

LẠI KHẮC LÃI, NGUYỄN NHƯ HIỀN

**GIÁO TRÌNH
ĐIỀU KHIỂN SỐ**

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI – 2007

LỜI NÓI ĐẦU

Cuốn giáo trình Điều khiển số được viết dựa trên đề cương chi tiết môn học Điều khiển số hiện đang dùng cho sinh viên ngành Điều khiển tự động - Trường Đại học Kỹ thuật công nghiệp, đồng thời các tác giả có tham khảo và điều chỉnh cho phù hợp với chương trình đào tạo phân kiến thức cơ sở bắt buộc đối với khối các trường kỹ thuật ngành Điện đã được Hội đồng ngành thông qua tháng 2/2004.

Sách có thể được dùng làm tài liệu chính cho sinh viên ngành Điều khiển tự động, ngoài ra sách còn được dùng làm tài liệu tham khảo cho sinh viên các ngành khác và cho học viên cao học Điện.

Trong quá trình biên soạn, không tránh khỏi còn nhiều sai sót, các tác giả mong nhận được ý kiến đóng góp của đồng nghiệp và bạn đọc.

Các tác giả

CHƯƠNG 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ ĐIỀU KHIỂN SỐ

1.1. KHÁI NIỆM

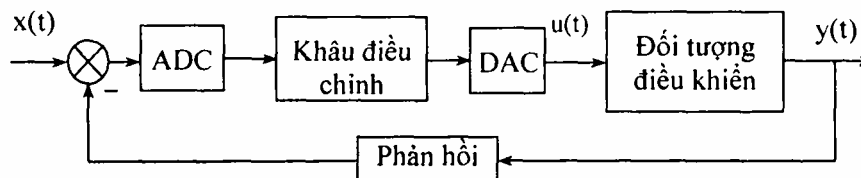
Tùy theo tính chất của tín hiệu mà hệ thống điều khiển tự động được phân thành hệ liên tục và hệ gián đoạn.

Nếu tất cả các phần tử trong hệ thống có tín hiệu truyền đi là liên tục gọi là hệ thống liên tục.

Nếu trong mắt xích điều khiển có một khâu tín hiệu truyền đi là gián đoạn gọi là hệ thống gián đoạn.

Trong bất kỳ hệ gián đoạn nào cũng có một phần tử làm nhiệm vụ chuyển tín hiệu liên tục thành gián đoạn, quá trình đó gọi là quá trình lượng tử hoá.

Hệ điều khiển số bao gồm hệ thu nhập xử lý tín hiệu vi xử lý, vi điều khiển, các hệ thống lớn có máy tính số... Sơ đồ khối của một hệ điều khiển số được chỉ ra trên hình 1.1.



Hình 1.1: Sơ đồ khối hệ điều khiển số

Hệ thống điều khiển số bao gồm hai loại khâu cơ bản:

- Khâu có bản chất gián đoạn: Các tín hiệu vào và ra trạng thái đều gián đoạn về thời gian và mức. Khâu này mô tả các thiết bị điều khiển digital.

- Khâu có bản chất liên tục: Mô tả đối tượng điều khiển. Việc gián đoạn hoá xuất phát từ mô hình trạng thái liên tục của đối tượng.

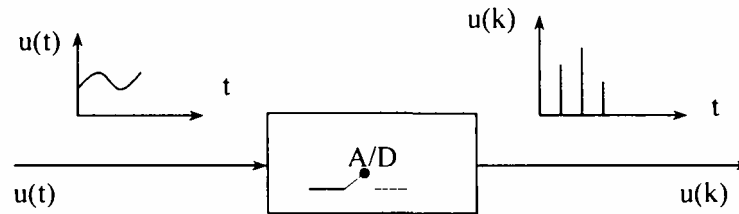
- Bộ biến đổi A/D: làm nhiệm vụ biến đổi tín hiệu từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số.

- Bộ biến đổi D/A: làm nhiệm vụ biến đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự.

- Bộ điều chỉnh có thể là vi xử lý (μP), có thể là vi điều khiển (μC).

1.1.1. Bộ biến đổi A/D

Mô hình quá trình biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu gián đoạn như hình 1.2

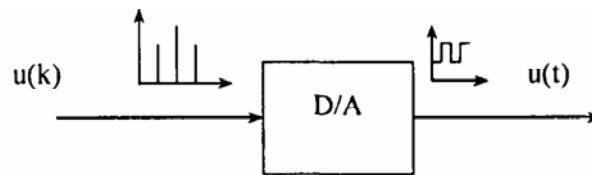


Hình 1.2: Mô hình quá trình biến đổi tín hiệu liên tục thành tín hiệu gián đoạn

Việc biến đổi từ tín hiệu liên tục thành tín hiệu rời rạc gọi là quá trình cắt mẫu, thông thường khoảng thời gian cắt mẫu là không đổi. Giữa hai lần lấy mẫu liên tiếp nhau, bộ cắt mẫu không nhận một thông tin nào cả. Phần tử lưu giữ sẽ chuyển đổi tín hiệu đã được lấy mẫu thành tín hiệu gián đoạn, tiệm cận với tín hiệu trước, khi nó được lấy mẫu. Phần tử lưu giữ ở đây đơn giản nhất là phần tử chuyển đổi tín hiệu mẫu thành tín hiệu có dạng bậc thang và không đổi giữa hai thời điểm lấy mẫu gọi là phần tử lưu giữ bậc không.

1.1.2. Bộ biến đổi D/A

Tín hiệu số được xử lý từ máy tính hoặc từ hệ VXL cần phải chuyển sang tín hiệu tương tự để điều khiển khâu chấp hành. Vì vậy cần có bộ biến đổi từ tín hiệu số sang tín hiệu tương tự gọi tắt là D/A. Mô hình bộ chuyển đổi D/A như hình 1.3.



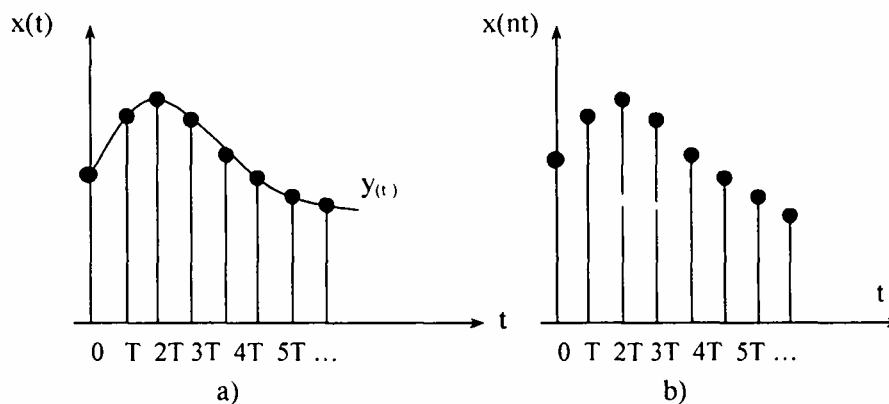
Hình 1.3: Sơ đồ bộ biến đổi D/A

1.2. TÍN HIỆU VÀ LẤY MẪU TÍN HIỆU

1.2.1. Lấy mẫu tín hiệu

Trong hệ thống điều khiển số tồn tại hai loại tín hiệu: Tín hiệu liên tục và tín hiệu rời rạc, trong khi đó tín hiệu đưa vào đối tượng điều khiển và tín hiệu đo lường là tín hiệu liên tục. Để đưa tín hiệu đó vào máy tính số ta phải biến đổi tín hiệu từ liên tục sang rời rạc.

Ta xét tín hiệu liên tục như hình vẽ hình 1.4a, ta chia trục thời gian thành những khoảng bằng nhau $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t_3 = \dots = T$, tín hiệu sẽ được lấy mẫu tại những khoảng thời gian đó. Sau lấy mẫu tín hiệu có giá trị tại những điểm rời rạc nT .



