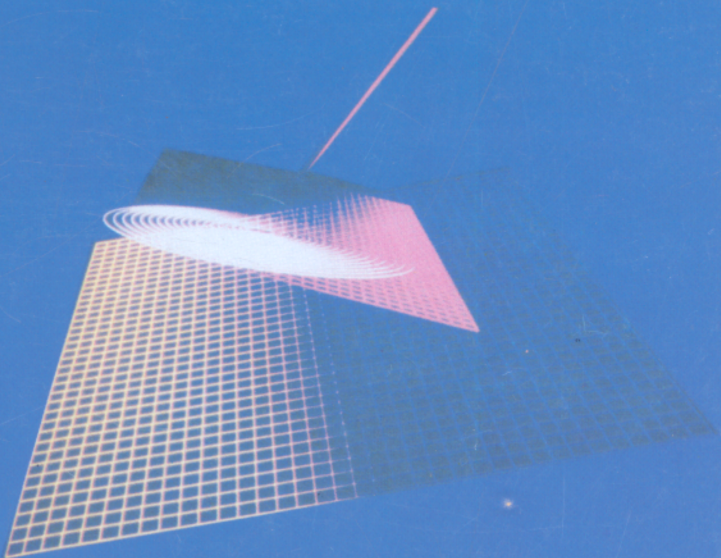
BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT SỐ

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐÀO TẠO HỆ TRUNG CẤP CHUYÊN NGHIỆP



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TS. NGUYỄN VIẾT NGUYÊN

GIÁO TRÌNH

KỸ THUẬT SỐ

Dùng cho các trường đào tạo hệ Trung cấp chuyên nghiệp

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

04 – 2008/CXB/349 – 1999/GD Mã số : 7K559y8 – DAI

Lời giới thiệu

Từ nhiều năm, giáo trình đào tạo nhân lực trình độ Trung cấp chuyên nghiệp chưa đáp ứng được yêu cầu chất lượng và chưa phù hợp với nhịp độ phát triển của đất nước.

Mặc dù luật Giáo dục đã quy định, Hiệu trưởng các trường quyết định giáo trình dạy của trường mình. Tuy nhiên, do kinh phí có hạn, trình độ đội ngũ cán bộ giảng viên không đồng đều, vì vậy cùng một môn học nhưng nội dung và dung lượng kiến thức giảng dạy ở mỗi trường một khác.

Để giúp các trường từng bước có giáo trình phục vụ việc giảng dạy và học tập tốt hơn đồng thời giúp học sinh sau khi tốt nghiệp dù được đào tạo ở đâu nhưng cũng có kiến thức chung như nhau, Bộ Giáo dục và Đào tạo đã tổ chức biên soạn các giáo trình:

1. *Giáo trình Kỹ thuật số*
2. *Giáo trình Kỹ thuật điện*
3. *Giáo trình Cơ kỹ thuật*
4. *Giáo trình Công nghệ hàn*
5. *Giáo trình Kỹ thuật nguội*

Tác giả biên soạn những giáo trình này là các nhà giáo có trình độ chuyên môn tốt và giàu kinh nghiệm giảng dạy.

Để nâng cao chất lượng và tính sư phạm của giáo trình, Bộ Giáo dục và Đào tạo đã ra quyết định số 2444/QĐ- BGDĐT ngày 18 tháng 5 năm 2006 về việc thành lập Hội đồng thẩm định cho các môn trên.

Thực hiện quyết định của Bộ trưởng Bộ Giáo dục và Đào tạo, các thành viên trong Hội đồng thẩm định đã làm việc nghiêm túc và cùng với tác giả chỉnh sửa để nâng cao chất lượng, phù hợp với trình độ của cấp đào tạo.

Những nội dung kiến thức cơ bản trong giáo trình cần được dạy và học thống nhất trên toàn quốc khi trường có chuyên ngành đào tạo giảng dạy môn học này. Vì vậy các trường cần cung ứng đầy đủ giáo trình này cho giáo viên và học sinh.

Tuỳ theo nhu cầu cụ thể của từng trường, các trường có thể sử dụng 70% dung lượng của giáo trình và tự soạn thêm 30% dung lượng của môn học cho phù hợp với yêu cầu đào tạo nguồn nhân lực của địa phương.

Trong quá trình dạy và học, các trường phát hiện thấy sai sót hoặc có những nội dung cần điều chỉnh xin góp ý để các cuốn giáo trình hoàn thiện hơn. Mọi ý kiến góp ý xin gửi về Vụ Giáo dục chuyên nghiệp - Bộ Giáo dục và Đào tạo - 49 Đại Cồ Việt, Hà Nội hoặc Công ty Cổ phần sách Đại học - Dạy nghề - 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

VỤ GDCN

Mở đầu

*Giáo trình **Kỹ thuật số** được biên soạn theo đề cương do vụ Giáo dục chuyên nghiệp, Bộ Giáo dục & Đào tạo xây dựng và thông qua. Nội dung được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ lôgíc, chặt chẽ. Tuy vậy, giáo trình cũng chỉ là một phần trong nội dung của chuyên ngành đào tạo cho nên người dạy, người học cần tham khảo thêm các giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình có hiệu quả hơn.*

Khi biên soạn giáo trình, chúng tôi đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lí thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để giáo trình có tính thực tiễn cao.

Nội dung của giáo trình được biên soạn gồm 5 chương :

Chương 1. Cơ sở kỹ thuật số ; Chương 2. Các cổng logic cơ bản và mạch điện cổng ; Chương 3. Các mạch logic tổ hợp ; Chương 4. Trigơ số và các phần tử logic dãy ; Chương 5. Các bộ nhớ bán dẫn;

Trong quá trình sử dụng, tùy theo yêu cầu cụ thể có thể điều chỉnh số tiết trong mỗi chương. Trong giáo trình, chúng tôi không đề ra nội dung thực tập của từng chương, vì trong thiết bị phục vụ cho thực tập của các trường không đồng nhất. Vì vậy, căn cứ vào trang thiết bị đã có của từng trường và khả năng tổ chức cho học sinh thực tập ở các xí nghiệp bên ngoài mà trường xây dựng thời lượng và nội dung thực tập cụ thể. Thời lượng thực tập tối thiểu nói chung cũng không ít hơn thời lượng học lí thuyết của môn học.

Giáo trình được biên soạn cho đối tượng là học sinh Trung cấp chuyên nghiệp, Công nhân lành nghề bậc 3/7 đồng thời cũng là tài liệu tham khảo bổ ích cho sinh viên Cao đẳng kỹ thuật cũng như Kỹ thuật viên đang làm việc ở các cơ sở kinh tế trên nhiều lĩnh vực khác nhau.

Mặc dù đã cố gắng nhưng chắc chắn không tránh khỏi khiếm khuyết. Rất mong nhận được ý kiến đóng góp của người sử dụng để lần tái bản sau được hoàn chỉnh hơn.

TÁC GIẢ

Chương 1

CƠ SỞ KỸ THUẬT SỐ

1.1. CÁC HỆ THỐNG SỐ ĐẾM

1.1.1. Các đại lượng vật lý được theo dõi, đo lường, ghi lại, tính toán... cần được biểu diễn bằng giá trị thực của chúng một cách chính xác để thuận lợi trong việc xử lý có hiệu quả. Có hai cách biểu diễn các đại lượng này :

1. Biểu diễn ở dạng tương tự : khi hàm biểu diễn là đại lượng biến thiên liên tục theo thời gian với cùng một cách thức ta có tín hiệu tương tự hay tín hiệu analog mô tả biểu diễn đại lượng cần xử lý, ví dụ như hiệu điện thế ở đầu ra của một micrô có thể biến thiên liên tục trong khoảng giá trị từ 0 tới khoảng 100mV, biểu diễn tiếng nói của người đang sử dụng micrô, hoặc kim đồng hồ đo tốc độ sẽ biến thiên liên tục khi một chiếc ôtô đang chạy để biểu diễn tốc độ của ôtô trong khoảng từ 0 đến 50m/s...

2. Biểu diễn đại lượng ở dạng số : khi đó hàm biểu diễn sẽ biến thiên không liên tục theo thời gian và người ta dùng các ký tự bằng số để mô tả biểu diễn nó, ta nhận được tín hiệu số hay tín hiệu digital với đặc trưng là sự biến thiên từng bước rời rạc.

Tương ứng với điều trên, một mạch điện tử, một thiết bị hay hệ thống điện tử làm nhiệm vụ xử lý các tín hiệu thuộc loại nào sẽ mang tên của loại đó (ví dụ hệ thống tương tự và hệ thống số). Nhìn chung thế giới hiện thực xung quanh ta là thế giới tương tự, tức là các đại lượng xung quanh ta có bản chất là tương tự tác động tới đầu vào và yêu cầu xuất hiện ở đầu ra một hệ thống gia công xử lý tin tức. Kỹ thuật xử lý số tín hiệu dùng các hệ thống số như vậy có vai trò trung gian trong ba bước :

* Biến đổi đại lượng đầu vào tự nhiên dạng tương tự thành tín hiệu số.

* Xử lý thông tin tín hiệu số vừa nhận được.

* Biến đổi ở cổng ra từ tín hiệu dạng số về lại dạng tương tự.

Nguyên nhân của việc làm qua bước trung gian xử lý tín hiệu số xuất phát từ :

- Thói quen từ bản chất của con người "số hoá" các đại lượng cần quan tâm xử lý, ví dụ như khi ta nói nhiệt độ phòng là 25^oC thực ra chỉ là con số gần đúng đã được làm tròn của giá trị thực đang có.

- Kỹ thuật xử lý số thể hiện nhiều ưu điểm vượt trội so với các phương pháp xử lý truyền thống trước đây : dễ dàng hơn trong thiết kế, thuận lợi trong lưu giữ thông tin theo thời gian, tính chính xác và độ tin cậy đạt được cao, có thể lập trình để xử lý tự động, ít chịu ảnh hưởng của tác động lạ (nhiễu)...

3. Quá trình biến đổi một tín hiệu dạng tương tự sang dạng tín hiệu số cần 3 bước cơ bản sau đây :

* Thực hiện việc rời rạc hoá tín hiệu tương tự bằng cách lấy mẫu các giá trị của nó ở những thời điểm xác định. Bước này cần chú ý làm giảm tới mức ít nhất việc mất mát thông tin, muốn vậy chu kỳ (nhịp) lấy mẫu phải mau hơn khoảng hơn hai lần chu kỳ mau nhất của tín hiệu ($f_{mẫu} \geq 2f_{max}$).

* Thực hiện việc làm tròn (lượng tử hoá) các giá trị mẫu đã lấy. Muốn vậy cần chọn ra một đơn vị rời rạc nhỏ nhất về độ lớn gọi là 1 bước (1 giá trị) lượng tử cùng đơn vị đo lường với giá trị đã rời rạc ở trên và đánh giá chúng bằng bao nhiêu lần phần nguyên giá trị lượng tử.

* Thực hiện việc biểu diễn các giá trị vừa làm tròn thành các ký số trong một hệ thống số đếm được lựa chọn, ví dụ trong hệ thập phân (hệ đếm mười) hay trong hệ đếm nhị phân (hệ đếm hai), công việc này gọi là mã hoá các giá trị làm tròn đã chọn.

1.1.2. Để thực hiện việc mã hoá, phải sử dụng một hệ thống số đếm nào đó. Tính chất quan trọng nhất của một hệ thống số đếm là sử dụng một dãy các ký tự để thể hiện một con số trong hệ. Giá trị con số thể hiện qua giá trị và vị trí của mỗi ký số, vị trí này có trọng lượng (trọng số) tăng dần khi dịch vị trí từ phải qua trái. Trong kỹ thuật số có 4 hệ thống số đếm quan trọng được sử dụng :

1. Hệ đếm thập phân (hệ mười) gồm 10 ký tự các số tự nhiên từ 0 đến 9 ; vị trí của chúng thể hiện hàng đơn vị, hàng chục, hàng trăm... tính từ tận cùng bên phải (LSD) sang tận cùng bên trái (MSD) với phần nguyên và ngược lại từ trái qua phải là phần chục, phần trăm... với phần lẻ sau dấu phẩy như ta thường gặp hằng ngày.

Ví dụ: 181,25 là một số thập phân gồm 2 phần : phần nguyên 181 và phần lẻ 0,25 được biểu diễn ở dạng:

$$181,25 = 1.\ 10^2 + 8.\ 10^1 + 1.10^0 + 2.10^{-1} + 5.10^{-2}$$

nghĩa là giá trị của một số luôn bằng tổng các tích giữa giá trị của mỗi ký số (chữ số) với giá trị vị trí (trọng số thập phân) của nó. Điều này tương tự với mọi hệ thống số đếm khác.

2. Hệ đếm nhị phân (hệ hai) gồm 2 ký số (2 chữ số) tự nhiên là 0 và 1 và cũng tuân theo luật vị trí biểu diễn trọng số tương ứng (hay cấp nhị phân mà nó thể hiện).

Một số nhị phân n cấp (gọi là n bit nhị phân) ở hệ mười có dạng:

$$A_{(10)} = a_{n-1}.2^{n-1} + a_{n-2}\,2^{n-2} + \ldots + a_1 2^1 + a_0.2^0 \qquad (1.1)$$

trong đó : a_{n-1} gọi là bit có nghĩa lớn nhất (MSB hay bit già nhất)

a_0 là bit có nghĩa nhỏ nhất (LSB hay bit trẻ nhất)

Các ký tự a_k chỉ nhận một trong hai giá trị 0 hoặc 1.

Ví dụ : Với số nhị phân $10110101_{(2)}$ có n = 8 (8 bit hay thường gọi là 1byte) ở hệ đếm mười nó biểu diễn số:

$$1.2^7 + 0.2^6 + 1.2^5 + 1.2^4 + 0.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0$$

$$= 128 + 0 + 32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 181_{(10)}$$

Một số nhị phân có thể gồm 2 phần : bên trái dấu phẩy là phần nguyên sử dụng hệ thức (1.1) để xác định biểu diễn trong hệ mười. Nếu các ký số 0, 1 nằm bên phải, sau dấu phẩy chúng sẽ biểu diễn phần lẻ, được biểu diễn trong hệ 10 tương đương như sau:

$$0,1010_{(2)} = 1.2^{-1} + 0.2^{-2} + 1.2^{-3} + 0.2^{-4} \qquad (1.1)'$$

$$= \frac{1}{2} + 0 + \frac{1}{8} + 0$$

$$= 0,625_{(10)}$$

Như vậy số nhị phân $10110101,1010_{(2)} = 181,625_{(10)}$

3. Hệ đếm mười sáu (hệ HEXA) sử dụng 16 ký tự là 10 chữ số tự nhiên và 6 chữ cái viết hoa đầu tiên:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

vị trí các ký tự thể hiện trọng số $16^i_{(10)}$ (i = 0,1, 2...9) của nó.

Ví dụ : Các số $356_{(16)}$, $2AF_{(16)}$ hay $1BC2_{(16)}$ (biểu diễn trong hệ mười sáu) có giá trị tương đương trong hệ mười là :

$$356_{(16)} = 3.16^2 + 5.16^1 + 6.16^0$$
$$= 768 + 80 + 6 = 854_{(10)}$$

$$2AF_{(16)} = 2.16^2 + 10.16^1 + 15.16^0$$
$$= 512 + 160 + 15 = 687_{(10)}$$

$$1BC2_{(16)} = 7106_{(10)}$$

Một điều cần chú ý là mỗi ký tự chữ cái A, B, C, D, E hay F trong hệ đếm mười sáu đại diện cho một nhóm 4 ký số tương đương trong hệ đếm hai, nhờ đó có thể thu gọn cách viết hệ hai :

$A_{(16)} = 1010_{(2)}$; $D_{(16)} = 1101_{(2)}$

$B_{(16)} = 1011_{(2)}$; $E_{(16)} = 1110_{(2)}$

$C_{(16)} = 1100_{(2)}$; $F_{(16)} = 1111_{(2)}$

4. Hệ đếm tám (OCTA) sử dụng 8 số tự nhiên đầu tiên 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 và cũng theo luật vị trí để xác định trọng số thập phân 8^k (k = 0, 1....., 9) của mỗi ký số :

----	8^4	8^3	8^2	8^1	8^0	8^{-1}	8^{-2}	8^{-3}	8^{-4}	----

dấu chấm hay dấu phẩy

Ví dụ : $375_{(8)} = 3.8^2 + 7.8^1 + 5.8^0$

$= 3.64 + 7.8 + 5.1 = 253_{(10)}$

hay $25.4_{(8)} = 2.8^1 + 5.8^0 + 4.8^{-1} = 21,5_{(10)}$

Bảng 1.1 biểu diễn 16 số tự nhiên đầu tiên trong các hệ đếm vừa trình bày ở trên, để tránh nhầm lẫn người ta thường ký hiệu hệ đếm ở phía dưới tận cùng bên phải của con số đã cho như đã làm trong các ví dụ trên.

Bảng 1.1. ĐỐI CHIẾU 16 SỐ TỰ NHIÊN ĐẦU TIÊN TRONG 4 HỆ ĐẾM THƯỜNG DÙNG

Hệ mười	Hệ 2	Hệ 8	Hệ 16
0	0 0 0 0	0	0
1	0 0 0 1	1	1
2	0 0 1 0	2	2
3	0 0 1 1	3	3
4	0 1 0 0	4	4
5	0 1 0 1	5	5
6	0 1 1 0	6	6
7	0 1 1 1	7	7
8	1 0 0 0	10	8
9	1 0 0 1	11	9
10	1 0 1 0	12	A
11	1 0 1 1	13	B
12	1 1 0 0	14	C
13	1 1 0 1	15	D
14	1 1 1 0	16	E
15	1 1 1 1	17	F

1.1.3. Để biểu diễn 1 con số trong một hệ đếm, ví dụ trong hệ thập phân, ta sử dụng 4 phần:

* Phần dấu + hay -

* Phần nguyên đứng trước dấu phẩy (,)

* Dấu phẩy phân cách phần nguyên với phần lẻ

* Phần lẻ nằm sau dấu phẩy

Ví dụ : - 125,258

Để thuận tiện cho việc thao tác tính toán người ta thường sử dụng phương pháp dấu phẩy tĩnh, nội dung là đặt dấu phẩy sau chữ số tận cùng bên phải gọi là biểu diễn ở dạng chỉ có phần nguyên:

$$125{,}258 = 125\,258,\ (\times 10^{-3})$$

hoặc đặt dấu phẩy trước chữ số tận cùng bên trái gọi là cách biểu diễn ở dạng chỉ có phần lẻ

Ví dụ : $18{,}36_{10} = {,}1836.\ 10^2$

Phương pháp dịch dấu phẩy giúp việc thiết kế mạch thực hiện đơn giản hơn.

* Để biểu diễn một số có dấu (dương hay âm) trong hệ nhị phân có thể sử dụng cách bổ sung vào số đã cho một ký số (được gọi là bit thể hiện dấu) ở đầu phía trước của số đã cho theo quy định:

Ký số 1 biểu diễn số nhị phân sau nó là số âm

Ký số 0 biểu diễn số nhị phân tiếp sau là số dương

ta gọi đây là cách biểu diễn dấu và trị số thật để phân biệt với cách biểu hiện dấu khác (như dùng số bù 2 sẽ xét tới ở sau).

Ví dụ : $-242_{(10)} = 1\ 11110010_{(2)}$; $+150_{(10)} = 0\ 10010110_{(2)}$

* Nếu dùng một số bù 2 để biểu diễn một số nhị phân dấu âm (việc này sẽ thuận lợi hơn trong các thiết bị tính toán so với cách dùng trị số thật như trình bày ở trên) ta sẽ bắt đầu bằng thiết lập số bù 1 (đảo) của số đã cho, sau đó cộng thêm 1 vào số bù 1 vừa tạo ra ta sẽ nhận được số nhị phân bù 2 của số nhị phân ban đầu.

Ví dụ :

$$\begin{array}{l} 45_{10} = 1\,0\,1\,1\,0\,1_2 \\ \quad\quad\ \ \downarrow\downarrow\downarrow\downarrow\downarrow\downarrow \\ \quad\quad\ \ 0\,1\,0\,0\,1\,0 \ \text{bù1} \end{array}$$

có bù 1 bằng cách đảo toàn bộ các bit của số nhị phân ban đầu, sau đó cộng thêm 1 vào kết quả ta có: 010010 + 1 = 010011 chính là dạng biểu diễn số bù 2 của số nhị phân đã cho ban đầu 101101. Khi đó số có dấu được thể hiện theo quy định là :

$$\text{bít dấu}\ \begin{cases} 0\ \overbrace{101101}^{\text{trị số thật}}{}_2 = +45_{10} \\ 1\ \underbrace{010011}_{\text{Dạng bù 2 của trị số thật 101101.}}{}_2 = -45_{10} \end{cases}$$

1.2. ĐẠI CƯƠNG VỀ CÁC PHÉP TÍNH SỐ HỌC TRONG HỆ NHỊ PHÂN

Các phép tính số học trong hệ nhị phân sẽ được đề cập chi tiết hơn ở các giáo trình liên quan khi xét tới các linh kiện số thực hiện các phép tính này.

Tuy nhiên, để có những khái niệm ban đầu thuần túy là các cơ sở toán học nhị phân, trong tiết này chúng ta sẽ tóm tắt một số quy tắc chính thực hiện các phép cộng, trừ, nhân và chia các số trong hệ hai, khía cạnh kỹ thuật mạch điện tử số thực hiện chúng sẽ chưa được đề cập tới vì kỹ thuật thực hiện có những điểm khác hơn.

1.2.1. Phép cộng nhị phân được tiến hành giống như phép cộng trong hệ thập phân tức là phải cộng các ký số cùng cột (cùng trọng số nhị phân) theo quy tắc (1.2) :

$$\left.\begin{array}{llll} 0+0 & = 0 & & \\ 0+1 & = 1+0 & = & 1 \\ 1+1 & = 1\ 0 & = & 0 + \text{nhớ 1 cộng vào cột tiếp bên trái} \\ 1+1+1 & = 1\ 1 & = & 1 + \text{nhớ 1 cộng vào cột tiếp bên trái} \end{array}\right\} \quad (1.2)$$

Khi phép cộng không có nhớ, sử dụng hai quy tắc đầu trong (1.2)

Khi phép cộng có nhớ sử dụng hai quy tắc sau trong hệ thức (1.2)

Khi cộng nhiều số nhị phân ta thực hiện cộng dần (từng hai số một).

Ví dụ : các phép cộng nhị phân (ta có ghi chú số thập phân tương đương bên cạnh để dễ so sánh).

$$\begin{array}{rr} & 0\,1\,1\ (3) \\ + & 1\,1\,0\ (6) \\ \hline & 1\,0\,0\,1\ (9) \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 1\,0\,1\,1\,0\,1\ (45) \\ + & 1\,1\,1\,1\ (15) \\ \hline & 1\,1\,1\,1\,0\,0\ (60) \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 1\,1,0\,1\,1\ (3{,}375) \\ + & 1\,0,1\,1\,0\ (2{,}750) \\ \hline & 1\,1\,0,0\,0\,1\ (6{,}125) \end{array}$$

1.2.2. Phép trừ nhị phân thực hiện theo quy tắc (1.3) với hai ký số (bit) nhị phân cùng trọng số.

$$\left.\begin{array}{lllll} 0 & - & 0 & = & 0 \\ 1 & - & 0 & = & 1 \\ 1 & - & 1 & = & 0 \\ 10 & - & 1 & = & 1 \text{ (vay 1 ở cấp cao hơn)} \end{array}\right\} \quad (1.3)$$

Chú ý : khi ở cột thứ k xảy ra việc (0 – 1) ta áp dụng quy tắc vay 1 ở cấp (k+1) thực hiện theo quy tắc hàng cuối của (1.3) với số chỉ có duy nhất bit MSB bằng 1 (100 ....0) sau khi trừ đi số nhị phân chỉ có duy nhất một bit LSB kết quả sẽ là số bù 1 của số bị trừ :

$$1\underbrace{0\,0\ldots0\,0}_{\text{n số 0}} - 1 = 0\underbrace{1\,1\ldots1\,1}_{\text{n số 1}}$$

Ví dụ:

$$
\begin{array}{rl}
 & \text{vay} \\
 & 1\,1\,0\,0\,0\,1\,1\,1 \quad (199) \\
- & 1\,1\,0\,1\,1\,0\,1 \quad (109) \\
\hline
 & 0\,1\,0\,1\,1\,0\,1\,0 \quad (90)
\end{array}
$$

Cần chú ý rằng có thể thực hiện phép trừ nhờ đổi dấu số trừ sau đó dùng các quy tắc của phép cộng để thực hiện giữa số bị trừ (số hạng đầu) và số trừ sau khi đã đổi dấu (số hạng sau).

1.2.3. Phép nhân hai số nhị phân thực hiện giống phép nhân trong hệ mười theo quy tắc (1.4) (phép nhân không dấu).

$$
\left.
\begin{array}{l}
0\,.\,0 = 0 \\
1\,.\,0 = 0\,.\,1 \quad = 0 \\
1\,.\,1 = 1
\end{array}
\right\} \qquad (1.4)
$$

Thực hiện nhân liên tiếp từng cột của một thừa số với tất cả các cột của thừa số kia, hai hàng kết quả của 2 cột liên tiếp nhau phải đặt dịch trái 1 nhịp, sau cùng cộng các tích (các hàng tích) lại sẽ có tích toàn phần.

Ví dụ :

$$
\begin{array}{rl}
1010 & \leftarrow \text{Số bị nhân (10)} \\
101 & \leftarrow \text{Số nhân (5)} \\
\hline
\left.
\begin{array}{r}
1010 \\
+\;\;0000 \\
1010
\end{array}
\right\} & \text{các hàng tích số bán phần} \\
\hline
110010\,(50) & \leftarrow \text{tích số toàn phần}
\end{array}
$$

Khi số bị nhân có m chữ số lẻ (sau dấu phẩy) và số nhân có n chữ số lẻ, ta bỏ dấu phẩy của cả hai thừa số và thực hiện quy tắc nhân như với hai số nhị phân chỉ có phần nguyên. Kết quả ở tích số toàn phần, dấu phẩy được đặt ở vị trí trước cột thứ (m+n) tính từ phải qua trái như vẫn làm với hệ mười.

1.2.4. Phép chia nhị phân khó thực hiện hơn. Có thể tách thành hai trường hợp đặc trưng:

1. Khi số bị chia lớn hơn số chia

* ***Bước 1:*** Bắt đầu thực hiện từ 1 nhóm các cột có trọng số cao nhất (phần trái) của số bị chia có số ký số trong nhóm bằng hoặc lớn hơn một số lượng ký số của số chia. Thương số sẽ bằng 1 khi chia được và sẽ bằng 0 khi không chia được.

* ***Bước 2:*** Khi phép chia với nhóm trên thực hiện được, cần thực hiện phép trừ để lấy phần dư (giữa nhóm bị chia và số chia). Sau đó lần lượt hạ các cột tiếp sau chưa sử dụng tới của số bị chia. Mỗi lần hạ một cột, thương số được điền thêm ký số 1 nếu nhóm bị chia mới lớn hơn số bị chia hoặc điền thêm ký số 0 (phía phải của thương) nếu sau mỗi lần hạ, nhóm bị chia mới vẫn còn nhỏ hơn số bị chia... cứ làm tiếp tục cho tới khi hết.

* ***Bước 3:*** Nếu phép chia không hết (còn phần dư) sau khi đã hạ đến bit LSB, sẽ thực hiện lấy thêm phần lẻ của thương nếu có yêu cầu sau khi đã đặt dấu phẩy khi kết thúc phần nguyên. Muốn vậy thêm các số 0 ở sau phần số dư cuối cùng và tiến hành tiếp tục phép chia theo bước 1 và bước 2 cho tới lúc chia hết (phần dư bằng 0) hay đến số chữ số lẻ đủ theo yêu cầu.

Ví dụ 1: Thực hiện phép chia 101 101 : 101

```
  101'101 (45)      | 101 (5)
– 101               |---------
 ---------           1001  ←——  Thương số (9)
 0001'01
– 000
 ---------
  0010'1
–  000
 ---------
   0101'
–   101
 ---------
    000   ←——  Phần dư
```

Ví dụ 2 : Thực hiện phép chia 110000 : 101 (48 : 5)

```
 110'000 (48)      | 101 (5)
 101               |---------
 ---------          1001,10 (≈ 9,5)
 0010'0'0'             ↑
    1 0 1              |
 ---------          Thương số lấy đến 1 số lẻ
    0 1 1 0
     1 0'1
 ---------
     001   ←——  Phần dư
```

2. Khi số bị chia nhỏ hơn số chia cách thực hiện giống như ví dụ trên, kết quả thương số chỉ có phần lẻ sau dấu phẩy, mỗi lần thêm một số 0 vào số bị chia cần ghi một ký số 0 vào thương số phía sau dấu phẩy cho tới khi số bị chia "lớn hơn" số chia, phép tính này tương tự như trong hệ mười.

1.3. CÁC PHÉP BIẾN ĐỔI SỐ BIỂU DIỄN TRONG CÁC HỆ THỐNG SỐ KHÁC NHAU

Hệ thập phân thường biểu diễn các đại lượng bên ngoài thiết bị số, do vậy để thực hiện việc giao tiếp với các thiết bị số, xuất hiện yêu cầu chuyển đổi một số từ hệ này sang hệ kia, đặc biệt với 4 hệ thống số thông dụng nhất : hệ mười, hệ hai, hệ tám và hệ mười sáu. Tiết này sẽ trình bày các quy tắc cơ bản để biến đổi một số đã cho đang ở hệ thống số này sang một hệ thống số mong muốn khác.

1.3.1. Chuyển đổi một số A từ biểu diễn nhị phân sang biểu diễn thập phân được thực hiện theo hệ thức đã biết:

$$A_{10} = a_{n-1}2^{n-1} + a_{n-2}2^{n-2} + \dots + a_1 2^1 + a_0 2^0 \qquad (1.5)$$

Chú ý rằng vị trí của bit a_k có trọng số tương ứng 2^k.

Ví dụ : A_2= 101101 khi chuyển sang A_{10} có biểu diễn tương đương theo (1.5) là:

$$A_{10} = 1.2^5 + 0.2^4 + 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0$$
$$= 32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 1 = 45_{10}$$

hoặc với 1 số nhiều bit hơn:

$$A_2 = 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1$$
$$A_{10} = 1.2^7 + 1.2^6 + 0.2^5 + 0.2^4 + 0.2^3 + 1.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0$$
$$= 231_{10}$$

Nếu A_2 là một số nhị phân có phần nguyên và phần lẻ, phép chuyển đổi thực hiện theo hệ thức (1.1)' mở rộng.

Ví dụ : $A_2 = 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1\ , \quad 1 \quad 0 \quad 1$

$$A_{10} = 1.2^5 + 0.2^4 + 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0, 1.2^{-1} + 0.2^{-2} + 1.2^{-3}$$
$$= 45{,}625_{10}$$

1.3.2. Chuyển đổi một số thập phân sang biểu diễn nhị phân được thực hiện riêng biệt cho phần nguyên và cho phần lẻ sau đó gộp hai kết quả lại.

1. Chuyển đổi phần nguyên có hai cách thực hiện

* Sử dụng biểu thức 1.1 ở dạng ngược với quá trình chuyển đổi hệ hai - mười : triển khai số thập phân (nguyên) thành tổng các lũy thừa của 2 sau đó xác định giá trị các ký tự (bit) a_k tương ứng.

Ví dụ : $A_{10} = 58_{10} = 32 + 16 + 8 + 2$

$= 1.2^5 + 1.2^4 + 1.2^3 + 0.2^2 + 1.2^1 + 0.2^0$

Vậy $A_2 = 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0$

* Sử dụng quy tắc chia hai liên tiếp số A_{10} và lấy phần dư :

– Phần dư đầu tiên của phép chia (A_{10}/ 2) là bit LSB.

– Phần dư cuối cùng của phép chia là bit già nhất MSB.

Ví dụ 1 : $A_{10} = 55$ ta tiến hành như sau:

$\frac{55}{2} = 27 + \text{dư}\, 1$

$\frac{27}{2} = 13 + \text{dư}\, 1$

$\frac{13}{2} = 6 + \text{dư}\, 1$

$\frac{6}{2} = 3 + \text{dư}\, 0$

$\frac{3}{2} = 1 + \text{dư}\, 1$

$\frac{1}{2} = 0 + \text{dư}\, 1 \rightarrow 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1$

MSB LSB

Kết quả $A_2 = 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 1$

2. Chuyển đổi phần lẻ thập phân được thực hiện theo quy tắc "nhân 2 trừ 1"

* Đặt phần lẻ số A_{10} ở tận cùng bên trái, nhân nó với 2.

* Nếu tích kết quả $2A_{10} \geq 1$ thì trừ tích cho 1 ($2A_{10} - 1$) đồng thời đặt ký số 1 đầu tiên của phần lẻ sau dấu phẩy.

* Nếu tích $2A_{10} < 1$ thì đặt ký số 0 ở vị trí này.

* Nhân phần dư ($2A_{10} - 1$) hay $2A_{10}$ ở một trong hai bước trên với 2 để tìm tiếp ký số thứ 2 sau dấu phẩy...

* Quá trình trên sẽ chấm dứt khi đạt tới số ký số (bit) lẻ nằm sau dấu phẩy theo yêu cầu hay đến khi phép trừ không còn số dư.

Ví dụ minh hoạ các bước này:

Ví dụ 2: $A_{10} = 0,8325$ hãy tìm A_2 lấy tới 4 bit lẻ.

$A_{10} = 0,8325$	$2A_{10} = 1,665$ $2A_{10}-1=0,665$	$2.0,665=1,33$ $1,33-1 = 0,33$	$0,33.2=0,66$ $0,66 <1$	$0,66.2=1,32$ $1,32-1=0,32$
A_2	1	1	0	1

Vậy $A_2 = 0,1101$

Ví dụ 3 : $A_{10} = 0,3125$ Tìm A_2 lấy tới 4 bit lẻ.

$A_{10}=0,3125$	$2A_{10} = 0,625$ $0,625 < 1$	$0,625.2=1,25$ $1,25 -1 =0,25$	$0,25.2=0,5$ $0,5 < 1$	$0,5.2=1$ $1 - 1 =0$
A_2	0	1	0	1

Vậy $A_2 = 0,0101$

3. Nếu A_{10} có cả hai phần nguyên và phần lẻ : kết quả chung là sự kết hợp hai kết quả chuyển đổi riêng biệt như đã trình bày ở trên. Nếu sử dụng các ví dụ đã có với $A_{10} = 58,3125$ thì biểu diễn nhị phân của nó có dạng $A_2 = 111010,0101$.

1.3.3. Chuyển đổi số trong hệ 8 sang hệ khác (ví dụ từ A_8 sang A_{10}) cần sử dụng quy luật trọng số vị trí của các ký số đã cho để thực hiện.

Ví dụ 1: $375_8 = 3.\,8^2 + 7.\,8^1 + 5.\,8^0$

$= 3.\,64 + 7.\,8 + 5.1 = 253_{10}$

Ví dụ 2: $74,6_8 = 7.\,8^1 + 4.\,8^0 + 6.\,8^{-1}$

$= 60,75_{10}$

* Khi chuyển đổi một số A_{10} sang A_8 ta thực hiện chia liên tiếp cho 8 để lấy phần dư giống như quy luật đã làm với việc chuyển A_{10} sang A_2.

Ví dụ 3: Cho $A_{10} = 268_{10}$ tìm A_8

$$\frac{268}{8} = 33 + \text{dư } 4$$

$$\frac{33}{8} = 4 + \text{dư } 1$$

$$\frac{4}{8} = 0 + \text{dư } 4 \qquad A_8 = 4\ 1\ 4$$

* Khi chuyển đổi một số A_8 sang A_2 thực hiện theo quy tắc đổi từng ký số của A_8 sang một nhóm gồm 3 ký số nhị phân tương đương theo bảng chuyển đổi dưới đây:

Ký số của A_8	0	1	2	3	4	5	6	7
nhóm nhị phân tương đương	000	001	010	011	100	101	110	111

Như vậy nếu A_8 gồm n ký số trong hệ tám (từ 0 tới 7) thì A_2 tương đương sẽ gồm 3. n bit biểu diễn.

Ví dụ với $A_8 = 472_8$; A_2 tương đương có dạng: $A_2 = 100\ 111\ 010_2$

hay với $A_8 = 1764_8$ thì A_2 tương đương có dạng $A_2 = 001\ 111\ 110\ 100_2$

* Khi cần đổi 1 số từ hệ hai A_2 sang số hệ tám A_8 ta thực hiện ngược lại bằng cách chia A_2 thành từng nhóm 3 bit và thay thế nhóm này bằng 1 ký số tương đương của hệ tám. Việc chia nhóm 3 bit bắt đầu tính từ bít trẻ nhất LSB. Nếu nhóm cuối cùng của A_2 chứa bit già nhất MSB không đủ 3 ký số thì thêm 0 vào trước bit MSB cho đủ.

Ví dụ : $A_2 = 1\,0\,1 \quad 1\,1\,0 \quad 0\,1\,0$

$A_8 = \ 5 \quad 6 \quad 2$

hay $A_2 = 0\,0\,1 \quad 0\,1\,1 \quad 1\,1\,0$

$A_8 = \ 1 \quad 3 \quad 6$

* Ta có nhận xét là việc chuyển đổi cách biểu diễn $A_2 \rightarrow A_8$ được thực hiện tương đối dễ dàng do đó nếu gặp một số A_2 khá lớn (ví dụ 24 bit) ta có thể viết tốc ký thu gọn A_2 bằng một số A_8 tương đương chỉ còn 8 ký số đặc biệt thuận lợi trong việc diễn đạt một số A_2 quá dài.

Ví dụ : Cho $A_{10} = 179$, hãy tìm biểu diễn tương đương của A_{10} qua A_8 và sau đó qua A_2

$$\frac{A_{10}}{8} = \frac{179}{8} = 22 + \text{dư } 3$$

$$\frac{22}{8} = 2 + \text{dư } 6$$

$$\frac{2}{8} = 0 + \text{dư } 2$$

Kết quả ta được A_8 tương đương $A_8 = 263_8$

Chuyển A_8 sang A_2 tương đương, ta nhận được kết quả $A_2 = 010110011_2$.

$A_8 =$ 2 6 3

$A_2 =$ 0 1 0 1 1 0 0 1 1

Cách làm theo trình tự thao tác: $A_{10} \leftrightarrow A_8 \leftrightarrow A_2$ thường nhanh và thuận lợi trong kỹ thuật điện tử số hơn so với cách biến đổi trực tiếp $A_{10} \leftrightarrow A_2$ đã nêu trước.

1.3.4. Chuyển đổi từ một số hệ mười sáu sang hệ mười ($Z_{16} \rightarrow Z_{10}$)

Thực hiện theo quy tắc chung bảng ký tự sử dụng biểu diễn Z_{16} và quan tâm tới vị trí các ký tự của nó và trọng số tương ứng của vị trí của ký tự. Các ký tự số và chữ sử dụng là 0, 1, 2, 3, ... ,9, A, B, C, D, E, F, trọng số vị trí tính là 16^k khi ký tự ở vị trí thứ k (phải qua trái).

Ví dụ 1 : $Z_{16} = 356_{16}$ sẽ có Z_{10} tương đương là:

$$Z_{10} = 3.16^2 + 5.16^1 + 6.16^0$$
$$= 768 + 80 + 6 = 854_{10}$$

hoặc $Z_{16} = 2A6_{16}$

$$Z_{10} = 2.\ 16^2 + 10.\ 16^1 + 6.\ 10^0$$
$$= 768 + 160 + 6 = 934_{10}$$

* Khi cần chuyển cách biểu diễn Z_{10} sang Z_{16} tương đương, ta theo quy tắc tương tự là lấy Z_{10} chia liên tiếp cho 16 và đặt phần dư vào số kết quả theo trình tự từ cấp 16^0 trở đi.

Ví dụ 2: Cho $Z_{10} = 442_{10}$ tìm số Z_{16} tương đương.

$$\frac{Z_{10}}{16} = \frac{442}{16} = 27 + \text{dư } 10$$

$$\frac{27}{16} = 1 \text{ dư } 11$$

$$\frac{1}{16} = 0 + \text{dư } 1 \qquad Z_{16} = 1\ B\ A$$

Chú ý nếu phép chia $\dfrac{Z_{10}}{16} = 27{,}625$ thì phần dư $0{,}625_{10}$ được nhân với 16 để có phần dư trong hệ mười sáu: $0{,}625 \,.\, 16 = 10_{10} = Z_{16}$.

* Khi chuyển đổi $Z_{16} \leftrightarrow Z_2$, tương tự như ở hệ tám ta tiến hành biểu diễn theo từng nhóm 4 bit 1 ký tự của hệ mười sáu:

Ví dụ 1: Với $Z_{16} = 9\,E\,3_{16}$ có Z_2 tương đương dạng:

$$Z_2 = 1001\ \ 1110\ \ \ 0011_2$$

Ví dụ 2: với $Z_2 = \ \ 1\,1\ 1\,0\,1\,1\ 1\,0\,1\,0$

$$= \underbrace{0\,0\,1\,1}_{3}\ \underbrace{1\,0\,1\,1}_{B}\ \underbrace{1\,0\,1\,0}_{A}$$

$$Z_{16} = \ 3 \quad B \quad A$$

1.4. CÁC HỆ THỐNG MÃ NHỊ PHÂN THÔNG DỤNG

Khi sử dụng 1 nhóm ký hiệu đặc biệt để biểu diễn một số, một chữ hay một từ nào đó ta nói rằng đã thực hiện việc mã hoá số, chữ hay từ đã có... Nhóm ký hiệu tương ứng được gọi là 1 từ mã (code). Theo ý nghĩa này, các hệ thống số biểu diễn một số đã cho là một hệ thống mã hoá, trong đó mã hoá nhị phân quy ước một số thập phân nào đó có ý nghĩa đặc biệt vì đó là ngôn ngữ thực hiện phần giao tiếp người - máy tính.

1.4.1. Các dạng mã nhị thập phân (BCD)

* Khi biểu diễn 1 ký số trong hệ 10 bằng giá trị nhị phân tương đương của nó ta nhận được mã BCD. Các ký số thập phân từ 0 đến 9 cần có 4 bit nhị phân thể hiện. Nếu sử dụng 10 dòng đầu tiên trong bảng (1.1) đã có ta nhận được mã BCD - tự nhiên hay gọi là mã BCD – 8421 (để nhấn mạnh trọng số của các ký số được sử dụng trong 1 từ mã là 2^3, 2^2, 2^1, 2^0).