



TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ - ĐHQGHN

NGUYỄN KIM GIAO

KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ SỐ



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

NGUYỄN KIM GIAO

KỸ THUẬT ĐIỆN TỬ SỐ

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Môn học kỹ thuật số (còn được gọi là kỹ thuật điện tử số) được chọn làm môn cơ sở trong chương trình đào tạo của khoa Điện tử Viễn thông - trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Thời lượng môn học này chiếm 4 đơn vị học trình lý thuyết, hai đơn vị học trình thực tập (mỗi đơn vị học trình lý thuyết là 15 tiết học, mỗi đơn vị học trình thực tập là 30 tiết sinh viên thực tập ở phòng thí nghiệm).

Phần lý thuyết giáo trình cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ sở về kỹ thuật điện tử số, hiểu rõ nguyên lý hoạt động, chức năng của các vi mạch logic, biết được các phương pháp thiết kế logic để tạo được các môđun tổ hợp lớn. Môn học kỹ thuật điện tử số có thể được xem là môn học hỗ trợ cho môn Cấu trúc máy tính, đo lường điều khiển ghép nối vi tính. Nó cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ sở để sinh viên có thể dễ dàng hiểu sâu hơn các khối chức năng trong cấu trúc phần cứng của máy tính.

Đối với sinh viên thuộc chuyên ngành kỹ thuật điện tử và viễn thông cần phải hiểu rõ yêu cầu của môn học này là: hiểu rõ chức năng của các mạch logic, biết phương pháp thiết kế logic và sử dụng được các vi mạch logic có mức độ tổ hợp nhỏ và vừa (SSI, MSI) để thiết kế được các khối chức năng dùng trong kỹ thuật điện tử, đo lường số, xử lý số và điều khiển số.

Phần bài tập thực hành có trong cuối các chương mục, để sinh viên tự ôn luyện trau dồi kiến thức cơ sở tập làm quen sử dụng vi mạch để thiết kế các môđun chức năng dùng trong kỹ thuật số. Đây cũng là những bài tập bắt buộc nếu sinh viên trong quá trình học không làm được các bài tập này thì không thể nào qua được kỳ kiểm tra tiên quyết để đạt được điều kiện thi.

Phần thực tập ở phòng thí nghiệm, giúp sinh viên hiểu rõ chức năng của các vi mạch logic, làm quen với phương pháp đoán nhận kiểm tra chức năng logic của vi mạch có mức độ tổ hợp vừa (MSI) ghép nối thành các môđun chuyên dụng trong kỹ thuật điện tử số.

Là sinh viên khoa điện tử viễn thông sinh viên cần phải biết vận dụng các thành tựu mới của công nghệ thông tin, phải biết sử dụng các chương trình phần mềm chuyên dụng trong lĩnh vực điện tử để phục vụ cho việc nâng cao hiểu biết của mình trong lĩnh vực kỹ thuật điện tử tương tự và kỹ thuật điện tử số, biết thiết kế sơ đồ nguyên lý, thiết kế mạch in, nghiên cứu

thiết kế mô phỏng các mạch điện tử số trên máy vi tính. Trong thời gian thực tập kỹ thuật số ở phòng thí nghiệm, thực tập làm đồ án học kỳ, đồ án tốt nghiệp, sinh viên cần tranh thủ học các chương trình phần mềm Protel, CircuitMaker để thiết kế mạch điện tử, thiết kế mô phỏng các vi mạch điện tử số. Trong chương cuối của giáo trình có giới thiệu chương trình phần mềm CircuitMaker, hướng dẫn cho sinh viên biết cách dùng chương trình phần mềm CircuitMaker để thiết kế vẽ các sơ đồ nguyên lý các mạch điện tử, thiết kế các thí nghiệm mô phỏng các mạch điện tử số.

Để phát huy thế mạnh và đặc thù của trường Đại học Công nghệ - ĐHQGHN, chú trọng nghiên cứu phát triển các ứng dụng công nghệ thông tin trong đào tạo, khuyến khích sinh viên học tin học và ứng dụng tin học trong lĩnh vực điện tử viễn thông, sinh viên đã coi vi tính là công cụ học tập, công cụ hành nghề của mình khi ra trường, các bài tập và thí nghiệm thực hành nêu trong giáo trình này đã được thiết kế mô phỏng để có thể tiến hành các thí nghiệm thực hành ngay trên máy vi tính. Sinh viên có thể tìm hiểu chức năng của của các vi mạch số, hoạt động của chúng thông qua các thí nghiệm mô phỏng này.

Chúng tôi hi vọng cuốn sách này sẽ là người bạn đồng hành, giúp ích cho sinh viên trong quá trình học tập lý thuyết cũng như thực hành kỹ thuật điện tử số và vi mạch số. Mặc dù đã cố gắng biên soạn song chắc chắn giáo trình không tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi mong muốn nhận được nhiều ý kiến nhận xét, phê bình của bạn đọc và các bạn đồng nghiệp để giáo trình được sửa chữa, bổ sung hoàn thiện hơn cho lần xuất bản sau.

Xin chân thành cảm ơn những ý kiến đóng góp của bạn đọc.

Tác giả

Chương I

CÁC HỆ THỐNG ĐẾM VÀ MÃ SỐ

1.1. CÁC HỆ THỐNG ĐẾM

Để biểu diễn các đại lượng, người ta dùng các con số và một hệ thống đếm nào đó. Hệ thống đếm là phương pháp biểu diễn các số đo bằng tập hợp các ký hiệu gọi là các chữ số (Digits). Số lượng các chữ số dùng trong một hệ thống đếm gọi là *cơ số của hệ đếm* đó.

Ví dụ : Trong hệ thống đếm thập phân người ta dùng 10 chữ số làm cơ sở để xây dựng nên hệ thống đếm này là : **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**. Hệ đếm thập phân có cơ số là 10.

Hệ đếm nhị phân chỉ dùng 2 chữ số **0** và **1**. Cơ số của hệ đếm này là 2

Hệ thống đếm được phân ra làm hai loại : định vị và không định vị

Hệ thống đếm định vị: giá trị của các chữ số trong hệ thống đếm này được xác định theo vị trí của nó trong cách viết con số, ở các hệ thống này, giá trị về số lượng của mỗi chữ số không những phụ thuộc vào kí hiệu của nó mà còn phụ thuộc vào vị trí của nó nằm trong hàng nào của con số. Các hệ thống đếm vừa kể trên thuộc loại này. Ví dụ trong hệ đếm thập phân chữ số 1 ở con số 201 có giá trị là 1 đơn vị, còn số 1 ở 102 có giá trị là 100 đơn vị.

Hệ thống đếm không định vị: ở hệ thống đếm này, giá trị về số lượng của mỗi chữ số không phụ thuộc vào vị trí của nó nằm trong con số. Ví dụ như hệ đếm chữ số La Mã: XXIII là số 23, XXXIX là số 39. Chữ số X nằm ở vị trí nào cũng có giá trị là 10.

Trong giáo trình này ta chỉ quan tâm đến các hệ thống đếm định vị.

Hệ thống đếm thập phân

Hệ thống đếm thập phân được loài người quen dùng trong đời sống hàng ngày từ trước đến nay, thói quen này có nguồn gốc từ xa xưa con người đã dùng 10 ngón tay để đếm. Trong hệ thống đếm này dùng 10 chữ số: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Cơ số của hệ đếm là 10, ta gọi là hệ thập phân hoặc hệ

10 (Decimal). Hệ đếm thập phân có ưu điểm là nó được dùng lâu đời và phổ biến, nó có một cơ sở hệ thống toán học rất hoàn chỉnh được con người qua các thế hệ không ngừng bổ sung phát triển hoàn thiện. Con số được viết trong hệ thập phân mọi người đều có thể hiểu được

Hệ thống đếm nhị phân

Hệ đếm nhị phân chỉ dùng có hai chữ số: **0** và **1**, cơ số hệ đếm là 2, ta còn gọi là hệ đếm 2 (Binary). Hệ đếm này được dùng trong kỹ thuật số và máy tính. Có một mối quan hệ tương đồng giữa hệ đếm nhị phân, đại số logic, các trạng thái vật lí của các mạch điện:

Hệ thống đếm nhị phân	1	0
Lôgíc	Đúng (TRUE)	Sai (FALSE)
Điện áp	Cao (HIGH)	Thấp (LOW)
Công tắc	Đóng (ON)	Ngắt (OFF)

Hệ đếm nhị phân có những ưu điểm sau đây:

Hai số 1 và 0 trong hệ đếm nhị phân có thể được dùng để đặc trưng cho hai trạng thái vật lí của mạch điện: role, công tắc điện đóng hoặc ngắt, có hoặc không có dòng điện chạy trong mạch điện, điện áp cao hoặc điện áp thấp ... Các thông tin vật lí một khi đã được số hoá biểu diễn dưới dạng nhị phân có thể lưu trữ và xử lí nhờ máy tính điện tử.

Việc sử dụng hệ đếm nhị phân trong kỹ thuật số, kỹ thuật máy tính cho phép ta áp dụng được đại số logic (đại số Boole) - một công cụ toán học rất sắc bén để thiết kế các vi mạch số các khối chức năng dùng trong kỹ thuật đo lường số, kỹ thuật máy tính và điều khiển tự động.

Máy tính chỉ làm việc với các thông tin biểu diễn dưới dạng nhị phân. Để đưa số liệu vào máy tính ta phải chuyển đổi các số liệu từ thập phân ra nhị phân để máy tính có thể làm việc được. Kết quả thu được trong quá trình tính toán xử lí thông tin nhờ máy tính lại phải chuyển đổi từ nhị phân ra thập phân để con người dễ dàng nhận biết.

Các con số biểu diễn trong hệ đếm nhị phân bao giờ cũng dài hơn nhiều so với các con số biểu diễn trong hệ thập phân. Biểu diễn một số lớn trong hệ đếm nhị phân cần phải dùng tới nhiều hàng, các hàng lại chỉ toàn các con số 0 hoặc 1 nên rất dễ bị nhầm lẫn khi đọc hoặc viết các con số này. Để khắc phục nhược điểm này trong kỹ thuật số người ta còn dùng các hệ thống đếm có cơ số là 8 và 16, cơ số của các hệ đếm này đều là 2 lũy thừa: $8=2^3$, $16=2^4$

nên các con số nhị phân chuyển sang các hệ này sẽ được rút gọn, ít bị nhầm lẫn hơn.

Hệ thống đếm bát phân

- Hệ đếm bát phân người ta dùng 8 chữ số: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7**. Cơ số của hệ thống đếm là $8=2^3$, còn gọi là hệ đếm 8 (Octal). Mỗi chữ số của hệ bát phân có thể biểu diễn bằng một nhóm ba bit nhị phân.

Hệ thống đếm thập lục phân

Hệ thập lục phân dùng 16 chữ số, hệ có cơ số đếm là $16=2^4$, còn gọi là hệ đếm 16 hoặc hệ 16 (Hexadecimal). Các chữ số dùng trong hệ đếm này là: **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F**. Mỗi chữ số trong hệ đếm này có thể được biểu diễn bằng một nhóm 4 bit nhị phân.

Cách biểu diễn con số trong các hệ thống đếm

Trong các hệ đếm, một số được viết ra thường có ý nghĩa về số lượng như sau :

$$(1997)_{10} = 1.10^3 + 9.10^2 + 9.10^1 + 7.10^0$$

$$(1101)_2 = 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0$$

$$(46)_8 = 4.8^1 + 6.8^0$$

$$(2AE)_{16} = 2.16^2 + 10.16^1 + 14.16^0$$

Từ đó ta rút ra phương pháp tổng quát để biểu diễn một số A bất kỳ trong hệ đếm cơ số B nào đó có dạng sau :

$$(A)_B = A_n B^n + A_{n-1} B^{n-1} + A_{n-2} B^{n-2} + \dots + A_1 B^1 + A_0 B^0 + A_{-1} B^{-1} + \dots \quad (1.1)$$

trong đó: A_n, A_{n-1}, \dots là chữ số của các hàng; B^n, B^{n-1}, \dots là trọng số của các hàng.

Trong cách biểu diễn con số ở dạng số nhị phân mỗi một hàng người ta còn gọi là một *bit*, hàng ngoài cùng bên trái là *bit lớn nhất*, hàng tận cùng bên phải là *bit nhỏ nhất*.

Bảng 1-1 cho ta 21 số đầu tiên của các hệ thống đếm thông dụng.

Bảng 1-1 : 21 số đầu tiên của các hệ đếm thông dụng

Thập phân	Nhị phân	Bát phân	Thập lục phân
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2

3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
17	10001	21	11
18	10010	22	12
19	10011	23	13
20	10100	24	14

1.2. CHUYỂN ĐỔI MỘT SỐ TỪ HỆ ĐẾM NÀY SANG HỆ ĐẾM KHÁC

1.2.1. Chuyển từ các hệ đếm khác sang hệ đếm thập phân

Để chuyển một con số viết ở hệ đếm bất kỳ sang hệ đếm thập phân ta viết chúng dưới dạng tổng quát (1.1) với các chữ số và trọng số.

Ví dụ :

$$(1101)_2 = 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 = (13)_{10}$$

$$(123)_8 = 1.8^2 + 2.8^1 + 3.8^0 = (83)_{10}$$

$$(3FF)_{16} = 3.16^2 + 15.16^1 + 15.16^0 = (1023)_{10}$$

1.2.2. Chuyển từ hệ thập phân sang các hệ khác

Muốn chuyển một số nguyên ở hệ 10 sang hệ khác ta hãy làm phép chia liên tiếp số ở hệ 10 đó cho cơ số của hệ đếm cần chuyển sang cho đến khi kết quả chia bằng 0 (lần chia cuối cùng thứ n). Số dư của các lần chia chính

là các chữ số của các hàng và chúng được viết theo chiều ngược lại, nghĩa là các số dư của các lần chia thứ 1, 2, 3, ... n chính là các chữ số của các hàng thứ 1, 2, 3, ... n của kết quả cần tìm. Chú ý rằng số dư của lần chia đầu tiên nằm ở hàng có trọng số nhỏ nhất, số dư của lần chia cuối cùng n nằm ở hàng có trọng số lớn nhất.

Ví dụ :

Chuyển số $(35)_{10}$ sang hệ 2 ta làm như sau :

$$35 \mid 2$$

$$\text{Bít nhỏ nhất} \rightarrow 1 \quad 17 \mid 2$$

$$1 \quad 8 \mid 2$$

$$0 \quad 4 \mid 2$$

$$0 \quad 2 \mid 2$$

$$0 \quad 1 \mid 2$$

$$\text{Bít lớn nhất} \rightarrow 1 \quad 0$$

Lấy các số dư của các phép chia trên ta được kết quả :

$$(35)_{10} = (100011)_2$$

- Chuyển số $(35)_{10}$ sang hệ 8 ta làm tương tự :

$$35 \mid \underline{8}$$

$$\text{Hàng có trọng số nhỏ nhất} \rightarrow 3 \quad 4 \mid \underline{8}$$

$$\text{Hàng có trọng số lớn nhất} \rightarrow 4 \quad 0$$

$$\text{Vậy: } (35)_{10} = (43)_8$$

- Chuyển số $(35)_{10}$ sang hệ 16 ta cũng làm như sau :

$$35 \mid \underline{16}$$

$$\text{Hàng có trọng số nhỏ nhất} \rightarrow 3 \quad 2 \mid \underline{16}$$

$$\text{Hàng có trọng số lớn nhất} \rightarrow 2 \quad 0$$

$$\text{Kết quả : } (35)_{10} = (23)_{16}$$

Đổi phân lẻ sau dấu phẩy:

Trên đây ta làm phép chuyển một số nguyên ở hệ 10 sang hệ khác. Trong thực tế nhiều khi số ở hệ 10 còn có phần lẻ sau dấu phẩy. Trong công thức tổng quát (1.1) phần lẻ sau dấu phẩy là các số hạng có trọng số mang dấu mũ âm.

Để chuyển phần lẻ của một con số từ hệ đếm thập phân sang hệ đếm khác ta dùng thuật toán *nhân liên tiếp phần lẻ với cơ số của hệ thống đếm*

cần chuyển sang. Ví dụ, muốn chuyển phần lẻ ở hệ đếm thập phân sang hệ đếm nhị phân ta chuyển theo quy tắc như sau :

Lấy phần lẻ của số ở hệ 10 nhân với 2, nếu kết quả nhỏ hơn 1 ta được một số 0 đặt sau dấu phẩy của số ở hệ 2, nếu kết quả lớn hơn 1 ta có số 1 sau dấu phẩy ở hệ đếm 2. Tiếp theo ta lại lấy phần lẻ của kết quả nhận được trong phép nhân lần thứ nhất nhân tiếp với 2. Nếu kết quả lớn hơn 1 ta ghi thêm số 1 vào kết quả ở hệ 2 và lại lấy phần lẻ nhận được sau lần nhân thứ hai này nhân tiếp với 2. Quá trình sẽ chấm dứt khi phần lẻ bằng 0 hoặc đã đạt được số số lẻ sau dấu phẩy theo yêu cầu. Ví dụ : Đổi $(0,375)_{10}$ sang hệ 2 ta làm như sau :

$$\begin{array}{l} 0,375 \times 2 = 0,75 \\ 0,75 \times 2 = 1,5 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \end{array}$$

$$(0,375)_{10} = (0, 0 \quad 1 \quad 1)_2$$

$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$

$$\frac{1}{2^1} \quad \frac{1}{2^2} \quad \frac{1}{2^3}$$

Các trọng số của phần lẻ:

Đổi $(0,625)_{10}$ sang hệ 2, ta làm như sau:

$$\begin{array}{l} 0,625 \times 2 = 1,25 \\ 0,250 \times 2 = 0,5 \\ 0,5 \times 2 = 1,0 \end{array}$$

$$(0,625)_{10} = (0, 1 \quad 0 \quad 1)_2$$

Đổi $(15,625)_{10}$ sang hệ 2 ta được:

$$(15,625)_{10} = (1111,101)_2$$

Chú ý :

Các số lớn ở hệ 10 khi chuyển sang hệ 2 phải chia cho 2 nhiều lần, phép tính dài và dễ nhầm lẫn. Có một cách làm nhanh gọn hơn là ta hãy chuyển số hệ 10 đó sang hệ 16 trước, sau đó chuyển từng chữ số của hệ 16 thành số nhị phân 4 bit và hạ tương ứng xuống hàng dưới, ta sẽ được số hệ 2 biểu diễn số hệ 10 ban đầu. Ví dụ :