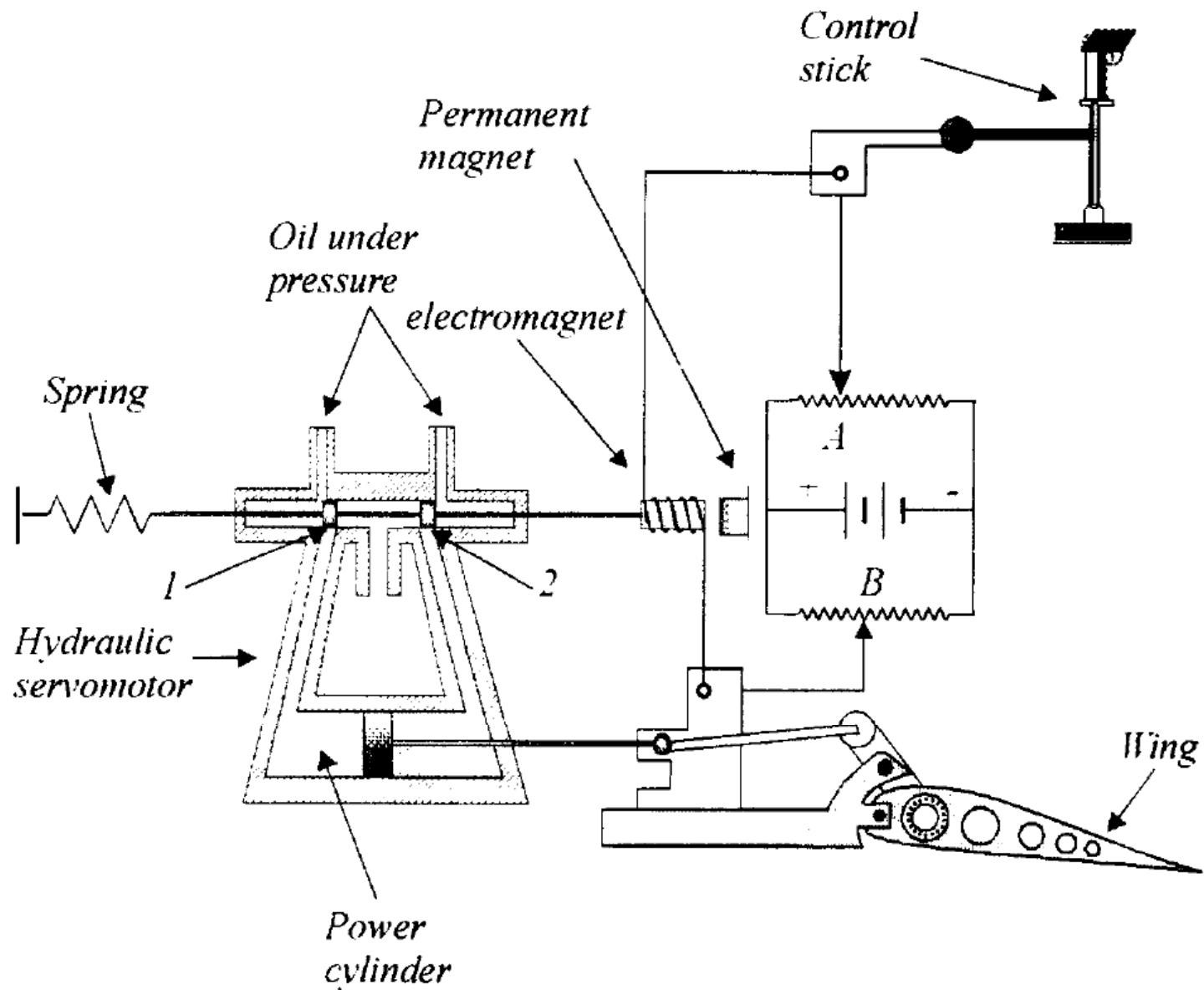
# Mô hình điều khiển mực chất lỏng trong phòng thí nghiệm



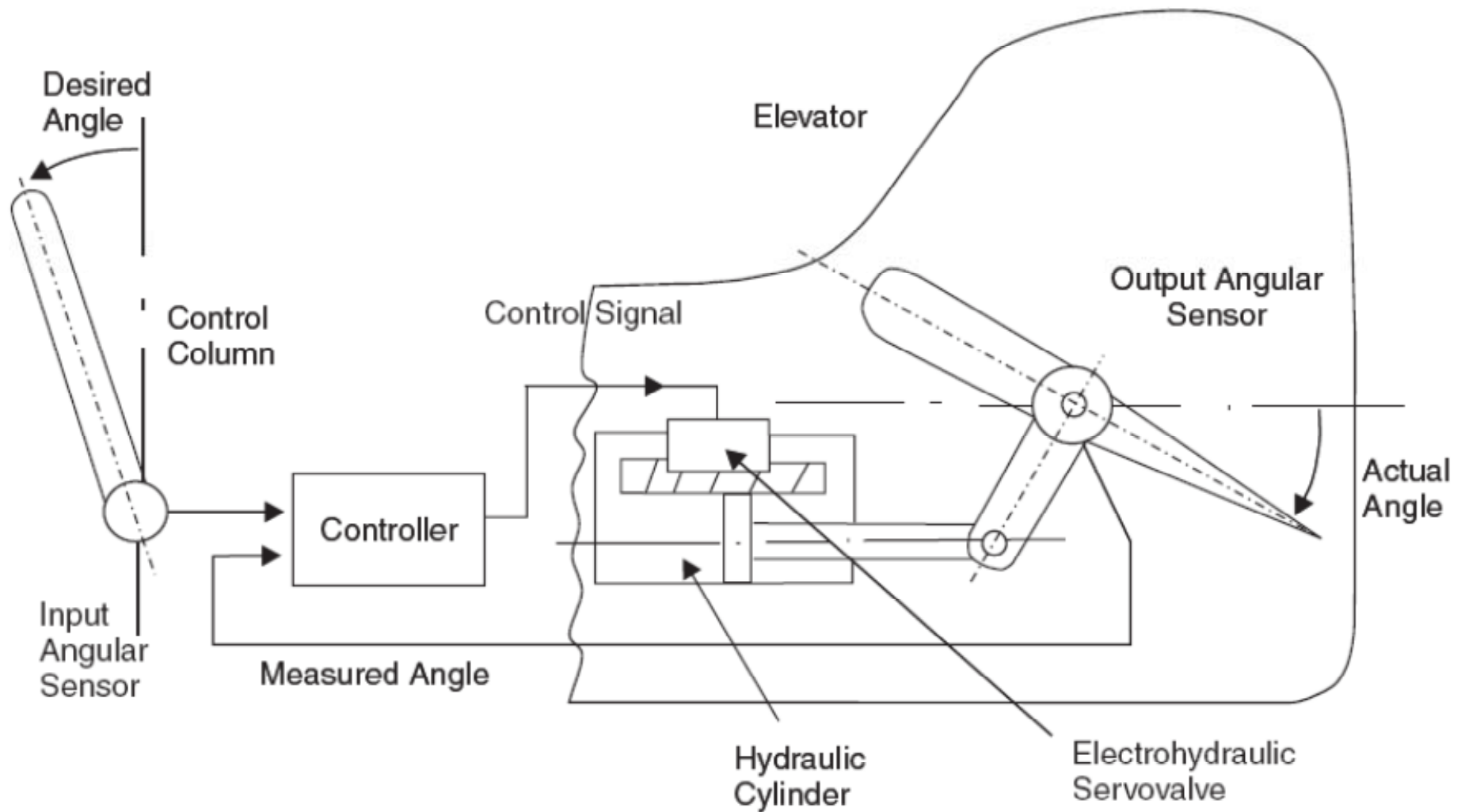
# Hệ thống điều khiển độ đậm đặc bột giấy



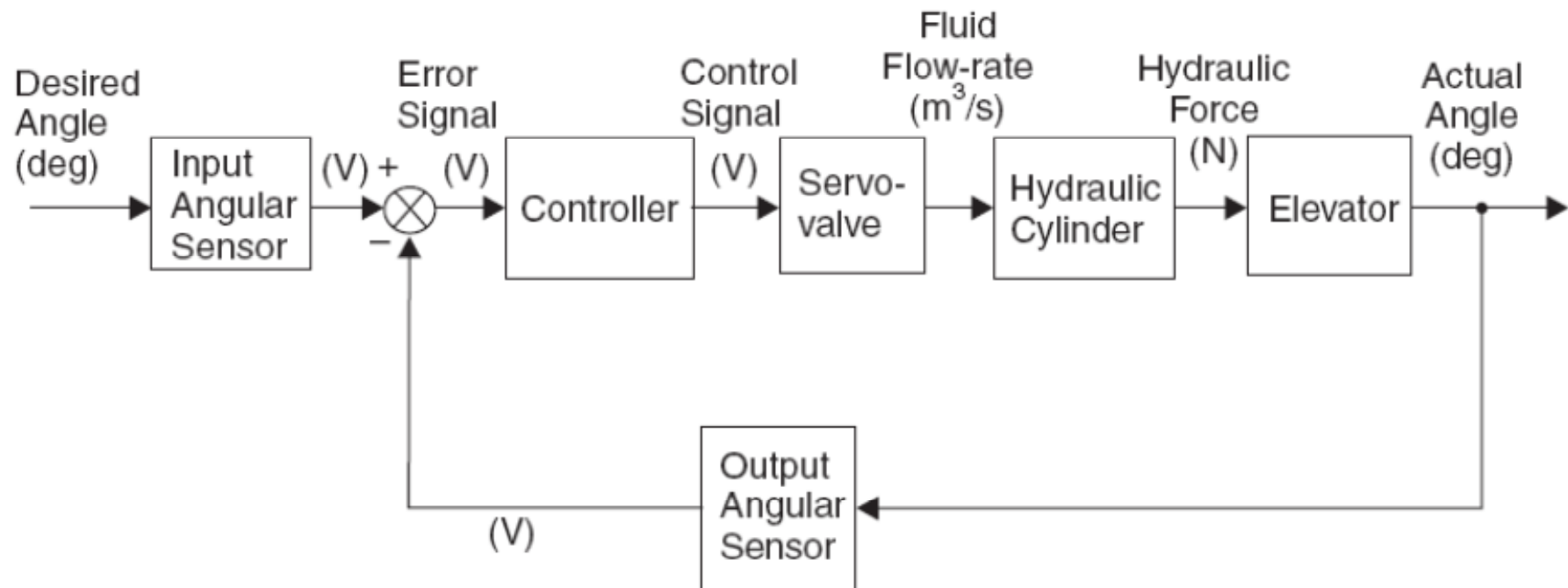
# Hệ thống điều khiển góc cánh nâng máy bay

