



# Digital System

Khoa KH & KTMT

Bộ môn Kỹ Thuật Máy Tính



# Chương 1

## Biểu diễn số đếm, mã và biến đổi mã



# Nội dung

- Hệ số và hệ tương tự.
- Hệ thống số đếm và mã.
- Phương pháp kiểm tra và phát hiện lỗi.

# Giới thiệu

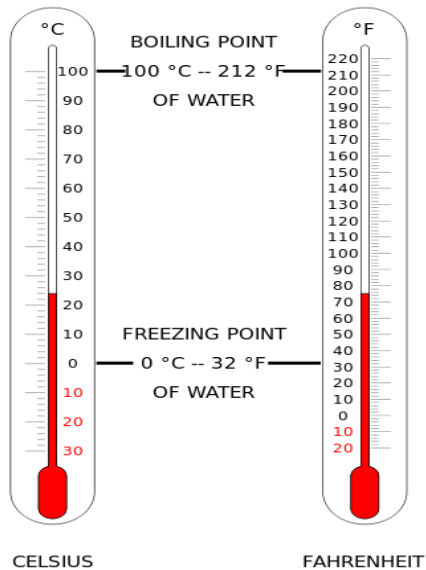
- Hệ số (*Digital system*) là đối tượng khảo sát chính của môn học
- Hệ số đang dần dần thay thế các hệ tương tự (*Analog system*) vốn tồn tại trước đây
- Hệ số xuất hiện trong nhiều lĩnh vực của công nghệ hiện đại
  - Tín hiệu giao thông
  - Dòng hóa chất
  - Nhiệt độ
  - Động cơ xe hơi
  - Kiểm tra thời gian
  - Máy phân phối, kiểm soát
  - Thiết bị điện tử âm thanh, video
  - Máy y tế
  - Mạng điện thoại
  - Hệ điều khiển không lưu, xử lý tín hiệu radar
  - Dụng cụ điện tử: dao động ký (*oscilloscope*) số, máy phân tích luận lý (*logic analyzer*)

# Số (Digital) và tương tự (Analog)

- Trong khoa học và kỹ thuật những quá trình định lượng trong tự nhiên (áp suất, vận tốc, điện áp, dòng điện, ...) được biểu diễn qua trung gian các biến
- Quan hệ giữa các biến được diễn tả bởi các định luật, công thức
- Trong hệ thống, các biến được hiện thực dưới dạng các tín hiệu (*signal*) vật lý ở đầu vào và đầu ra
- Theo thực nghiệm, các tín hiệu vật lý dường như biến đổi một cách liên tục (*continuously*), VD. nhiệt độ trong ngày, dòng điện, v.v...
- Hệ tương tự là hệ mà ở đó các tín hiệu thay đổi theo cách liên tục (tín hiệu tương tự - *analog signal*)

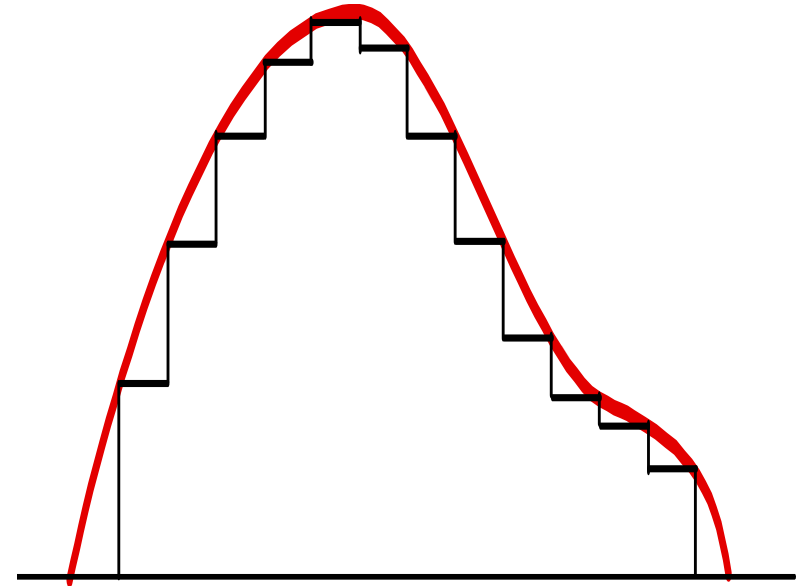
# Analog System

# Digital System



# Hệ số và hệ tương tự ...

- Hình vẽ bên minh họa việc xấp xỉ một đường cong liên tục bất kỳ bằng một hàm bao gồm nhiều bậc thang rời rạc (*discrete*)
- Tín hiệu liên tục cũng có thể được rời rạc hóa (*discretized*) hay lượng tử hóa (*digitized*)  
⇒ tín hiệu số (*digital signal*)
- Có thể chuyển đổi giữa tín hiệu số và tín hiệu tương tự



- ☞ Hệ số là hệ mà ở đó các tín hiệu thay đổi theo cách rời rạc (tín hiệu số)
- ☞ Các biến được xử lý trong hệ số đều ở dạng rời rạc  
⇒ các giải thuật xấp xỉ gần đúng

# Ưu điểm của hệ số

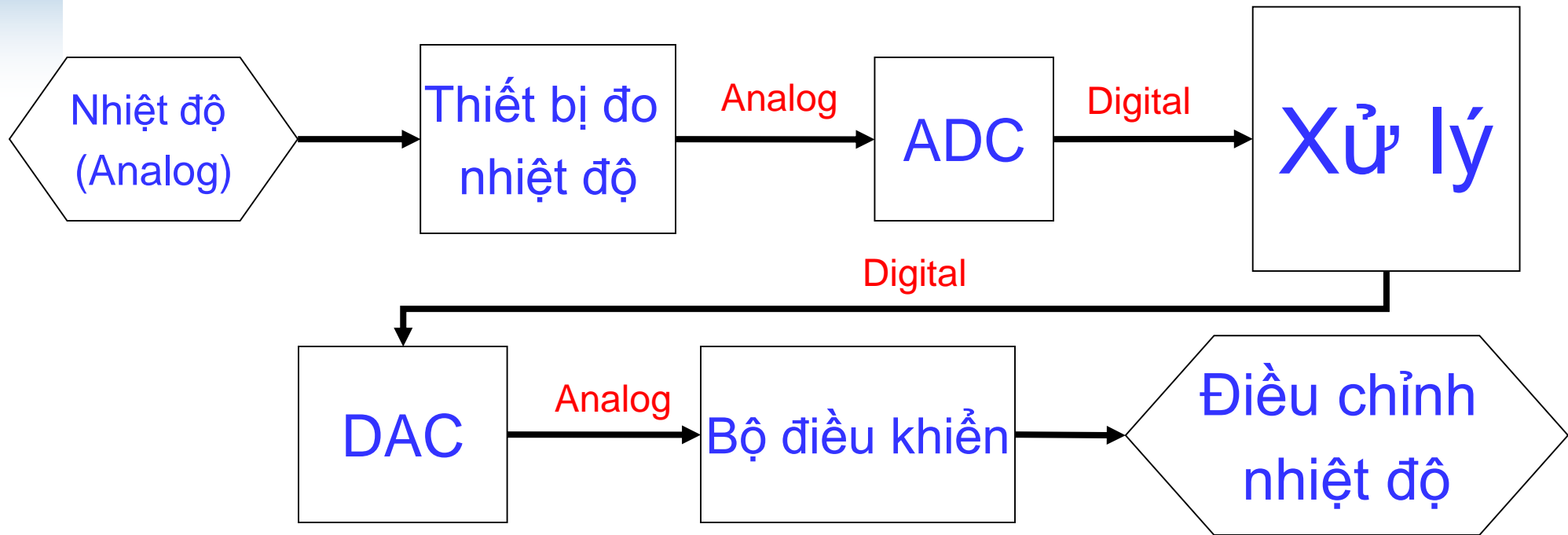
- Dễ thiết kế (**Design**) – Mạch chuyển mạch (Switching circuits)
- Thông tin được lưu dễ dàng (**Information storage**)
- Độ chính xác cao (**Accuracy and precision**)
- Các hoạt động có thể được lập trình (**Programmed**)
- Ít bị ảnh hưởng nhiễu (**Noise**)
- Có nhiều mạch số được chế tạo thành chip chuyên dụng(**IC**).



# Hạn chế của hệ số

- Thế giới thực phần lớn là tương tự
- VD: Nhiệt độ, áp suất, vận tốc, tốc độ dòng chảy,...
- Các bước xử lý vấn đề
  - Chuyển đổi từ tín hiệu nhập vào tương tự (Analog Input) sang tín hiệu số (Digital)
  - Xử lý trên dữ liệu số
  - Chuyển đổi tín hiệu số ra tín hiệu tương tự (Analog output)

# Hệ thống điều khiển nhiệt độ



- ADC : Analog to Digital Converter
- DAC : Digital to Analog Converter

# Hệ thống số đếm

- Hệ thống số đếm (hệ đếm) quen thuộc nhất với con người là hệ thập phân (*decimal number system*)
- Hệ thập phân sử dụng 10 ký số (*digit*) từ 0 đến 9 và biểu diễn giá trị số dưới dạng viết tắt của đa thức cơ số (*base*) 10

$$3\ 7\ 5\ 6 = 3 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

- Giá trị số được biểu diễn không chỉ phụ thuộc vào các ký số mà còn phụ thuộc vào vị trí xuất hiện của các ký số  
⇒ hệ số đếm theo vị trí (*positional number system*)

# Hệ thống số đếm

- Dạng tổng quát của một hệ số cơ số  $b$  được biểu diễn:

$$a_{n-1} a_{n-2} \dots a_2 a_1 a_0 \cdot a_{-1} a_{-2} a_{-3} \dots a_{-m+1} a_{-m}$$

trong đó  $0 \leq a_i < b$

- Tổng quát hóa cho hệ đếm cơ số (base)  $b$

$$N_{10} = N_b = a_{n-1} \times b^{n-1} + a_{n-2} \times b^{n-2} + \dots + a_0 \times b^0 + a_{-1} \times b^{-1} + \dots + a_{-m} \times b^{-m}$$

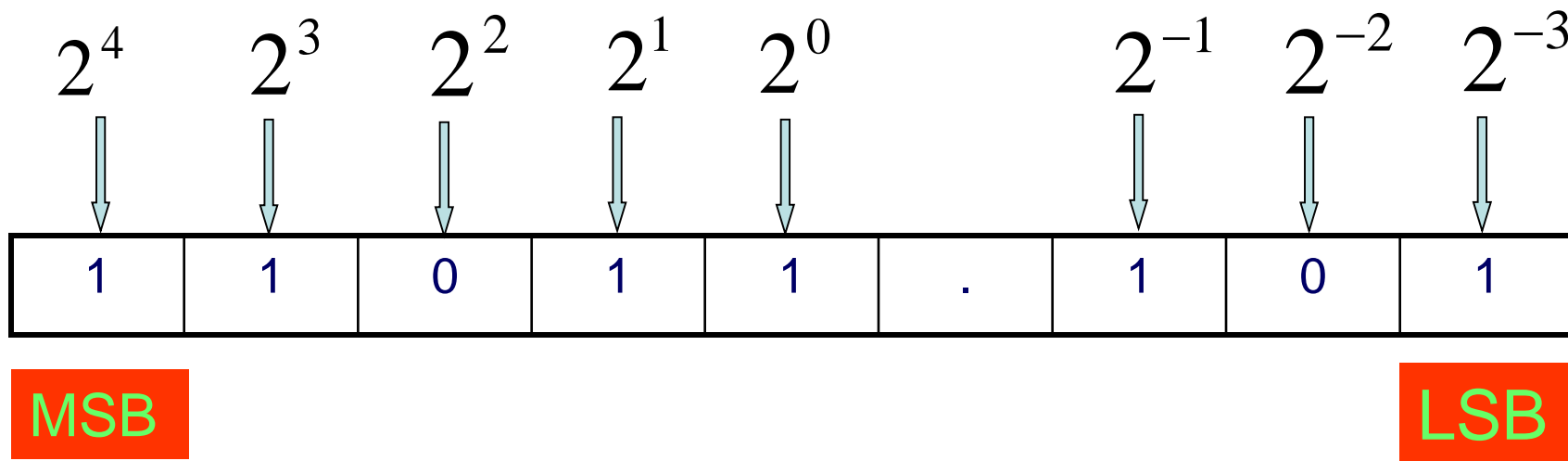
# Example

- $(7,239)_{10} = 7 \times 10^3 + 2 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 9 \times 10^0$
- $(4103.2)_5 = 4 \times 5^3 + 1 \times 5^2 + 0 \times 5^1 + 3 \times 5^0 + 2 \times 5^{-1}$   
 $= 4 \times 125 + 1 \times 25 + 0 \times 5 + 3 \times 1 + 2 \times 5^{-1}$   
 $= (528.4)_{10}$
- $(11011)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0$   
 $= (27)_{10}$
- $(B65F)_{16} = 11 \times 16^3 + 6 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 15 \times 16^0$

# Hệ nhị phân

- Chỉ có 2 kí số: 0 và 1
- Mỗi ký số trong hệ nhị phân (*binary number system*) gọi là **bit** (binary digit) vận chuyển một thông tin tối thiểu,  
Vd. sáng/tối, tắt/mở, ...
- **Msb** (*most significant bit*) là bit có trọng số lớn nhất
- **Lsb** (*least significant bit*) là bit có trọng số nhỏ nhất

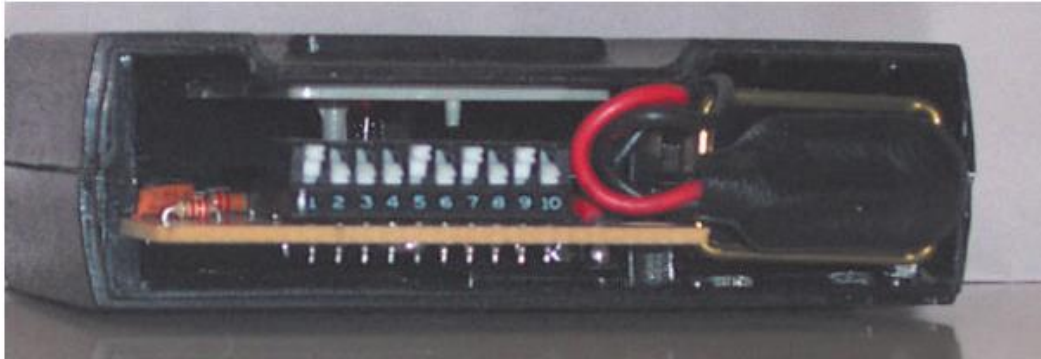
# Hệ nhị phân...



$$(11011.101)_2 = 1 * 2^0 + 1 * 2^1 + 0 * 2^2 + 1 * 2^3 + 1 * 2^4 \\ + 1 * 2^{-1} + 0 * 2^{-2} + 1 * 2^{-3}$$

# Biểu diễn đại lượng nhị phân

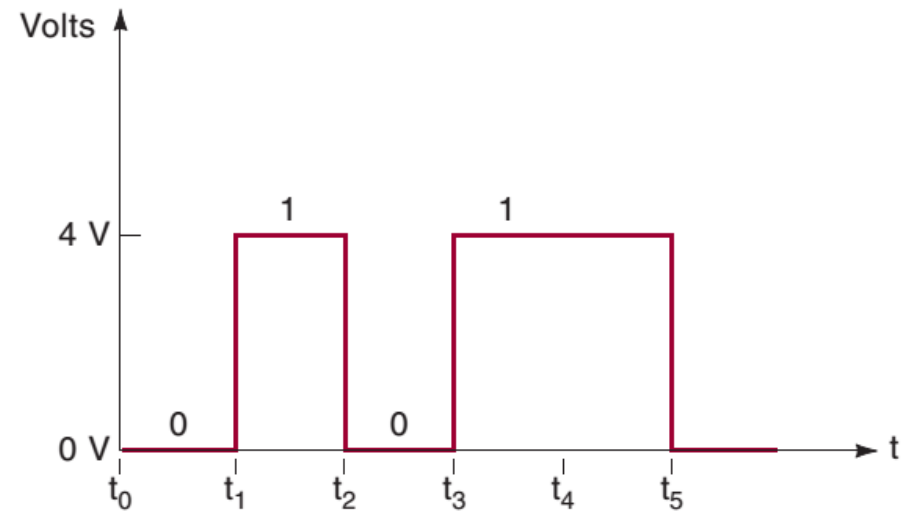
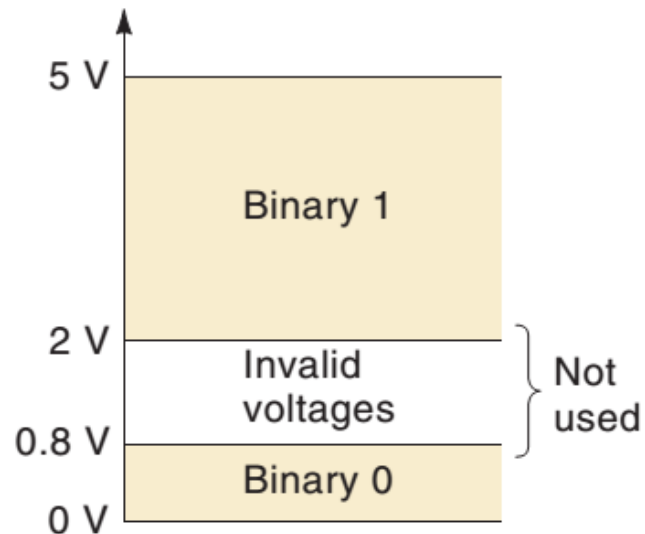
- Bóng đèn (sáng và tắt)
- Diode (dẫn và không dẫn)
- Transistor (tắt và bão hoà)





# Biểu diễn đại lượng nhị phân

- Trong các hệ thống số:
  - Biểu diễn dưới dạng mức điện áp.
  - Biểu hiện tại các ngõ vào và ngõ ra của thiết bị.

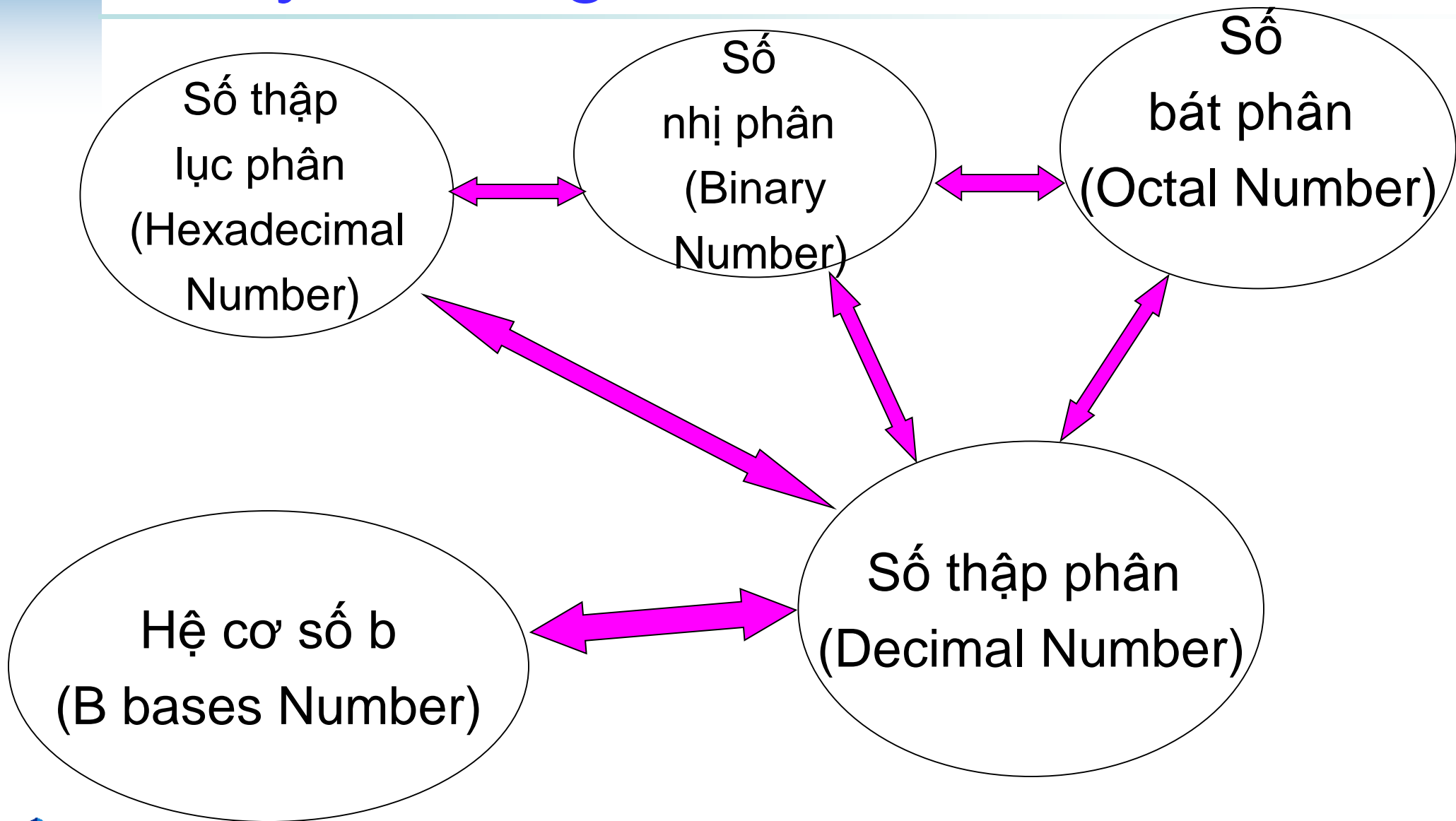


# Các hệ đếm khác

- Các hệ đếm khác được sử dụng trong những hệ thống số là
  - Hệ bát phân  
(*Octal system*): cơ số 8
  - Hệ thập lục phân  
(*Hexadecimal system*): cơ số 16

Các hệ đếm thông dụng			
Decimal	Binary	Octal	Hexa
0	0 0 0 0	0 0	0
1	0 0 0 1	0 1	1
2	0 0 1 0	0 2	2
3	0 0 1 1	0 3	3
4	0 1 0 0	0 4	4
5	0 1 0 1	0 5	5
6	0 1 1 0	0 6	6
7	0 1 1 1	0 7	7
8	1 0 0 0	1 0	8
9	1 0 0 1	1 1	9
10	1 0 1 0	1 2	A
11	1 0 1 1	1 3	B
12	1 1 0 0	1 4	C
13	1 1 0 1	1 5	D
14	1 1 1 0	1 6	E
15	1 1 1 1	1 7	F

# Chuyển đổi giữa các hệ đếm



# Từ thập phân sang hệ cơ số b

$$\begin{aligned} N_{10} &= (a_n a_{n-1} a_{n-2} \dots a_2 a_1 a_0)_b \\ &= a_n \times b^n + a_{n-1} \times b^{n-1} + a_{n-2} \times b^{n-2} + \dots + a_0 \times b^0 \end{aligned}$$

$$\frac{N}{b} = a_n * b^{n-1} + a_{n-1} * b^{n-2} + a_{n-2} * b^{n-3} + \dots + a_1 = Q_1 \quad a_0$$

$$\frac{Q_1}{b} = a_n * b^{n-2} + a_{n-1} * b^{n-3} + a_{n-2} * b^{n-4} + \dots + a_2 = Q_2 \quad a_1$$

$$\frac{Q_2}{b} = a_n * b^{n-3} + a_{n-1} * b^{n-4} + a_{n-2} * b^{n-5} + \dots + a_3 = Q_3 \quad a_2$$

# Từ thập phân chuyển qua nhị phân

- