

PGS.TS. NGUYỄN QUỐC TRUNG (Chủ biên)  
ThS. BÙI THỊ KIM THOA

# KỸ THUẬT SỐ

(Dùng cho các trường đào tạo hệ Đại học và Cao đẳng)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Công ty Cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam  
giữ quyền công bố tác phẩm

---

303-2011/CXB/53- 357/GD

Mã số : 7B810Y1

## LỜI NÓI ĐẦU

Chúng ta đang sống trong kỷ nguyên mà các sản phẩm công nghệ cao đã thâm nhập vào mọi lĩnh vực đời sống – xã hội. Công nghệ nano – vật liệu mới; công nghệ thông tin số, công nghệ robot thông minh; công nghệ sinh học; công nghệ nghiên cứu về sự sống và nhiều công nghệ tiên tiến khác nữa đã thực sự làm thay đổi thế giới trong những thập kỷ qua.

Kỷ nguyên công nghệ số đã và đang tiếp tục phát triển không ngừng nhằm thông minh hóa và hiện đại hóa hệ thống, nâng cao chất lượng các hệ thống truyền thông và điều khiển. Sự bùng nổ của các sản phẩm công nghệ cao ngày nay phần nhiều dựa trên sự ra đời và phát triển của công nghệ kỹ thuật số và hệ thống thông tin số. Có thể kể đến rất nhiều ứng dụng của kỹ thuật số trong cuộc sống như: hệ thống truyền hình số; thông tin di động số; máy ảnh kỹ thuật số; các thiết bị MP3/MP4; các thiết bị điều khiển số, vv...

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên là trường đại học sư phạm kỹ thuật lớn nhất của khu vực phía Bắc. Mục tiêu của nhà trường là trở thành trường đại học định hướng thực hành/ứng dụng hàng đầu trong khu vực với nhiệm vụ đào tạo kỹ sư công nghệ cho các công ty, doanh nghiệp và cử nhân sư phạm kỹ thuật cho các trường chuyên nghiệp và dạy nghề góp phần vào công cuộc công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước. Chính vì thế, ngoài việc tập trung đào tạo kiến thức lý thuyết chuyên môn, sinh viên cần phải đạt được các năng lực nghề nghiệp cần thiết. Các năng lực này được hình thành thông qua quá trình học tập lý thuyết, thực hành/thí nghiệm, thông qua các đồ án môn học, đồ án tốt nghiệp và thực tập tại các công ty, doanh nghiệp.

Với sự giúp đỡ của Dự án giáo dục đại học Việt Nam – Hà Lan, cộng với kinh nghiệm nhiều năm nghiên cứu và giảng dạy tại Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, tập thể các giảng viên Khoa Điện – Điện tử đã cho ra đời bộ sách Kỹ thuật Điện – Điện tử. Cuốn Kỹ thuật số là một trong những cuốn sách thuộc bộ sách này.

Mục tiêu của cuốn sách nhằm cung cấp các kiến thức lý thuyết tổng quan và đầy đủ nhất về phương pháp phân tích và tổng hợp mạch số cho sinh viên, giảng viên và các kỹ sư, kỹ thuật viên chuyên ngành Điện – Điện tử. Bên cạnh đó, các bài tập luyện tập và các ví dụ ứng dụng thực tiễn, đã được tác giả kiểm nghiệm thông qua các bài thực hành/thí nghiệm, sẽ được bổ sung vào trong nội dung của cuốn sách. Với cấu trúc như vậy, người đọc có thể dễ dàng đọc và tự học. Kinh nghiệm cho thấy, người đọc sẽ nhớ rất tốt và hứng thú với những gì mà họ được đọc và thực hành, hơn là họ được nghe.

Cuốn sách cũng là tài liệu tham khảo rất có ích cho tất cả các sinh viên đang theo học các ngành Kỹ thuật điện tử, Viễn thông, Kiến trúc máy tính, Tin học, Tự động hoá, Đo lường, Điều khiển,.... ở các trường Cao đẳng và Đại học.

Nội dung cuốn sách gồm có 6 chương:

**Chương 1:** Trình bày các khái niệm cơ bản của hệ thống số, các hệ thống số đếm, các phép tính số học và các loại mã.

**Chương 2:** Trình bày cơ sở toán logic, các phương pháp biểu diễn và tối thiểu hoá hàm logic.

**Chương 3:** Giới thiệu về các thông số, cấu tạo và hoạt động của các vi mạch logic.

**Chương 4:** Trình bày các phương pháp phân tích và thiết kế mạch tổ hợp, các mạch logic tổ hợp thường gặp, các ứng dụng.

**Chương 5:** Trình bày các phương pháp phân tích và thiết kế mạch dãy, các mạch logic dãy thường gặp, các ứng dụng.

**Chương 6:** Trình bày các bộ chuyển đổi số – tương tự và tương tự – số.

Trong mỗi chương, sau mỗi phần lý thuyết đều có các ví dụ cụ thể và các ứng dụng được giải thích rõ ràng giúp người đọc hiểu rõ vấn đề, các hệ thống bài tập cuối mỗi chương giúp người học nắm vững các kiến thức đã học.

Các tác giả xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp trong Bộ môn Kỹ thuật Điện tử của trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên đã đóng góp nhiều ý kiến bổ ích cho việc soạn thảo.

Nội dung cuốn sách đã được dùng làm tài liệu giảng dạy cho các lớp Đại học và Cao đẳng trong nhiều năm, tuy nhiên không thể tránh khỏi những thiếu sót. Chúng tôi rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các bạn đồng nghiệp, bạn đọc để kịp thời chỉnh sửa, bổ sung cho lần tái bản sau.

Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về: Khoa Điện – Điện tử, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, huyện Khoái Châu, Hưng Yên hoặc Công ty Cổ phần sách Đại học và Dạy nghề – Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam, 25 Hàn Thuyên, Hà Nội.

**Các tác giả**

## Chương 1

# KHÁI NIỆM CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG SỐ

### 1.1. KHÁI NIỆM TÍN HIỆU SỐ

Về cơ bản có hai cách biểu diễn giá trị của đại lượng, đó là tương tự (analog) và số (digital).

– Biểu diễn dạng tương tự: trong cách biểu diễn dạng tương tự, một đại lượng được biểu diễn bằng hiệu điện thế, cường độ dòng điện, hay số đo chuyển động tương quan với giá trị của đại lượng đó.

Ví dụ, đồng hồ đo vận tốc trong xe ô tô, kim đo phải lệch tương ứng với tốc độ hiện tại của xe và độ lệch này phải thay đổi tức thì khi vận tốc xe tăng hay giảm.

Một ví dụ khác về đại lượng tương tự là chiếc micrô. Trong thiết bị này, biên độ hiệu điện thế đầu ra luôn tỷ lệ với cường độ sóng âm tác động vào màng rung của micrô ở đầu vào.

Các đại lượng tương tự có một đặc điểm rất quan trọng đó là: Đại lượng tương tự có thể thay đổi theo một khoảng giá trị liên tục.

– Biểu diễn dạng số: Trong cách biểu diễn dạng số, đại lượng được biểu diễn bằng các biểu tượng gọi là ký số (digit).

Ví dụ, đồng hồ hiện số, hiển thị thời gian trong ngày như giờ, phút, giây dưới dạng số thập phân. Tuy thời gian trong ngày thay đổi liên tục, nhưng số hiện của đồng hồ số lại thay đổi từng bước, mỗi bước là một phút hay một giây.

Nói cách khác, các đại lượng số có đặc điểm là giá trị của nó thay đổi theo từng bước rời rạc.

Vì tính rời rạc trong biểu diễn dạng số nên khi đọc giá trị của đại lượng số, không hề có sự mơ hồ.

#### **a) Ưu điểm của kỹ thuật số so với kỹ thuật tương tự**

- Do sử dụng chuyên mạch nên nhìn chung thiết bị số dễ thiết kế hơn.
- Thông tin được lưu trữ dễ dàng.
- Tính chính xác và độ tin cậy cao hơn.
- Có thể lập trình để điều khiển hệ thống số.
- Ít ảnh hưởng bởi nhiễu.
- Nhiều mạch số có thể được tích hợp trên một chip IC.

#### **b) Giới hạn của kỹ thuật số**

Mặc dù hệ thống số có rất nhiều ưu điểm, nhưng bên cạnh đó vẫn có một số hạn

ché. Do hầu hết các đại lượng vật lý đều có bản chất là tương tự, nên muốn tận dụng được hệ thống kỹ thuật số thì chúng ta phải thực hiện các bước sau:

- Biến đổi đầu vào dạng tương tự thành dạng số (A/D).
- Xử lý tín hiệu số.
- Biến đổi đầu ra dạng số thành dạng tương tự (D/A).

Tuy nhiên, quá trình trên được coi là quá trình tắt yếu đối với hệ thống số.

Ở một số hệ thống, để tận dụng cả ưu điểm của kỹ thuật số và kỹ thuật tương tự người ta dùng cả hai hệ thống. Trong các hệ thống lai ghép này thì việc quan trọng là phải xác định được phần nào của hệ thống nên sử dụng kỹ thuật số và phần nào nên sử dụng kỹ thuật tương tự.

## 1.2. TRẠNG THÁI NHỊ PHÂN VÀ MỨC LOGIC

Trong hệ thống kỹ thuật số, thông tin được xử lý đều biểu diễn dưới dạng nhị phân. Bất kỳ thiết bị nào chỉ có hai trạng thái hoạt động đều có thể biểu diễn được các đại lượng dưới dạng nhị phân.

Ví dụ, một công tắc chỉ có hai trạng thái hoạt động là đóng hoặc mở. Ta có thể quy ước công tắc mở biểu diễn nhị phân 0 và công tắc đóng biểu diễn nhị phân 1. Với quy ước này ta có thể biểu diễn số nhị phân bất kỳ.

Có vô số thiết bị chỉ có hai trạng thái hoạt động hay vận hành ở hai điều kiện đối lập nhau như: bóng đèn (sáng/tối), điôt (dẫn/không dẫn), rơle (ngắt/đóng),...

Trong thiết bị điện tử số, thông tin nhị phân được biểu diễn bằng hiệu điện thế (hay dòng điện) tại đầu vào hay đầu ra của mạch. Thông thường, số nhị phân 0 và 1 được biểu diễn bằng hai mức điện thế danh định. Ví dụ: 0V có thể biểu diễn bằng nhị phân 0 và +5V biểu diễn bằng nhị phân 1. Trên thực tế, các số 0 hoặc 1 được biểu diễn bằng một khoảng điện thế quy định nào đó. Ví dụ, khoảng điện thế từ 0V đến 0,8V được quy định là mức logic 0 và từ 3V đến 5V được quy định là mức logic 1.

Đối với hệ thống kỹ thuật số giá trị chính xác của hiệu điện thế hay dòng điện là không quan trọng, chỉ cần nó nằm trong khoảng quy định mức logic 0 hay 1.

## 1.3. KHÁI NIỆM BIT, BYTE, WORD

- Bit (binary digit – số nhị phân): Là một trong hai số 0 và 1 dùng trong các thiết bị số để biểu thị các số, các ký tự và các lệnh máy. Bit là đơn vị nhỏ nhất của thông tin.

- Byte: Hầu hết máy tính đều thao tác và lưu trữ thông tin, dữ liệu nhị phân theo từng nhóm 8 bit, chính vì vậy chuỗi 8 bit này có tên là byte.

- Word – từ: Thông tin dữ liệu được tạo thành từ một đơn vị cơ bản gọi là từ (word). Tùy theo từng loại máy, 1 từ có thể là 8 bit, 16 bit, 32 bit,... Các thiết bị chỉ truyền đi hay nhận vào nguyên 1 từ hay nhiều từ chứ không phải chỉ vài bit của từ. Tuy nhiên đơn vị nhớ cơ bản là bit.



## 1.4. CÁC HỆ THỐNG SỐ ĐẾM

### 1.4.1. Các hệ thống số đếm sử dụng trong kỹ thuật số

Để biểu diễn các số đo, các đại lượng vật lý ta cần các hệ thống số đếm. Trong một hệ thống số đếm bất kỳ, một con số được biểu diễn dưới dạng một dãy các chữ số liên tiếp. Như vậy, ứng với mỗi tập hợp các chữ số dùng để biểu diễn các con số chúng ta sẽ được một hệ thống đếm khác nhau. Người ta gọi cơ số của hệ đếm là số chữ số khác nhau dùng để biểu diễn các con số trong hệ đếm đó.

Trong kỹ thuật số, có bốn hệ thống số đếm quan trọng là:

– Hệ đếm thập phân (Decimal): còn được gọi là hệ cơ số 10, nó sử dụng 10 chữ số để biểu diễn các con số, 10 chữ số đó là: 0, 1, 2, ..., 9.

– Hệ nhị phân (Binary): còn được gọi là hệ cơ số 2, nó sử dụng hai chữ số để biểu diễn tất cả các con số, hai chữ số đó là 0 và 1.

– Hệ bát phân (Octal): còn được gọi là hệ cơ số 8, nó sử dụng 8 chữ số để biểu diễn tất cả các con số, 8 chữ số đó là: 0, 1, 2, ..., 7.

– Hệ thập lục phân (Hexa): còn được gọi là hệ cơ số 16, nó sử dụng 16 ký hiệu để biểu diễn tất cả các con số, 16 ký hiệu đó là: 0, 1, 2, ..., 9, A, B, C, D, E, F.

Các hệ thống số đếm chúng ta nói ở trên là các hệ thống đếm theo vị trí, tức là giá trị của các chữ số phụ thuộc vào vị trí của nó trong con số. Vì thế trong các con số, chữ số đầu tiên được gọi là chữ số (bit) có ý nghĩa nhất (MSD – Most Significant Digit), tức có trọng số lớn nhất và chữ số cuối cùng là chữ số (bit) ít ý nghĩa nhất (LSD – Least Significant Digit), tức có trọng số bé nhất.

### 1.4.2. Chuyển đổi giữa các hệ thống số đếm

#### a) Chuyển đổi từ các hệ thống số đếm khác sang hệ thập phân

Nếu có số A trong hệ thống đếm B thì ta có thể chuyển đổi sang hệ thập phân theo công thức sau:

$$(A)_B = a_{n-1}B^{n-1} + a_{n-2}B^{n-2} + \dots + a_0B^0 + a_{-1}B^{-1} + \dots + a_{-m}B^{-m} \quad (1.4.2.1)$$

Trong đó:

A là một số ( $A = a_{n-1} a_{n-2} \dots a_0, a_{-1} a_{-2} \dots a_{-m}$ )

B là cơ số của hệ đếm;  $0 \leq a_k \leq B - 1$

n là số chữ số trong phần nguyên

m là số chữ số trong phần thập phân

$a_{n-1}$  là chữ số có ý nghĩa nhất

$a_{-m}$  là chữ số ít ý nghĩa nhất

$B^k$  là trọng số của chữ số ở vị trí k; với  $k = -m \div n - 1$ .

Ví dụ 1.4.2.1:

$$(1101,01)_2 = 1.2^3 + 1.2^2 + 0.2^1 + 1.2^0 + 0.2^{-1} + 1.2^{-2} = (13,25)_{10}$$

$$(12,4)_8 = 1.8^1 + 2.8^0 + 4.8^{-1}$$

$$(13,8)_{16} = 1.16^1 + 3.16^0 + 8.16^{-1}$$

**b) Chuyển đổi từ hệ thập phân sang các hệ thống số đếm khác**

Với phần nguyên, ta thực hiện chia liên tiếp số thập phân cho cơ số của hệ đếm cho đến khi thương bằng 0 và thực hiện lấy số dư theo thứ tự số dư cuối cùng là chữ số có ý nghĩa nhất và số dư đầu tiên là chữ số ít ý nghĩa nhất.

Với phần lẻ sau dấu phẩy, sự chuyển đổi được thực hiện bằng cách nhân liên tiếp cơ số của hệ đếm và giữ lại phần nguyên được sinh ra từ trái qua phải.

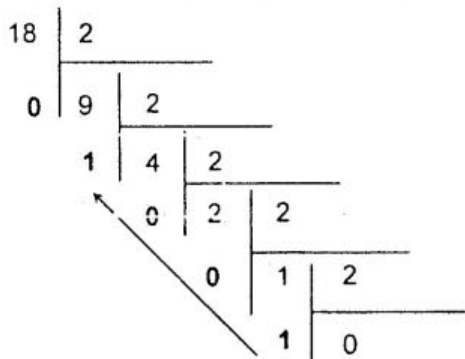
Ví dụ 1.4.2.2. Chuyển  $(18,25)_{10}$  sang hệ nhị phân.

*Giai:*

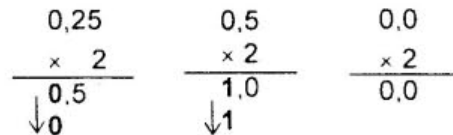
Phần nguyên thực hiện chia liên tiếp cho 2 cho đến khi thương bằng 0 như trên hình 1.4.2.1:

Vậy  $(18)_{10} = (10010)_2$

Với phần lẻ thực hiện nhân liên tiếp với 2 như trên hình 1.4.2.2:



Hình 1.4.2.1



Hình 1.4.2.2

Vậy:  $(0,25)_{10} = (0,01)_2$

Ta có:  $(18,25)_{10} = (10010,01)_2$

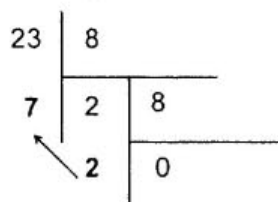
(Kiểm tra lại kết quả bằng cách chuyển từ hệ nhị phân sang hệ thập phân như đã học ở mục trước).

Lưu ý, sự chuyển đổi không phải luôn luôn chính xác, nói chung một lượng gần tương đương có thể được xác định bằng sự kết thúc quá trình nhân tại điểm mong muốn.

Ví dụ 1.4.2.3. Chuyển đổi  $(23,15)_{10}$  sang hệ bát phân.

*Giai:*

Phần nguyên:



Vậy:  $(23)_{10} = (27)_8$



|          |                  |                  |                  |     |
|----------|------------------|------------------|------------------|-----|
| Phần lẻ: | 0,15             | 0,2              | 0,6              | 0,8 |
|          | $\times 8$       | $\times 8$       | $\times 8$       | ... |
|          | $\downarrow 1,2$ | $\downarrow 1,6$ | $\downarrow 4,8$ | ... |
|          | 1                | 1                | 4                |     |

Vậy:  $(0,15)_{10} \approx (0,114)_8$

Ta có:  $(23,15)_{10} \approx (27,114)_8$

(Kiểm tra lại kết quả bằng cách chuyển từ hệ bát phân sang hệ thập phân như đã học ở mục trước).

Tương tự, lấy ví dụ chuyển từ hệ thập phân sang thập lục phân.

### c) Chuyển đổi từ hệ nhị phân sang hệ bát phân và ngược lại

Với 3 bit nhị phân có thể tạo ra được  $(2^3 = 8)$  8 tổ hợp số nhị phân 3 bit khác nhau. Như vậy, mỗi ký số bát phân có thể được biểu diễn bằng nhóm mã nhị phân ba bit khác nhau. Khi nhập dữ liệu vào máy tính thì ba bit nhị phân có thể được biểu diễn bằng một ký số bát phân là rất thuận tiện. Trước khi dữ liệu được xử lý thì nó được tái tạo thành dạng nhị phân bằng các mạch chuyển đổi.

Để chuyển từ hệ nhị phân sang hệ bát phân ta thực hiện nhóm số nhị phân thành từng nhóm ba bit và chuyển sang ký số bát phân tương ứng.

Đối với phần nguyên thực hiện nhóm từ phải sang trái, đối với phần lẻ thực hiện nhóm từ trái sang phải. Nếu nhóm cuối cùng không đủ 3 bit thì thêm bit 0 vào.

Ngược lại, chuyển từ bát phân sang nhị phân đối từng ký số bát phân thành từng nhóm nhị phân 3 bit.

Bảng chuyển đổi:

|         |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Số hệ 8 | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
| Số hệ 2 | 000 | 001 | 010 | 011 | 100 | 101 | 110 | 111 |

Từ bảng chuyển đổi trên ta có thể đổi bất kỳ số hệ 2 nào sang hệ 8 hoặc ngược lại.

Ví dụ 1.4.2.4:

$$(001\ 011\ 001\ 010\ 101,101\ 010\ 100)_2 = (13125,524)_8$$

$$(713,26)_8 = (111\ 001\ 011,010\ 110)_2$$

### d) Chuyển từ hệ nhị phân sang hệ thập lục phân và ngược lại

Tương tự như mục (c) ở đây ta nhóm từng nhóm 4 bit. Bảng chuyển đổi:

|             |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Số Hexa     | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Số nhị phân | 0000 | 0001 | 0010 | 0011 | 0100 | 0101 | 0110 | 0111 |
| Số Hexa     | 8    | 9    | A    | B    | C    | D    | E    | F    |
| Số nhị phân | 1000 | 1001 | 1010 | 1011 | 1100 | 1101 | 1110 | 1111 |

Có bốn bit nhị phân có thể tạo được  $(2^4)$  16 tổ hợp số nhị phân 4 bit khác nhau.

Mỗi tổ hợp của bốn bit nhị phân có thể biểu diễn bằng một ký số thập lục phân. Như vậy, khi nhập dữ liệu vào máy tính thì bốn bit nhị phân được biểu diễn dưới dạng các ký số Hexa rất thuận tiện. Số Hexa được biến đổi thành dạng nhị phân trước khi chúng được xử lý bởi mạch số.

Ví dụ 1.4.2.5:

$$(0101\ 0010\ 0111\ 1011\ 1001,1001\ 1011)_2 = (527B9,9B)_{16}$$

$$(5AC,9E)_{16} = (10110101100,1001111)_2$$

### e) Chuyển từ hệ bát phân sang hệ thập lục phân và ngược lại

Do chuyển đổi qua lại giữa hệ 2 và hệ 8, giữa hệ 2 và hệ 16 rất nhanh chóng nên khi chuyển từ hệ 8 sang hệ 16 hoặc ngược lại ta dùng hệ 2 làm trung gian.

Ví dụ 1.4.2.6:

$$(723)_8 = (111010011)_2 = (1D3)_{16}$$

$$(C4)_{16} = (11000100)_2 = (304)_8$$

### 1.4.3. Phép đếm trong các hệ thống số đếm

Cũng tương tự như hệ 10, đối với hệ 8 hoặc hệ 16 do nó gồm 8 hoặc 16 ký tự nên khi đếm đến 7 hoặc F nó quay trở về 0 và ký số trước nó tăng thêm 1 đơn vị.

Ví dụ 1.4.3.1:

Hệ 8: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, ...

Hệ 16: 0,1, 2,..., E, F,10,11,...,1E,1F, 20,....

Quy tắc đếm trong hệ 2: Sau mỗi lần đếm bit có trọng số là 1 ( $2^0$ ) sẽ đảo bit (1 sang 0 hoặc 0 sang 1), còn đối với các bit khác sẽ đảo bit khi bit ngay sau nó chuyển từ 1 sang 0.

Ví dụ: 0,1,10,11,100,101,110,111,1000,....

Số tiếp theo của số nhị phân gồm n bit 1 là số gồm (n + 1) bit với bit 1 đầu tiên và n bit 0 tiếp theo.

## 1.5. CÁC PHÉP TÍNH SỐ HỌC TRONG HỆ NHỊ PHÂN

### 1.5.1. Cộng nhị phân

Phép cộng hai số nhị phân được tiến hành giống như cộng số thập phân. Tuy nhiên, chỉ có bốn trường hợp có thể xảy ra trong phép cộng 2 bit nhị phân tại vị trí bất kỳ đó là:

1)  $0 + 0 = 0$

2)  $1 + 0 = 1$

3)  $1 + 1 = 10$  (bằng 0 nhớ 1)

4)  $1 + 1 + 1 = 11$  (bằng 1 nhớ 1)

Trường hợp cuối cùng xảy ra khi hai bit ở vị trí nào đó đều là 1 và có nhớ từ một vị trí trước đó.