Hình 1.4a,b: Đồ thị tín hiệu trước và sau khi lấy mẫu

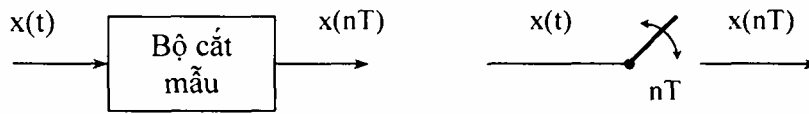
Với cách lấy mẫu như trên thì hàm $x(t)$ được mô tả bởi chuỗi số sau: $x(T), x(2T), x(3T), \dots, x(nT)$. Nó cho biết giá trị của hàm liên tục $x(t)$ tại những điểm rời rạc $0, T, 2T, \dots, nT$. Giá trị hàm $x(t)$ ở điểm khác có được bằng phương pháp nội suy. Trong thực tế khâu điều khiển và đối tượng

điều khiển là tương tự vì vậy tín hiệu rời rạc lại được khôi phục lại thành liên tục. Nếu tín hiệu liên tục được giữ không đổi trong suốt thời gian giữa hai lần lấy mẫu, gọi là quá trình lưu giữ bậc không.

1.2.2. Các đặc tính lấy mẫu

Bộ lấy mẫu lý tưởng được mô tả như hình vẽ hình 1.5

Bộ cắt mẫu sẽ tạo ra một dãy xung đơn vị từ một tín hiệu thời gian liên tục. Giả thiết thời gian tác động của công tắc ngắn hơn nhiều khoảng thời gian giữa hai lần lấy mẫu. Khi đó, giá trị của hàm lấy mẫu ở đầu ra của công tắc sẽ là giá trị tức thời của hàm liên tục $x(t)$ khi khoá K đóng.



Hình 1.5: Sơ đồ khối bộ cắt mẫu lý tưởng

Để có hình ảnh toán học rõ ràng về quá trình lấy mẫu ta có thể xem bộ lấy mẫu như một công cụ thực hiện phép nhân tín hiệu $x(t)$ với hàm lấy mẫu $S(t)$, tương đương với việc điều chế tín hiệu. Trong đó hàm lấy mẫu $S(t)$ đóng vai trò là sóng mang và nó được điều chế bởi tín hiệu vào $\delta(t)$.

$$X(nT) = S(t).x(t)$$

Từ biểu thức trên ta thấy hàm lấy mẫu tốt nhất là xung đơn vị $\delta(t-nT)$ có độ rộng bằng vô cùng bé, chiều cao vô cùng lớn với tổng xung lượng bằng 1.

Trong thực tế các bộ lấy mẫu có một khoảng thời gian tác động nhất định, các xung lấy mẫu có một diện tích nhất định. Vì vậy trong nhiều trường hợp ta thay xung lấy mẫu có diện tích đơn vị thành xung lấy mẫu có diện tích A. Ta chỉ có thể xem hàm lấy mẫu là dãy xung đơn vị khi hằng số thời gian lấy mẫu nhỏ hơn hằng số thời gian của hệ thống.

Giả thiết hàm lấy mẫu là chuỗi xung đơn vị được biểu diễn bởi:

$$S(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} \delta(t - nT)$$

$$\text{trong đó: } \delta(t - nT) = \begin{cases} 0 & \forall t \neq nT \\ 1 & t = nT \end{cases}$$

Tín hiệu $x(t)$ được điều chế bởi xung đơn vị ký hiệu

$$x^*(t) = x(t).S(t) = \sum_0^{\infty} x(t)\delta(t - nT) = \sum_0^{\infty} x(nT)\delta(t - nT)$$

trong đó:

$x(nT)$ là giá trị của hàm $x(t)$ tại thời điểm lấy mẫu nT ;

$\delta(t - nT)$ là một xung đơn vị tại thời điểm nT .