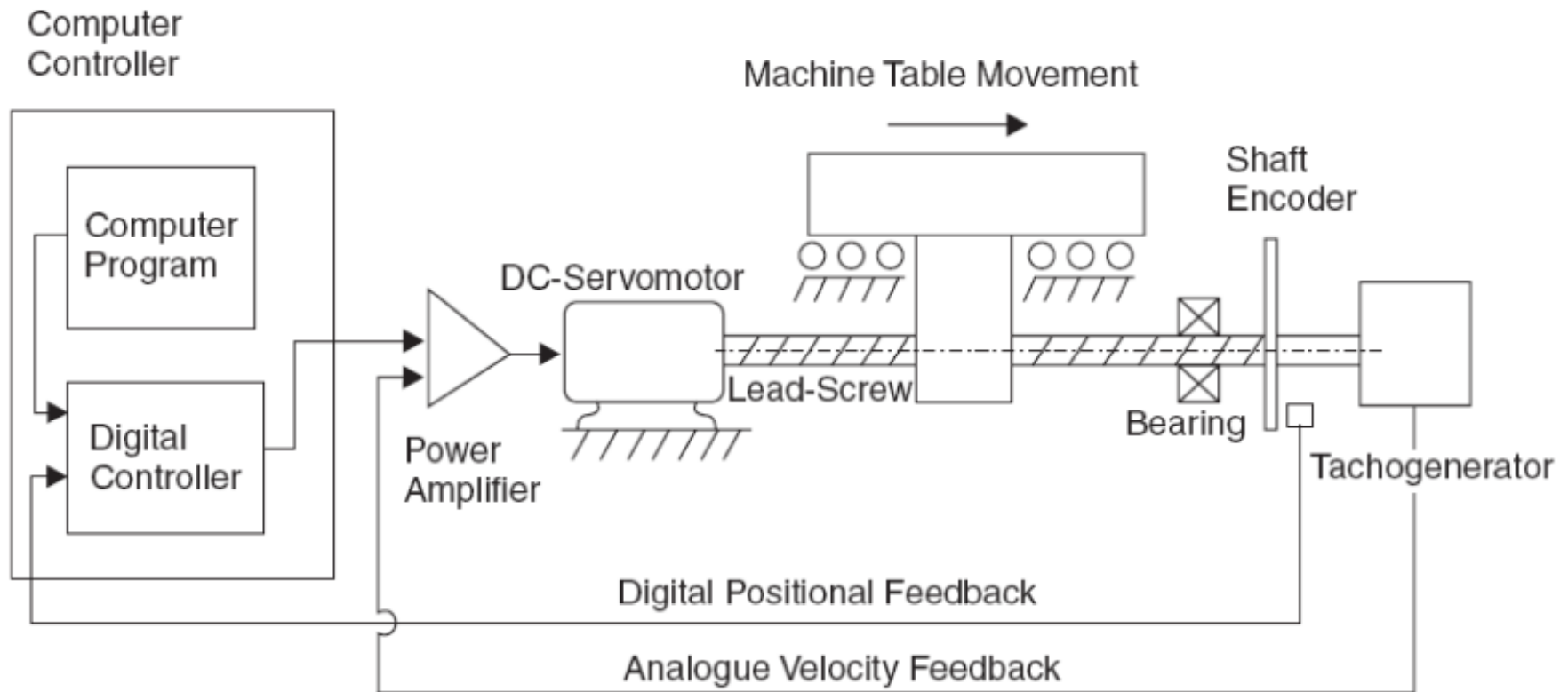


# Hệ thống điều khiển góc cánh nâng máy bay

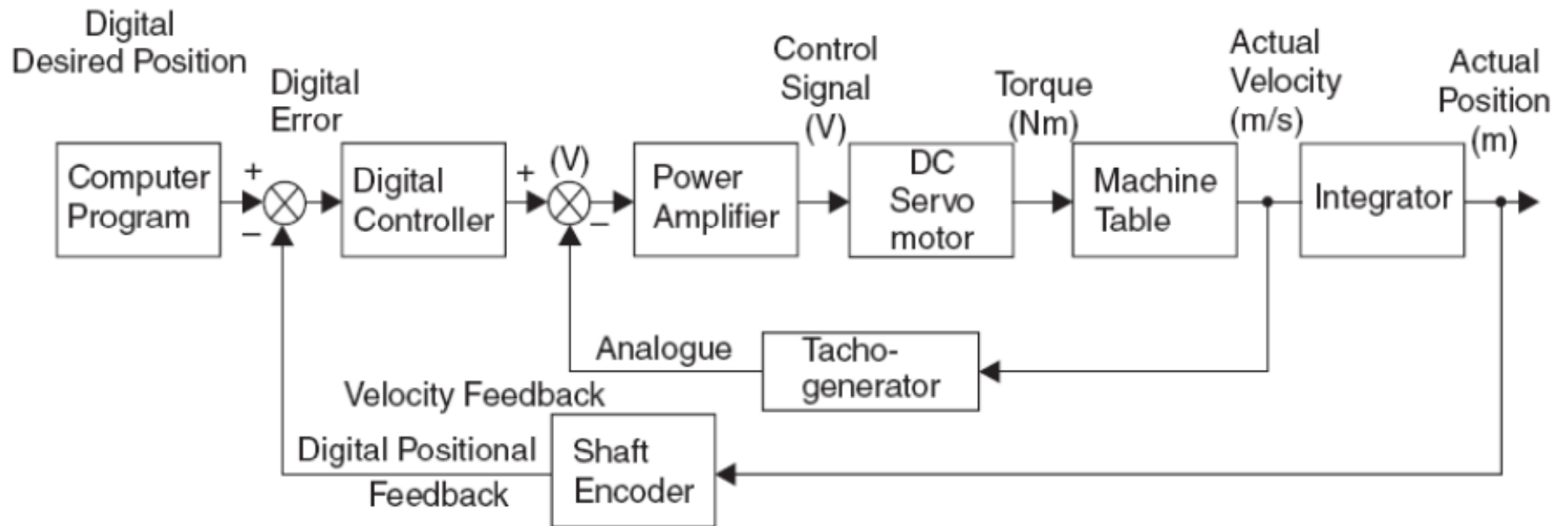


# Sơ đồ khối hệ thống điều khiển góc cánh nâng máy bay

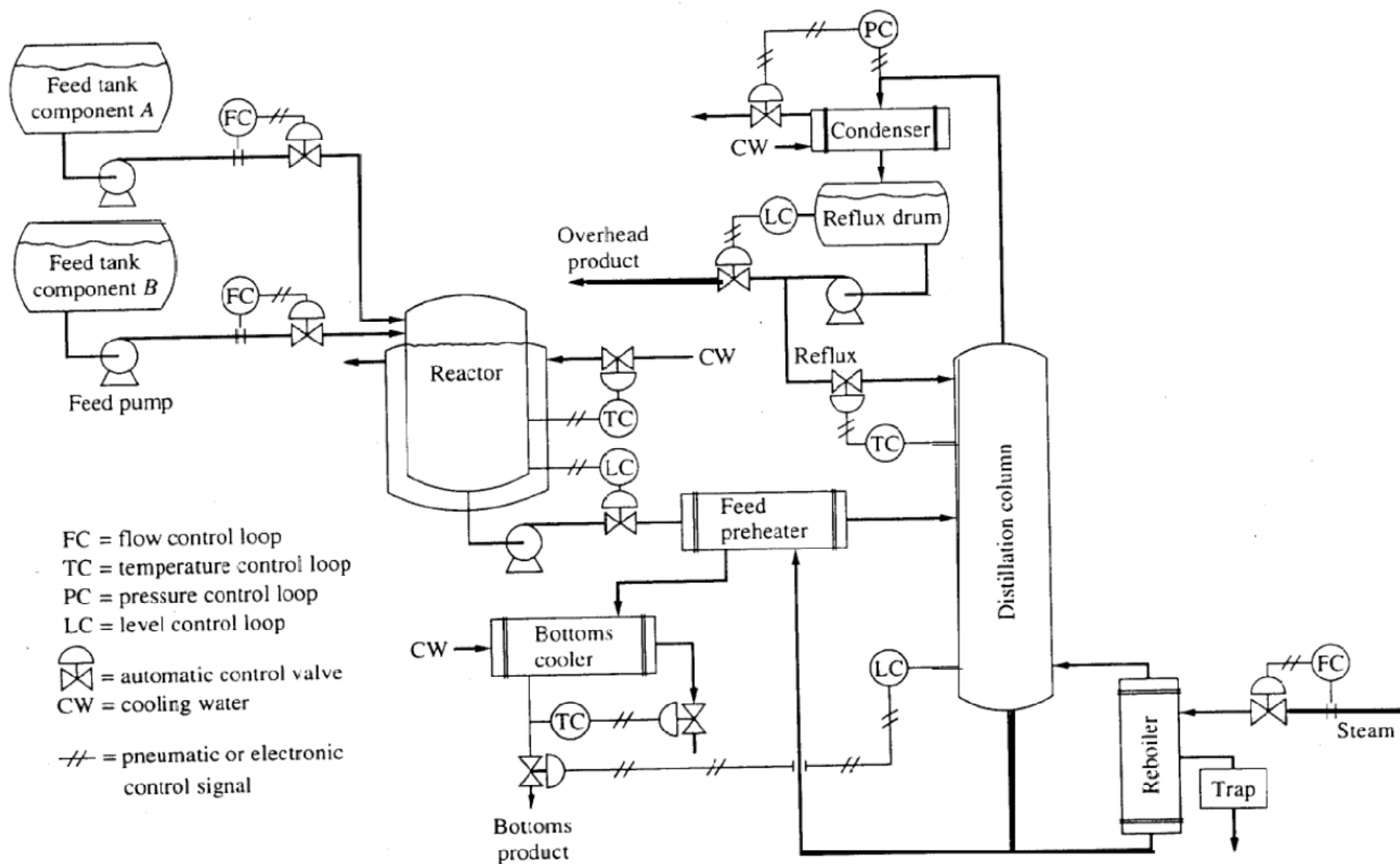




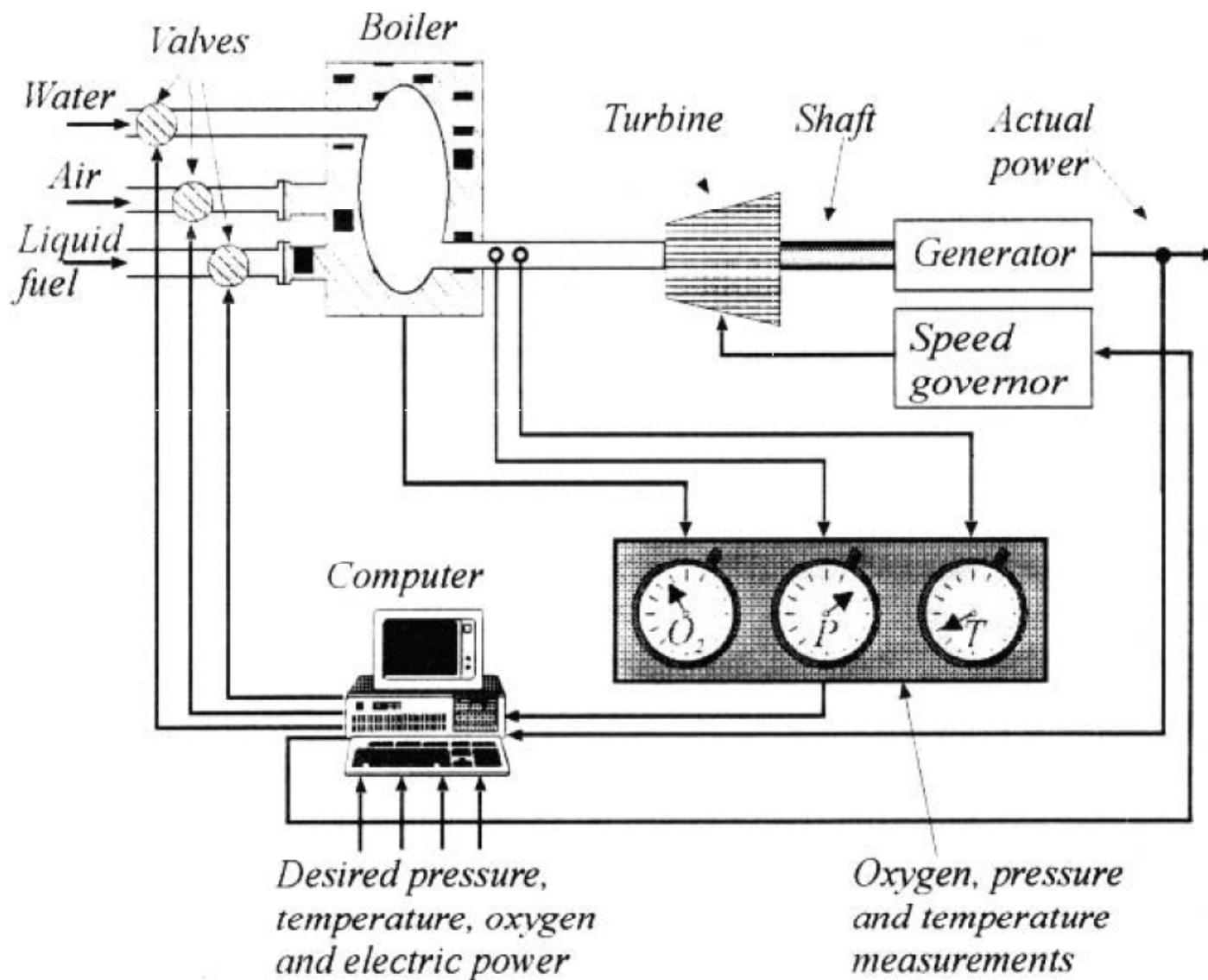
# Sơ đồ khối hệ thống điều khiển máy CNC





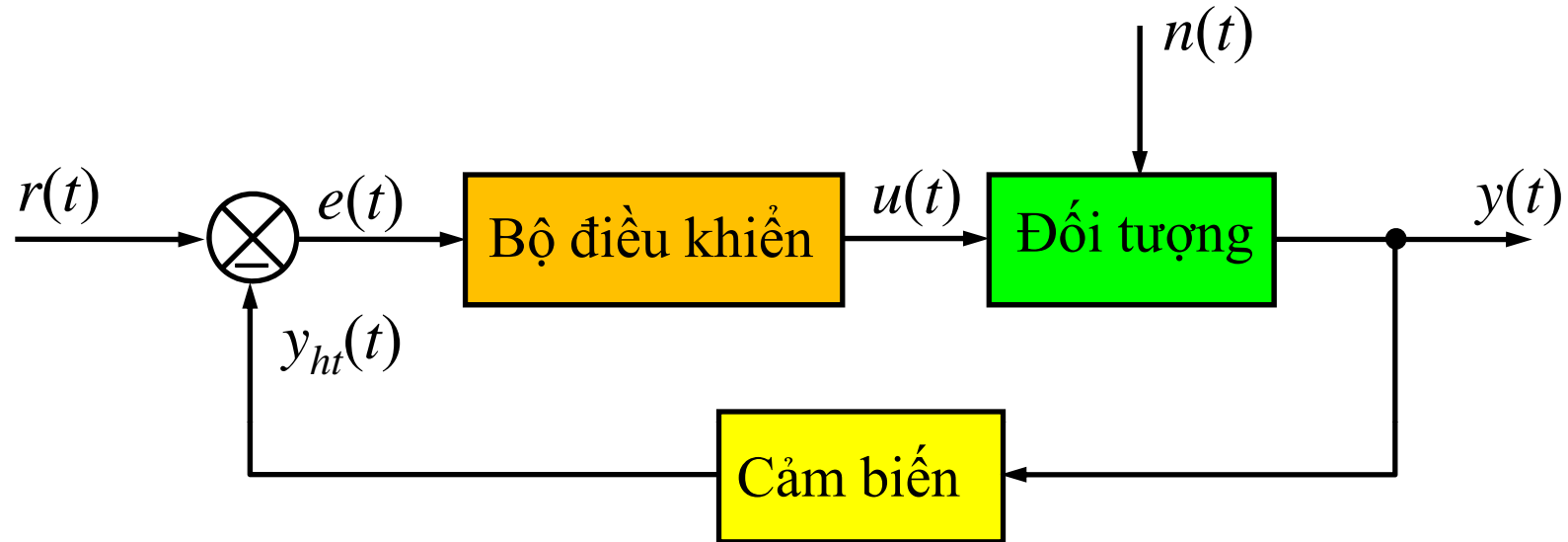


# Hệ thống điều khiển máy phát điện hơi nước



# **ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG**

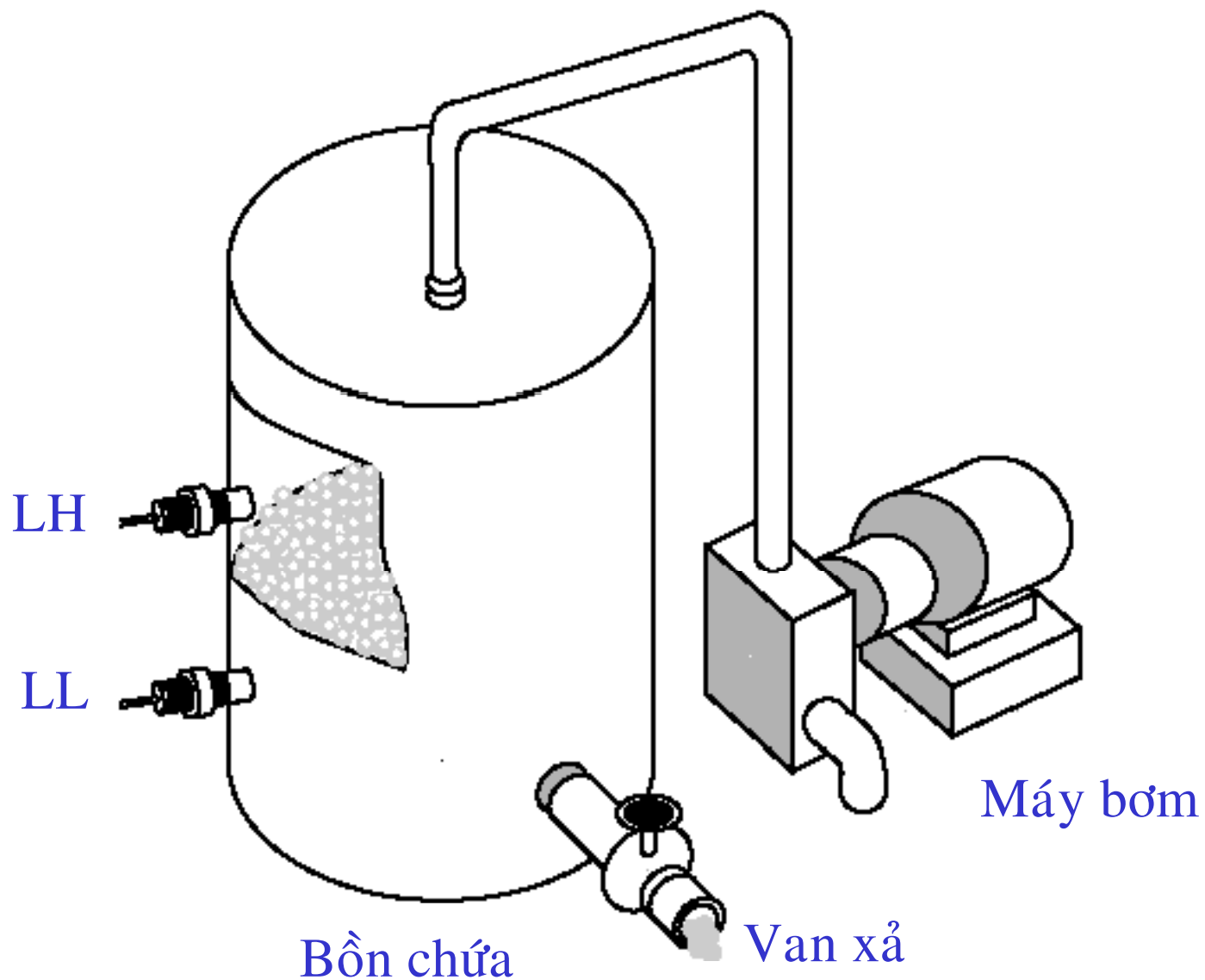
## **TẠI SAO CẦN CƠ SỞ TOÁN HỌC?**



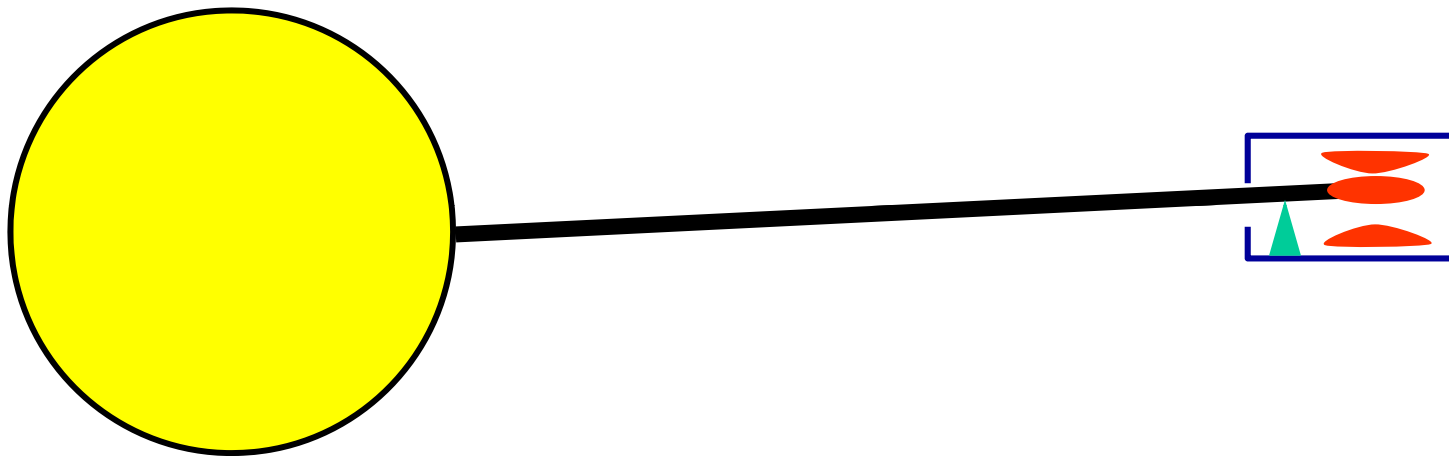
- ★ **ON-OFF:** Tín hiệu điều khiển  $u(t)$  chỉ có hai mức 0 hoặc 1
- ★ **Liên tục:** Tín hiệu điều khiển  $u(t)$  nhận giá trị liên tục bất kỳ.

- ★ Đơn giản, khi phân tích và thiết kế không cần dựa vào toán học
- ★ Chỉ cho kết quả điều khiển tốt khi đối tượng điều khiển **không có quán tính hoặc có quán tính rất bé.**
- ★ Một số thí dụ:
  - Điều khiển các phần tử khí nén
  - Điều khiển động cơ kéo băng tải trong **một số** dây chuyền sản xuất.
  - Các ứng dụng khác khi không cần yêu cầu điều khiển chính xác.

## Thí dụ điều khiển mực chất lỏng trong bồn chứa



## ★ Phao

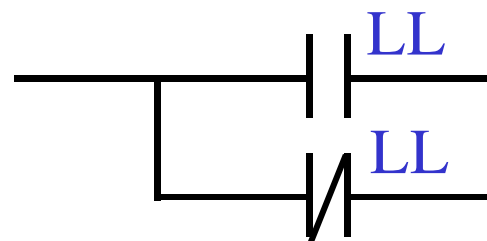


## ★ Cảm biến điện dung



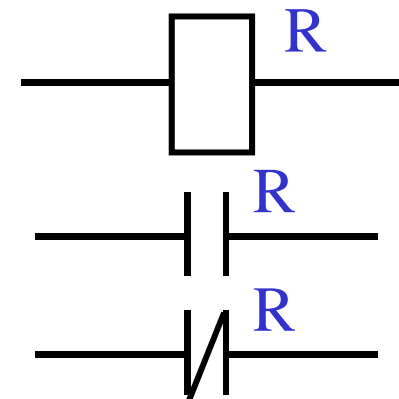
### ★ Nguyên lý hoạt động

- Phát hiện ra chất lỏng: ON
- Không phát hiện chất lỏng: OFF





## ★ Relay

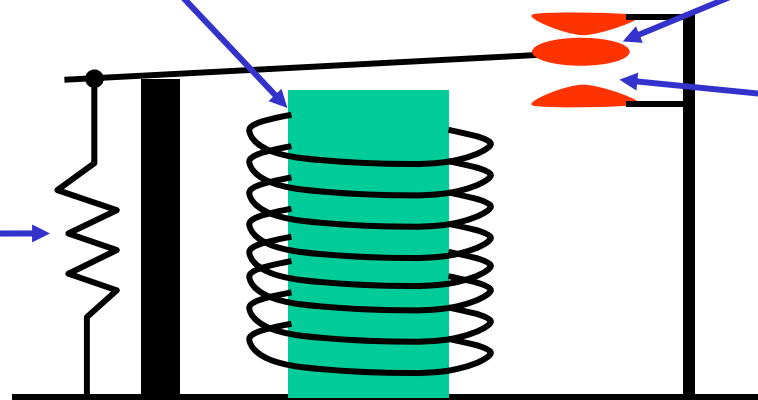


Nam châm điện

Tiếp điểm thường đóng

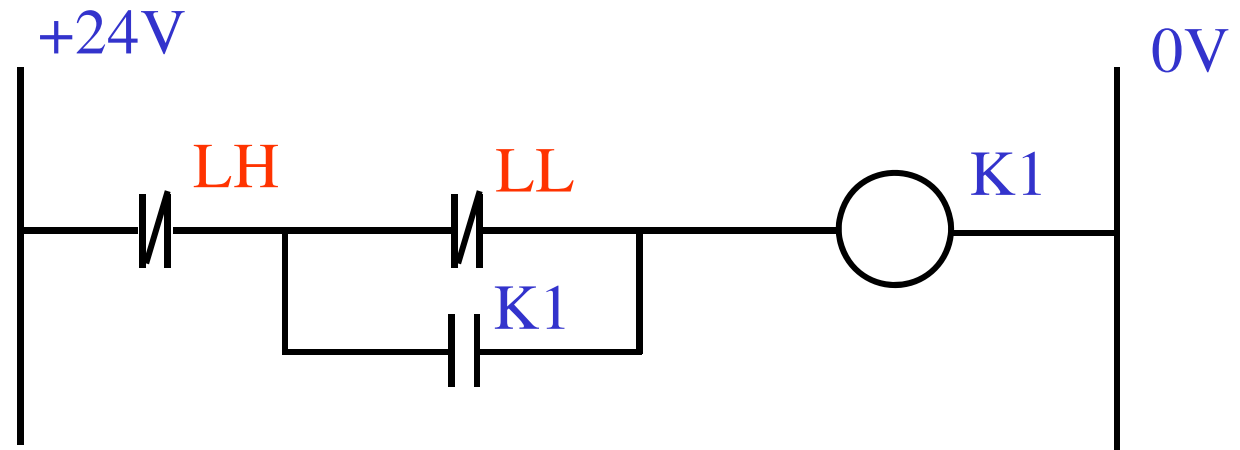
Lò xo

Tiếp điểm thường mở

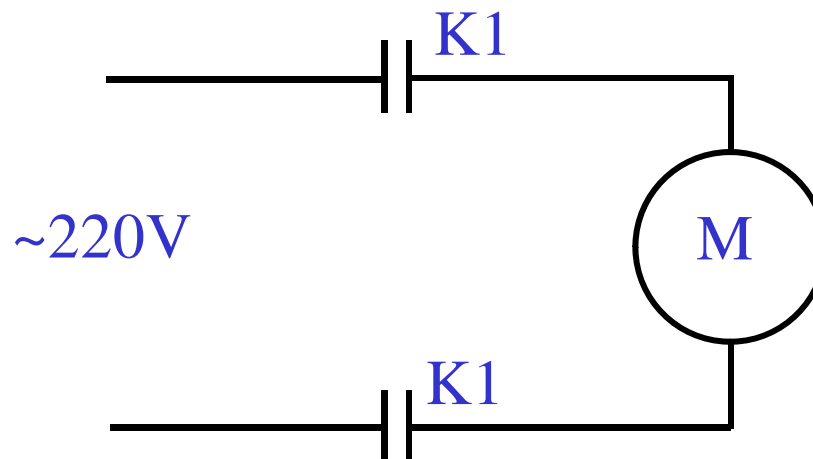


# Sơ đồ điều khiển mức chất lỏng trong bồn

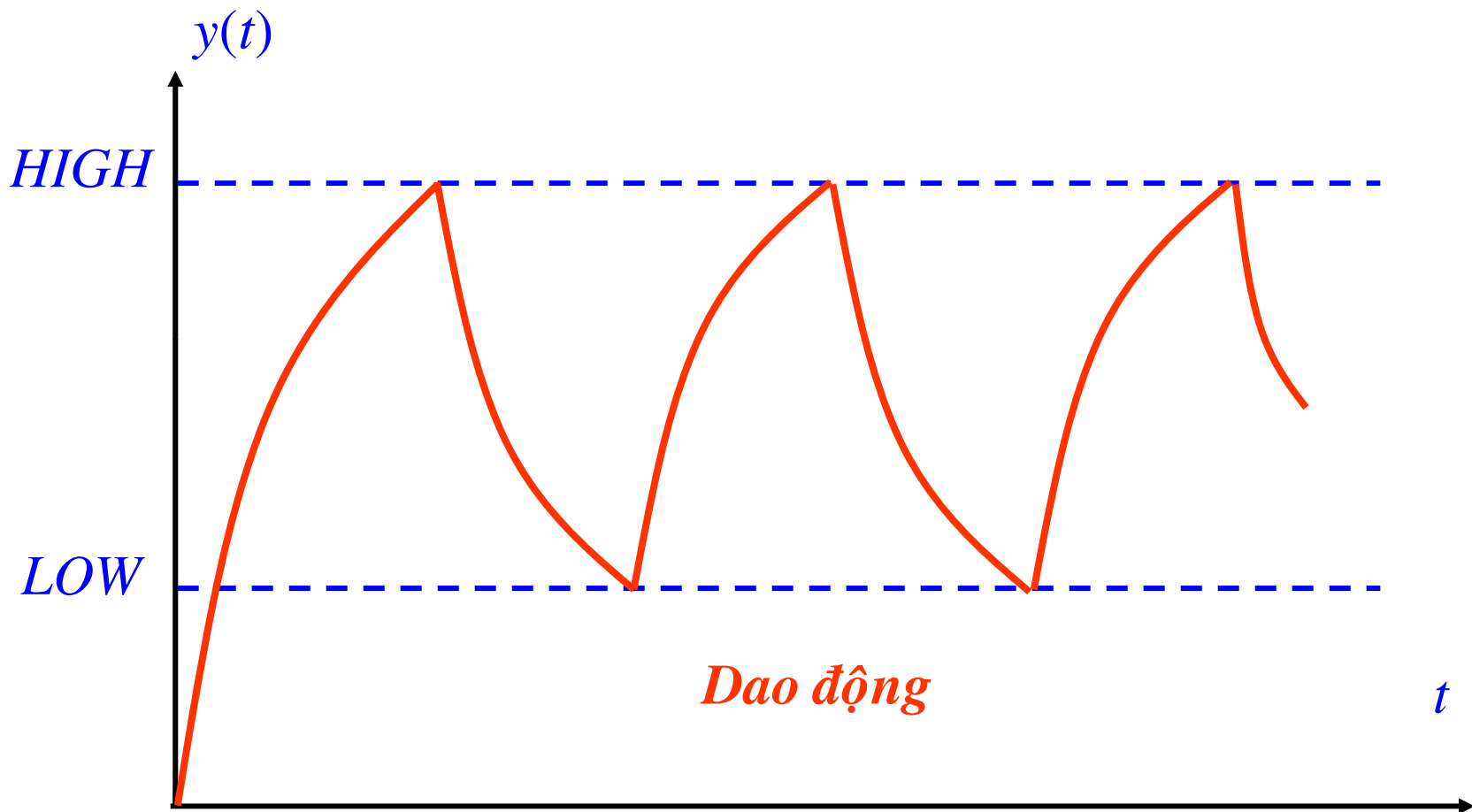
Sơ đồ điều khiển



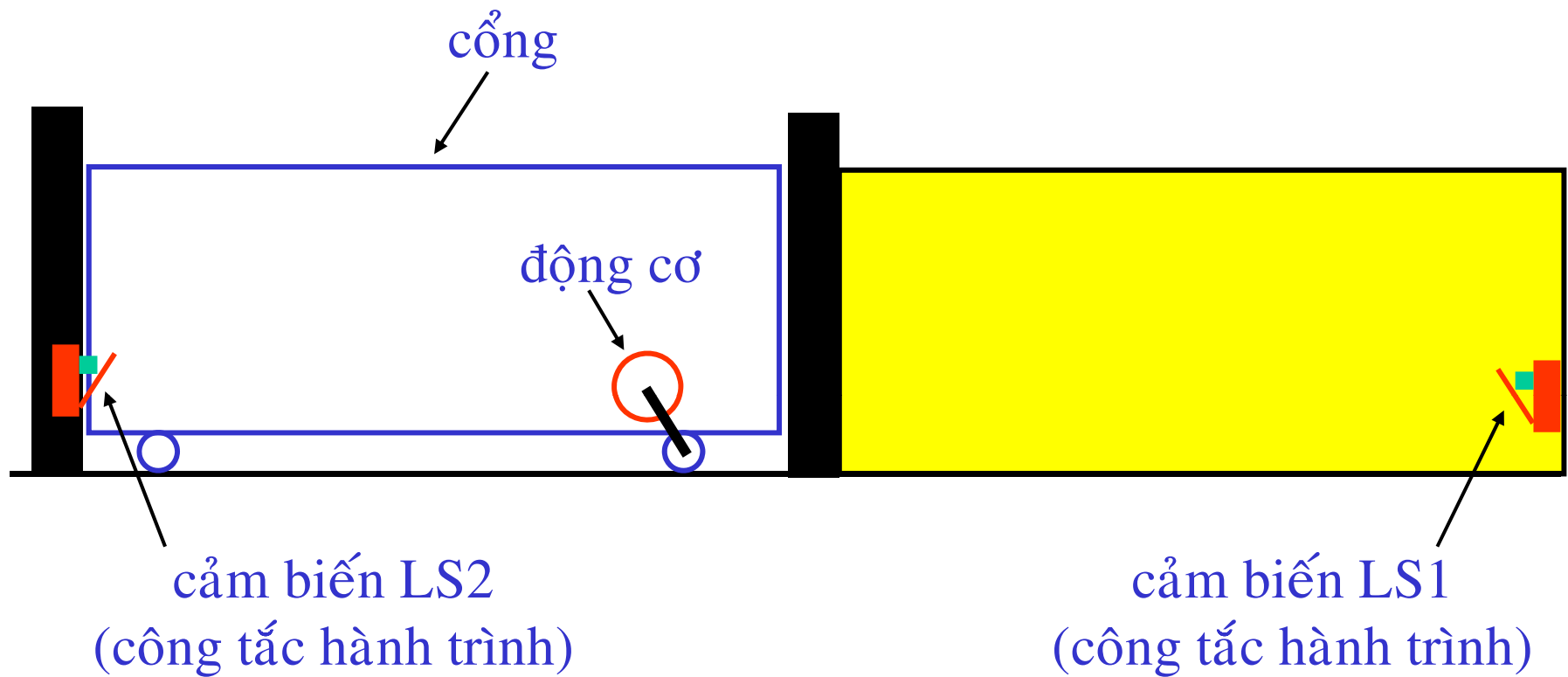
Sơ đồ động lực



# Đáp ứng của hệ thống điều khiển ON-OFF mức chất lỏng



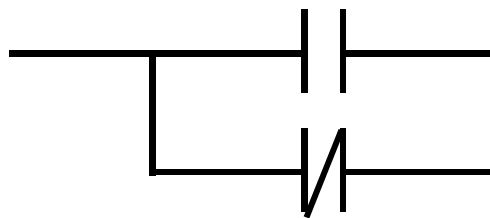
# Thí dụ điều khiển cổng tự động



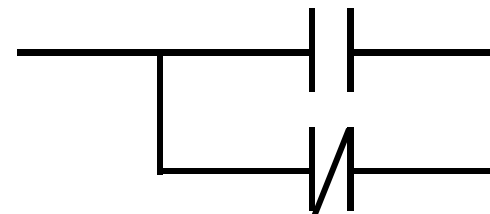
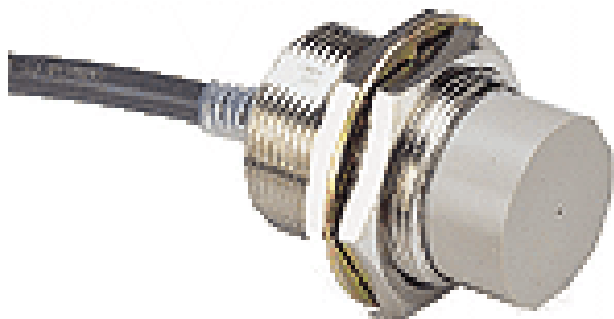
MỞ	▲
ĐÓNG	▼
DỪNG	●

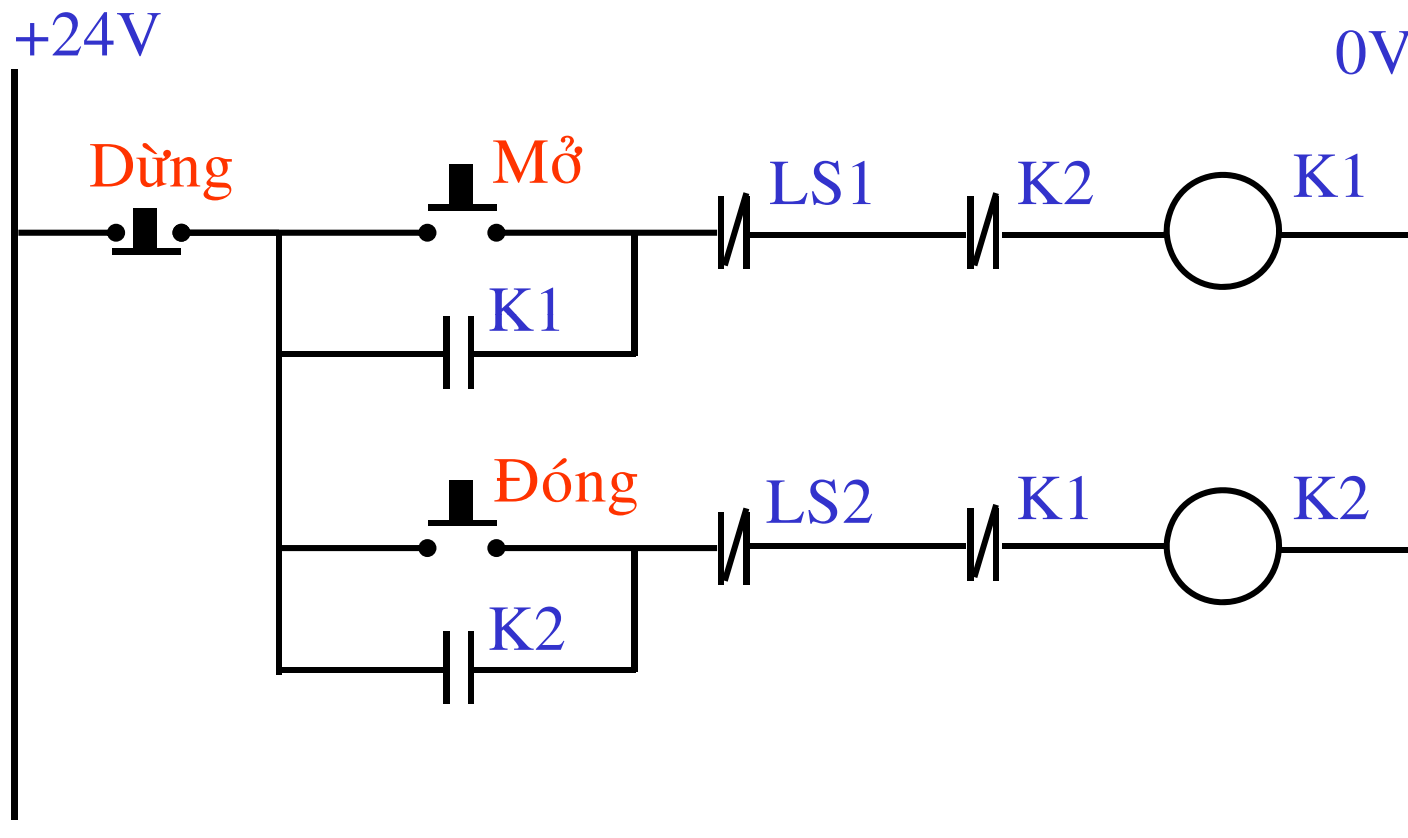
Yêu cầu: Nhấn nút [MỞ]  $\Rightarrow$  cổng mở  
 Nhấn nút [ĐÓNG]  $\Rightarrow$  cổng đóng  
 Nhấn nút [DỪNG]  $\Rightarrow$  cổng dừng

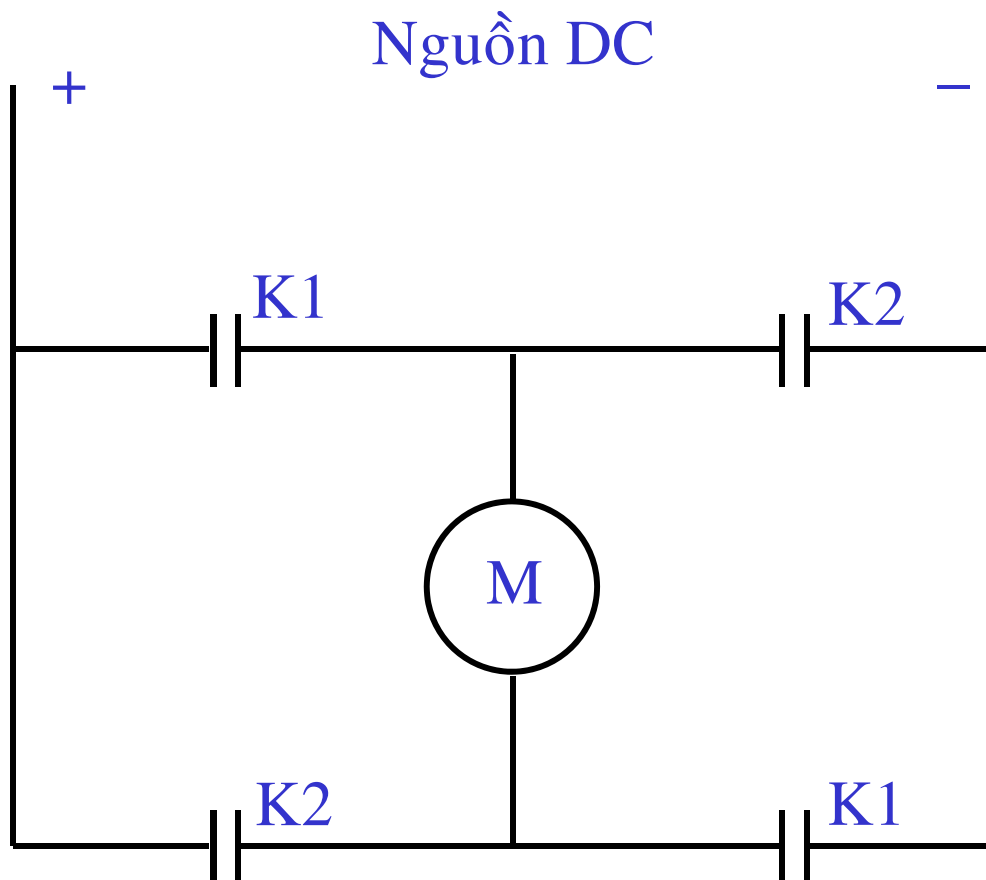
## ★ Công tắc hành trình



## ★ Cảm biến điện cảm



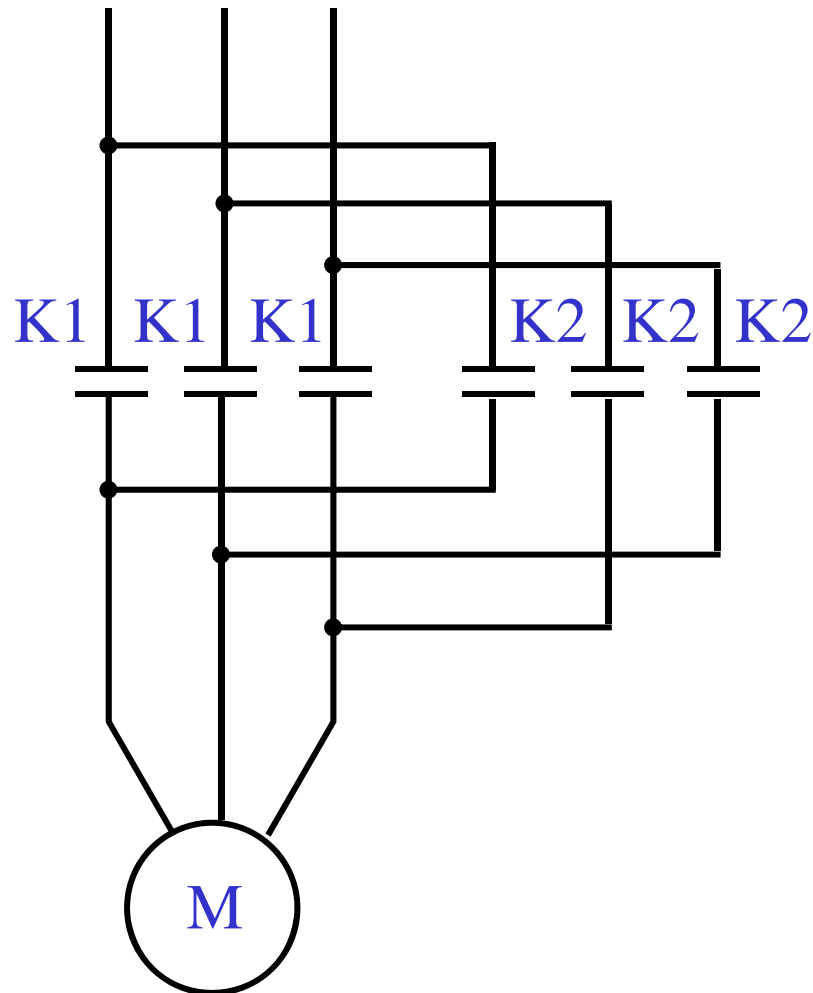




Sơ đồ động lực động cơ DC



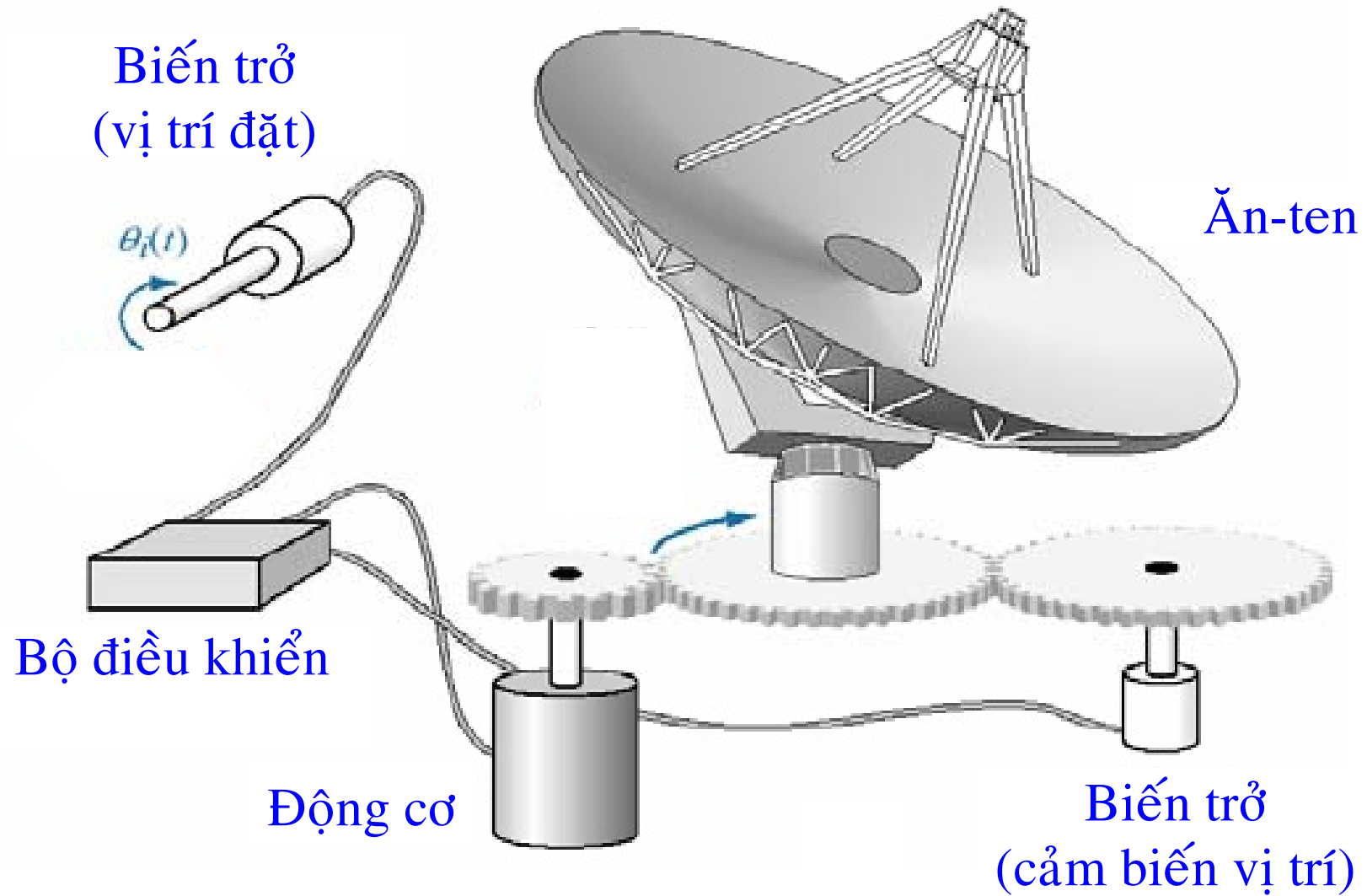
3Pha220V



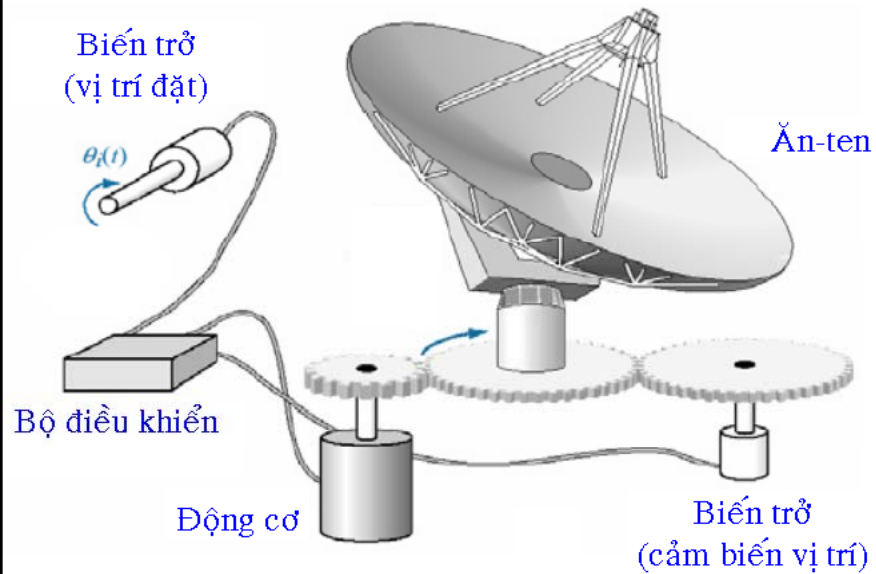
Sơ đồ động lực động cơ AC

- ★ Chất lượng điều khiển có đảm bảo không nếu cổng có quán tính lớn?
- ★ Áp dụng sơ đồ tương tự để điều khiển thang máy di chuyển từ tầng này đến tầng khác người sử dụng thang có cảm thấy an toàn, thoải mái?

# Hệ thống điều khiển định vị anten



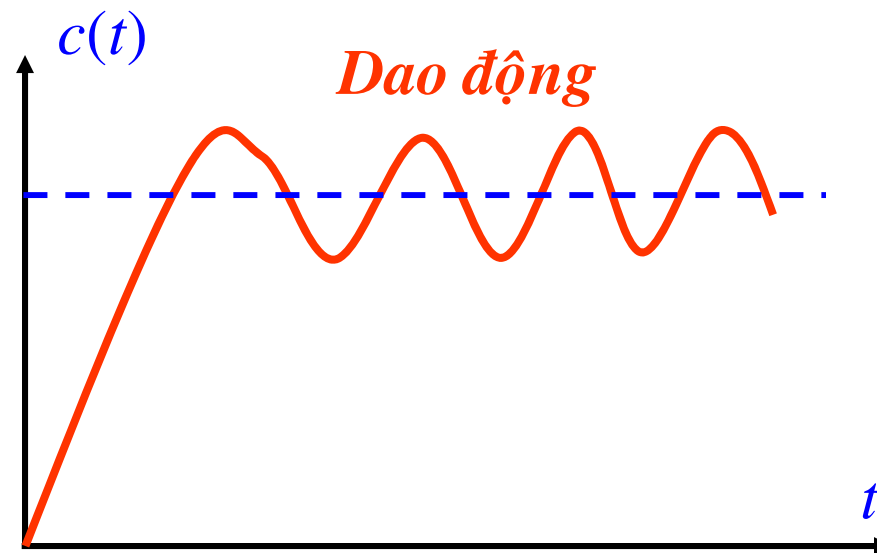
# Hệ thống điều khiển định vị anten: Điều khiển ON-OFF



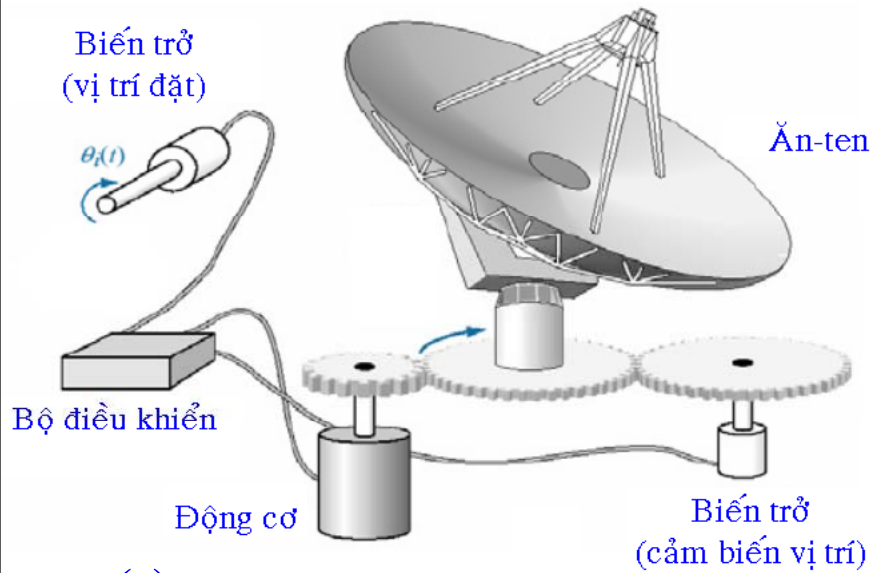
$$\star e(t) = 0 \Rightarrow u(t)=0$$

$$\star e(t) > 0 \Rightarrow u(t)=+V$$

$$\star e(t) < 0 \Rightarrow u(t)=-V$$



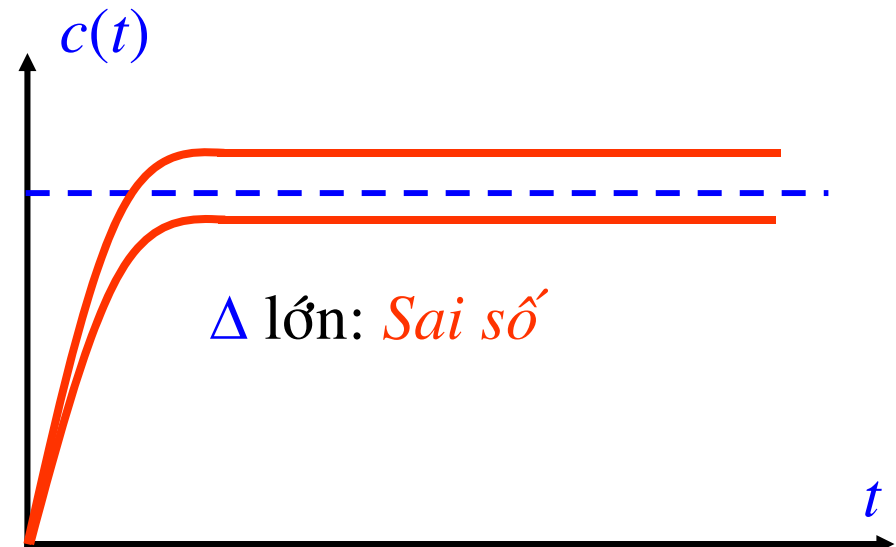
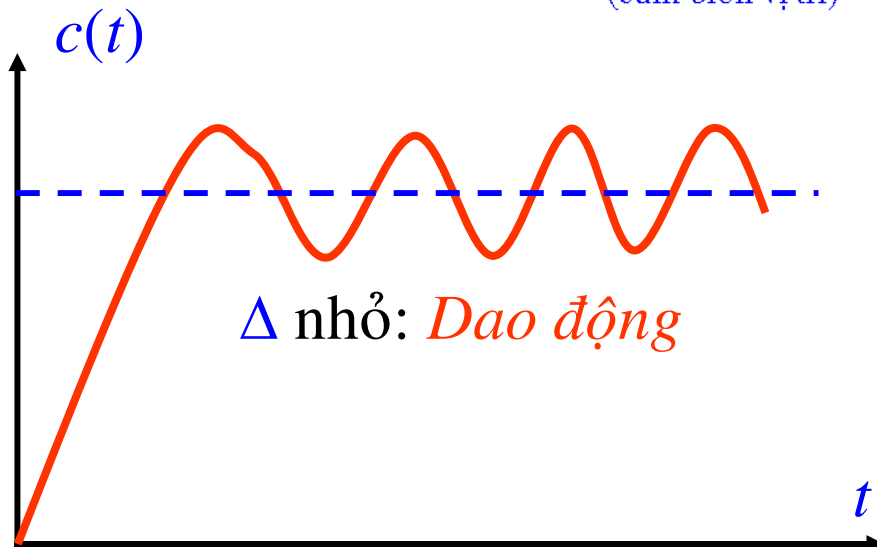
# Hệ thống điều khiển định vị anten: Điều khiển ON-OFF



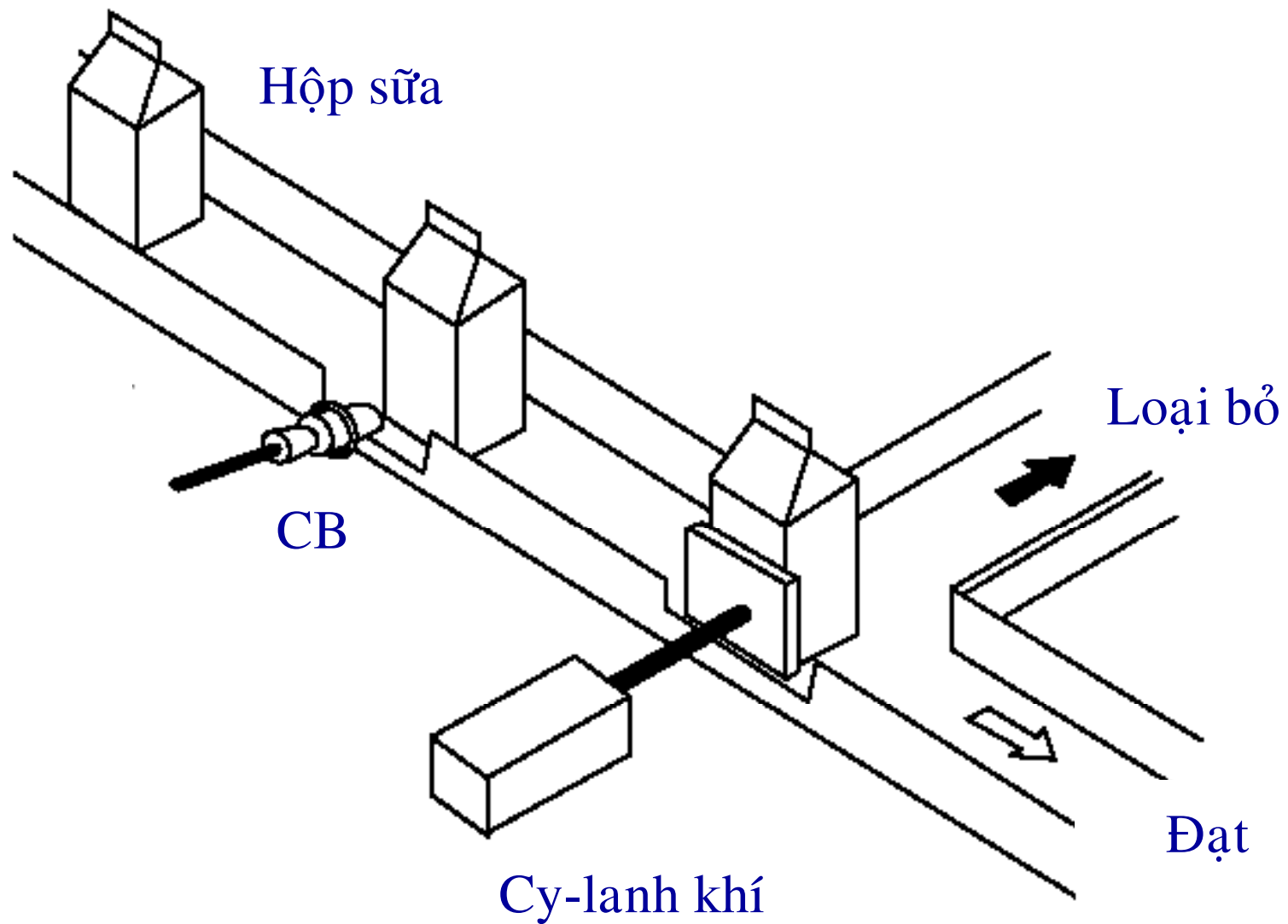
$$\star |e(t)| \leq \Delta \Rightarrow u(t)=0$$

$$\star e(t) > \Delta \Rightarrow u(t)=+V$$

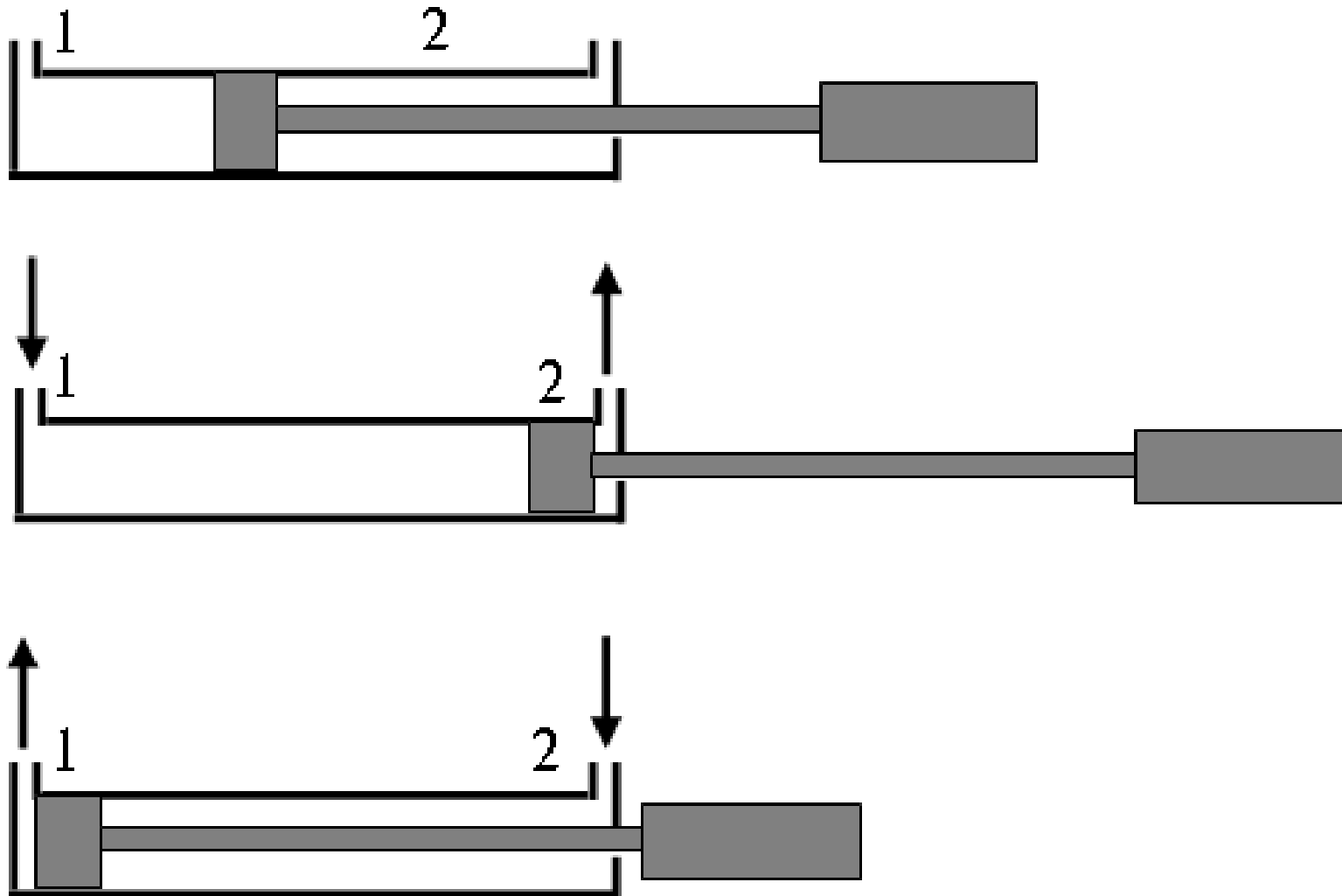
$$\star e(t) < -\Delta \Rightarrow u(t)=-V$$



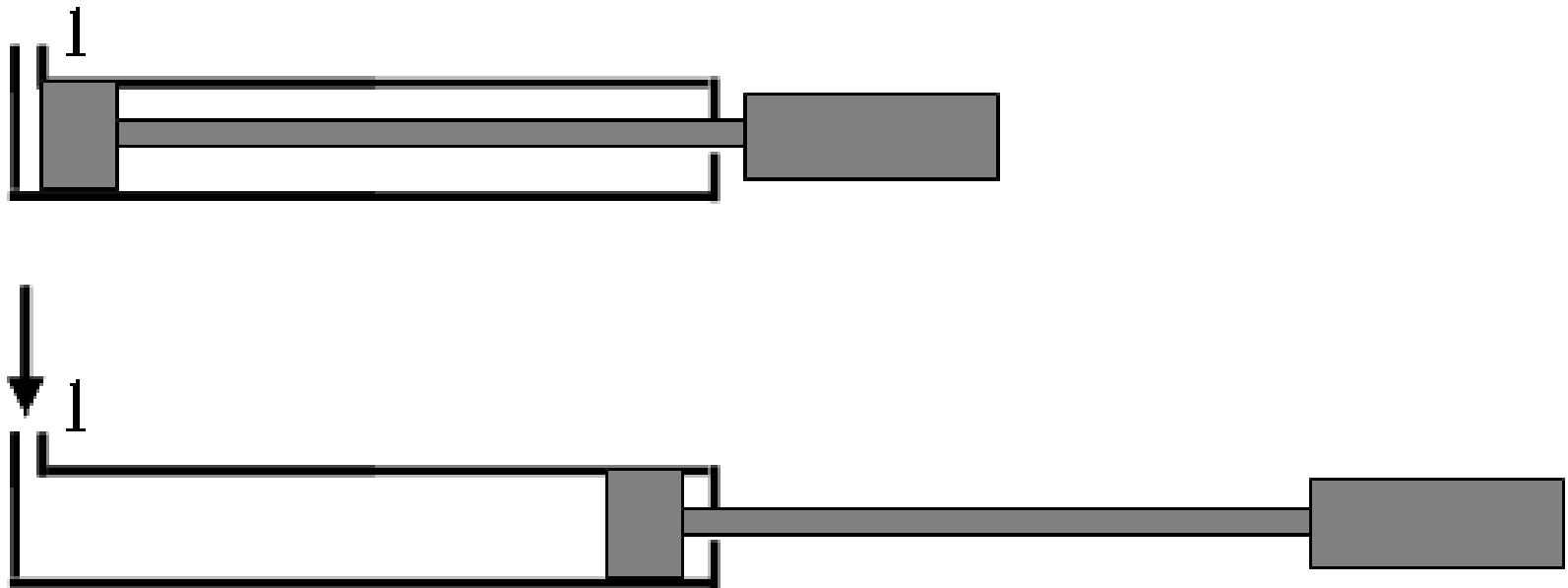
## Hệ thống phát hiện hộp sữa rỗng



## Xylanh khí 2 chiều



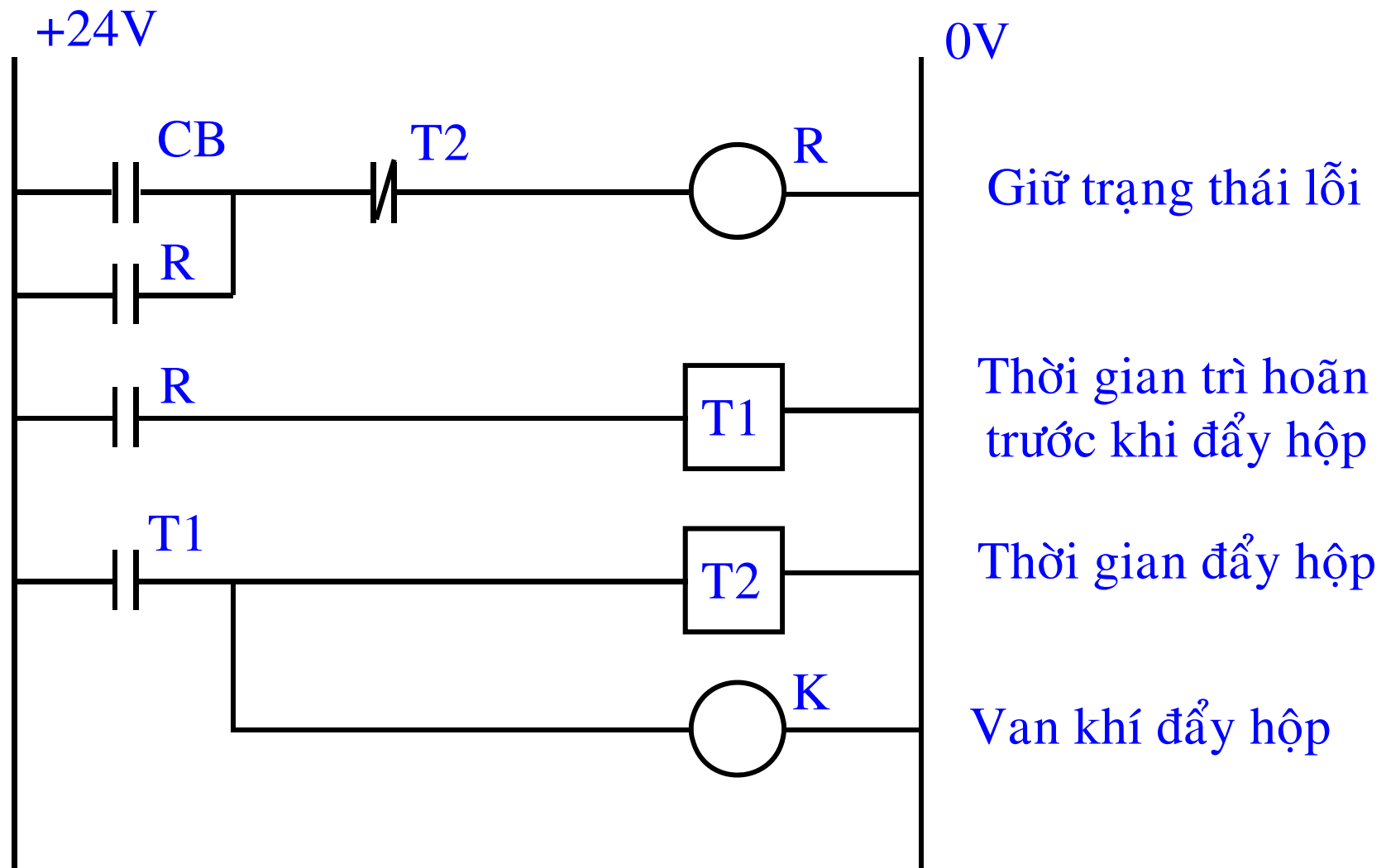
## Xylanh khí 1 chiều

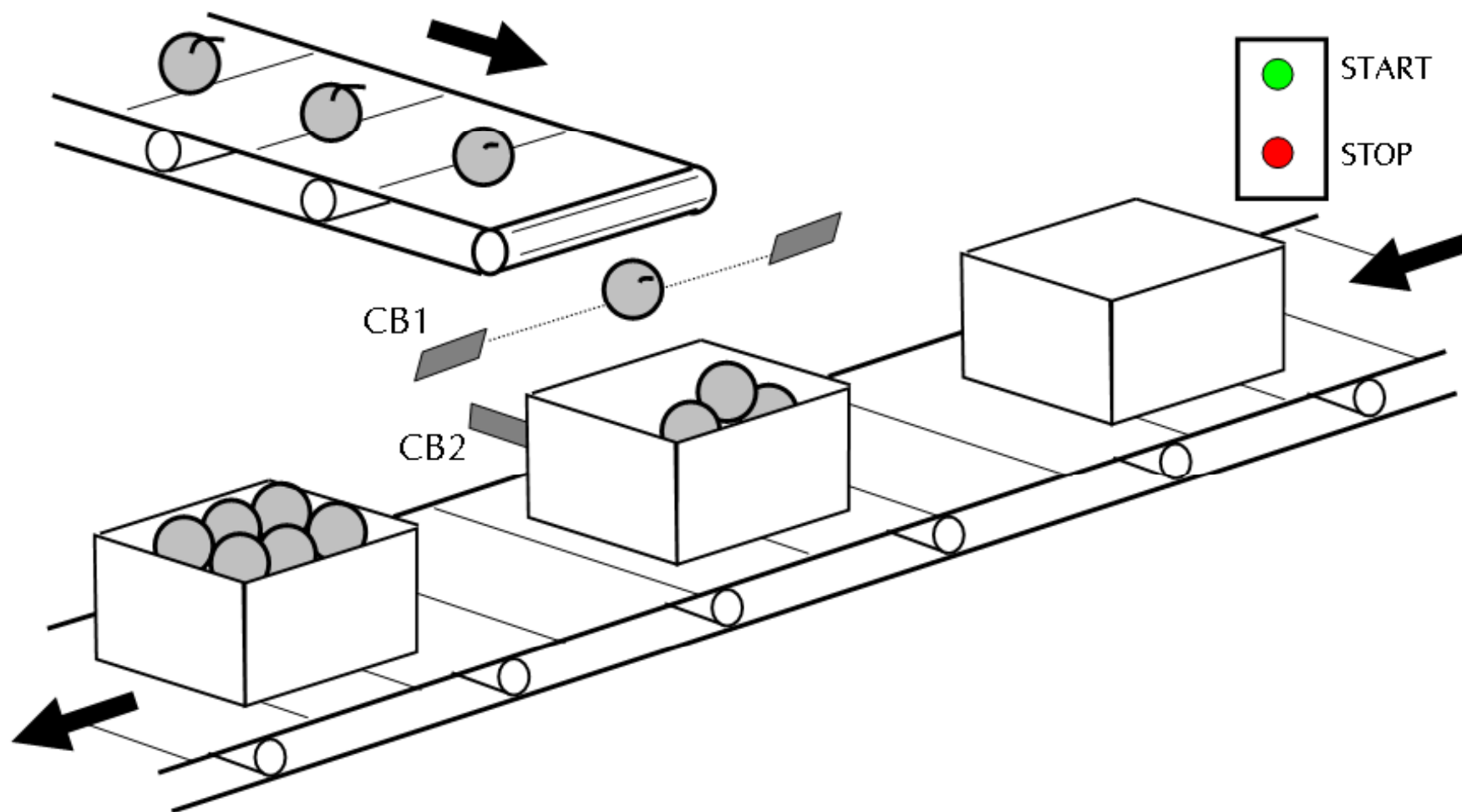






# Sơ đồ điều khiển loại bỏ hộp sữa rỗng



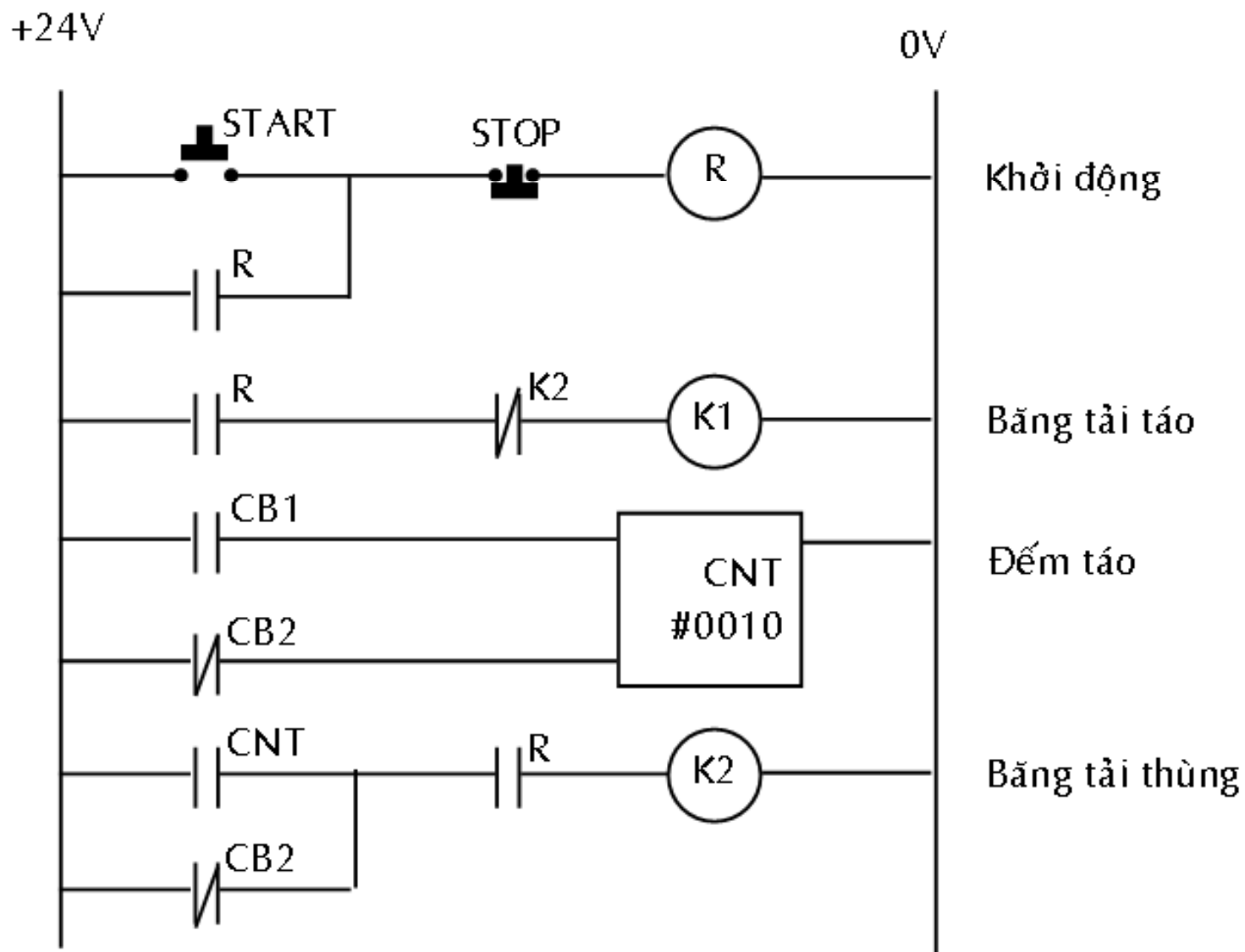




## Thiết bị đếm tảo: Bộ đếm (Counter)

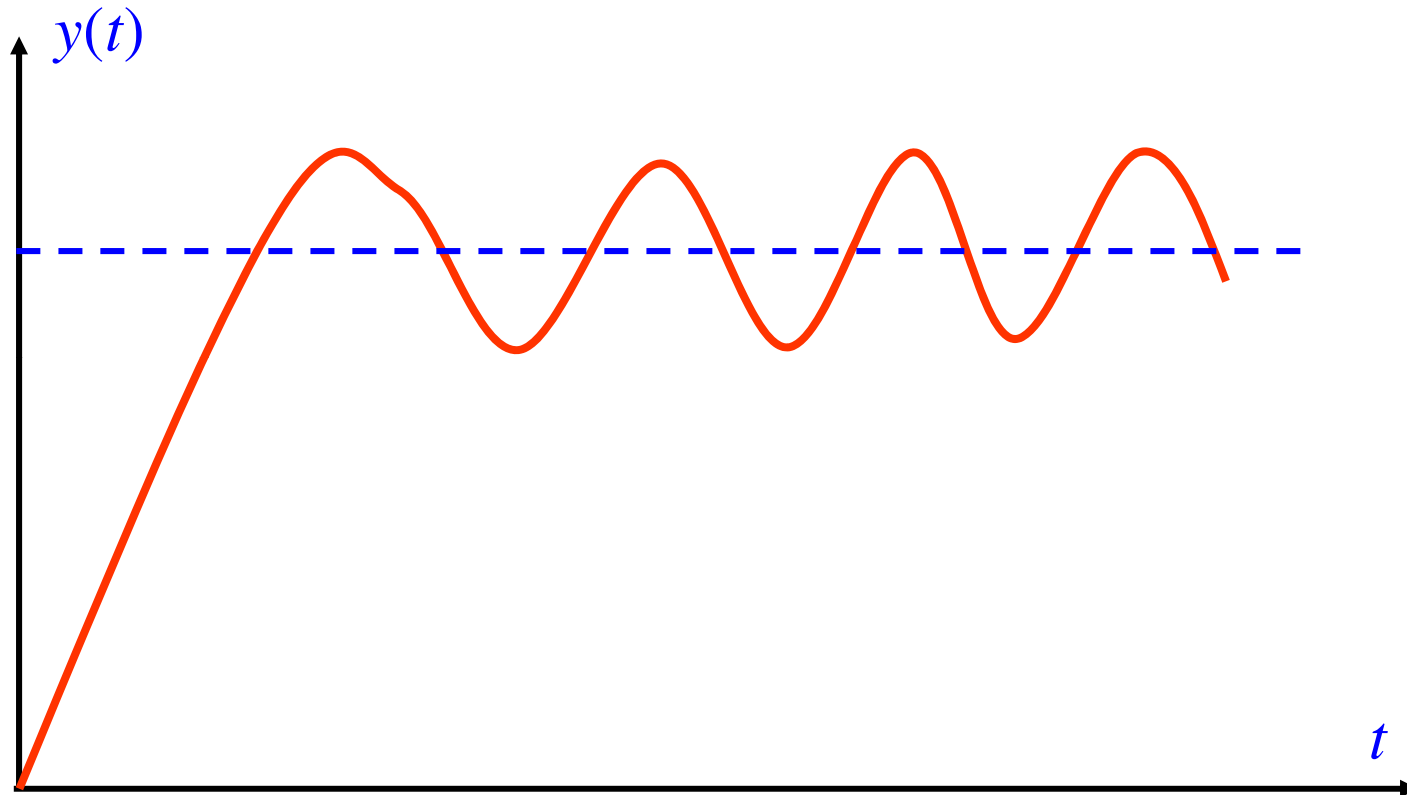


# Dây chuyền đóng hộp táo: Sơ đồ điều khiển





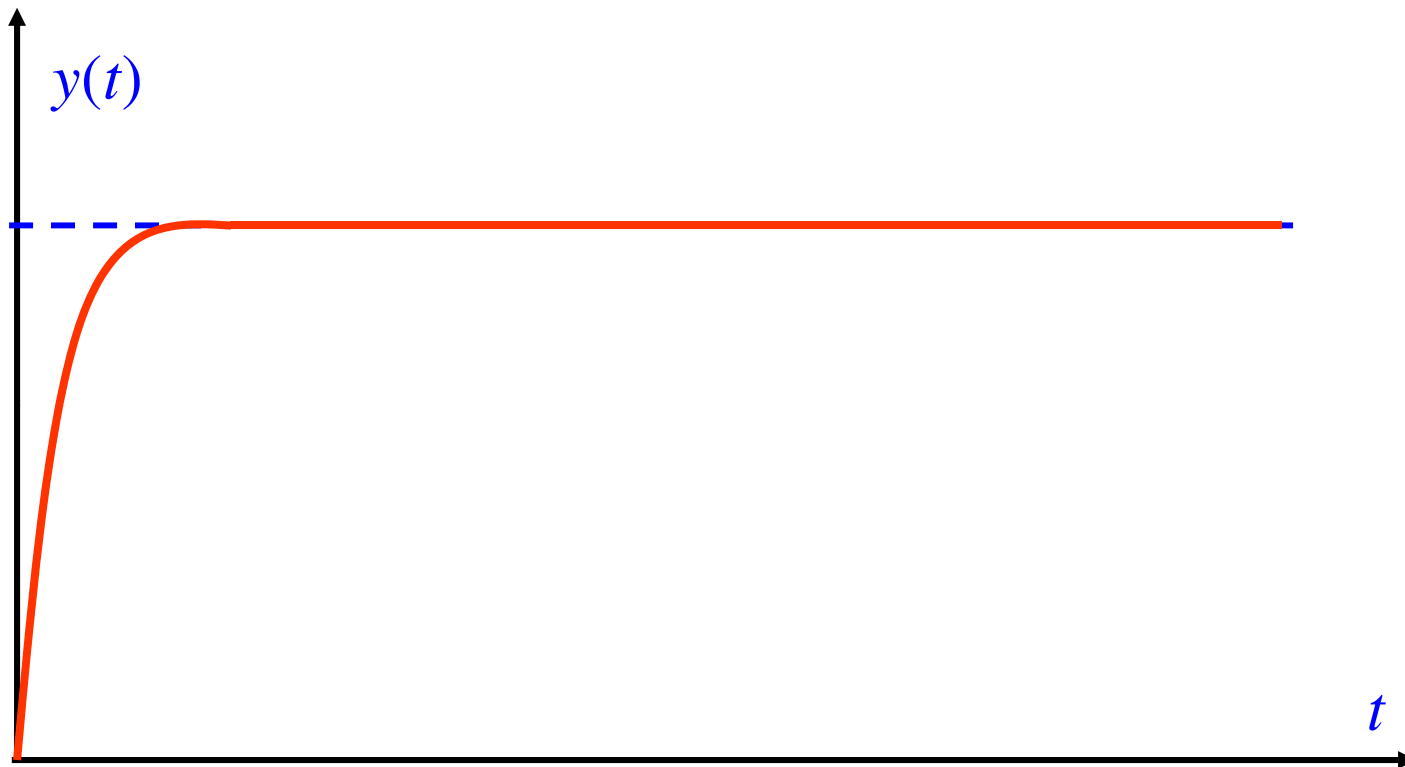
## Hạn chế của phương pháp điều khiển ON-OFF



★ Đối tượng có quán tính, đáp ứng có dao động



## Cải thiện chất lượng khi đối tượng có quán tính?



★ Cần hiểu biết về đặc tính động học của hệ thống.

⇒ Mô hình toán học      ⇒ Lý thuyết điều khiển tự động