Chuyển sang toán tử Laplace

$$x^*(p) = x(nT)e^{-nTp}$$

Vậy biến đổi Laplace của bộ lấy mẫu có thời gian lấy mẫu bằng nhau và chuyển mạch của nó được đại diện bởi chuỗi xung đơn vị là một tập vô hạn.

Ví dụ: Xét hàm $x(t) = 1(t)$

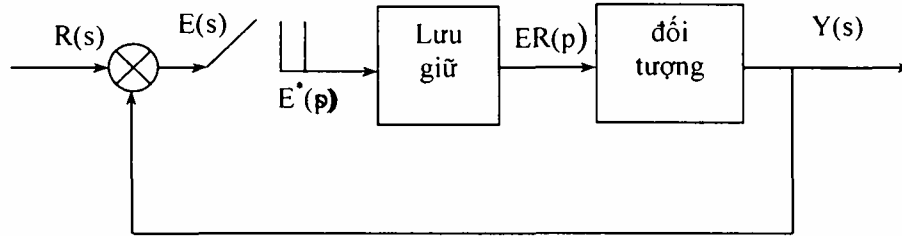
$$x(nT) = 1 \quad \forall t = nT$$

$$x(nT) = 0 \quad \forall t \neq nT$$

$$x^*(p) = x(nT)e^{-nTp}$$

$$x^*(s) = 1 + e^{-Ts} + e^{-2Ts} + \dots = \frac{1}{1 + e^{-Ts}}$$

1.3. KHÂU NGOẠI SUY DỮ LIỆU



Hình 1.6: Sơ đồ khâu lưu giữ giữ liệu

Nhiệm vụ của khâu ngoại suy giữ liệu là xây dựng lại hàm đã được lấy mẫu thành một tín hiệu liên tục dựa vào các hàm lấy mẫu trước đó. Trong hệ thống điều khiển số khâu ngoại suy giữ liệu thường tiếp ngay sau bộ lấy mẫu.

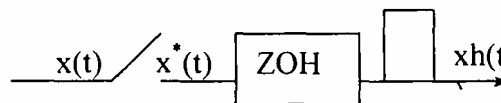
Căn cứ vào khả năng sử dụng số mẫu trước đó để dự đoán hàm đã được lấy mẫu vì ta chia khâu lưu giữ thành hai loại:

+ Lưu giữ cấp không (Zero Hold Order - ZOH): với ZOH tín hiệu được phục hồi chỉ phụ thuộc vào hàm đã được lấy mẫu tại thời điểm bắt đầu của chu kỳ lấy mẫu. Lưu giữ ZOH có thể coi tương tự như máy khoá điện tử, nó duy trì mức điện áp đầu ra bằng biên độ xung đầu vào và sau đó tự lặp lại khi có xung mới đặt vào.

+ Lưu giữ cấp 1 (First Hold Order - FOH tín hiệu được khôi phục lại phụ thuộc vào mẫu trước đó.

Thông thường trong điều khiển số thực tế người ta không sử dụng khâu ngoại suy giữ liệu bậc 1, vì chúng tạo ra sự quá chậm pha trong hệ thống điều khiển có hồi tiếp. Mặt khác làm tăng ảnh hưởng của nhiễu tăng độ phức tạp và giá thành sản phẩm.

1.3.1. Khâu lưu giữ bậc không (Zero Order Hoạt - ZOH)

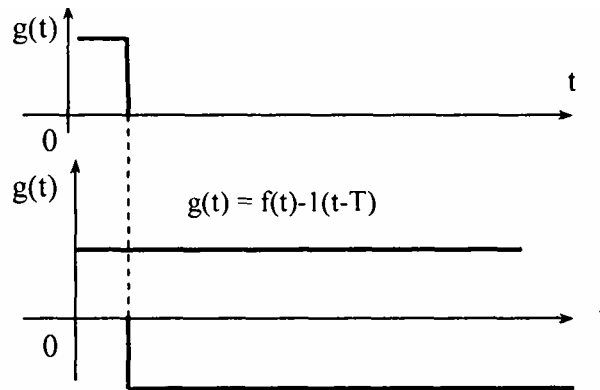


Hình 1.7: Sơ đồ khâu lưu giữ bậc không

Đầu vào của khâu ZOH là xung Dirac, đầu ra là tương tự.

a) Hàm số truyền

Để xây dựng hàm truyền của khâu ZOH ta dựa vào các ứng dụng. Đáp ứng xung của ZOH là xếp chồng của hai hàm nhảy (hình 1.8), một hàm dương tác động tại $t = 0$ và hàm âm tác động tại $t = T$ (T là chu kỳ lấy mẫu).



Hình 1.8: Sơ đồ đáp ứng xung của khâu ZOH

Để thấy được ảnh hưởng của ZOH trong hệ thống điều khiển có hồi tiếp, ta hãy vẽ đáp ứng tần số của nó.

b) Đáp ứng tần của ZOH

$$G(s) = \frac{1}{s}(1 - e^{-TS})$$

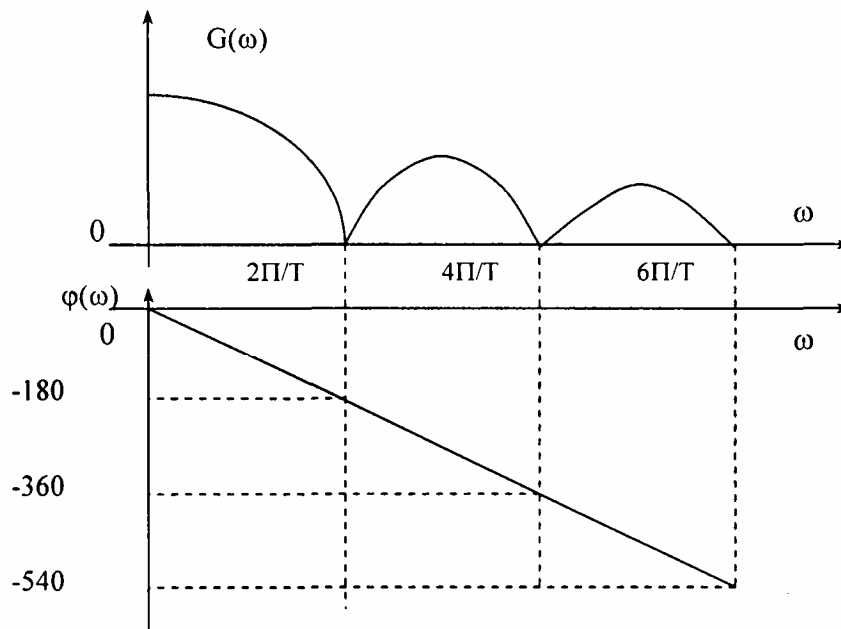
Thay $s = j\omega$

$$\begin{aligned}
 G(j\omega) &= \frac{1}{j\omega} (1 - e^{-j\omega}) \\
 &= \frac{e^{-j\omega T/2} (e^{j\omega T/2} - e^{-j\omega T/2})}{j\omega} \\
 &= \frac{2}{\omega} e^{-j\omega T/2} \frac{e^{j\omega T/2} - e^{-j\omega T/2}}{2j} \\
 &= \frac{2}{\omega} e^{-j\omega T/2} \sin\left(\frac{\omega T}{2}\right)
 \end{aligned}$$

Nhân tử số và mẫu số với T ta được:

$$G(j\omega) = \frac{T \sin(\omega T/2)}{\omega T/2} e^{-j\omega T/2}$$

Từ đó ta vẽ được đặc tính biên và pha của khâu ZOH như hình 1.9.



Hình 1.9: Sơ đồ đặc tính biên và pha của khâu ZOH

Nhận xét: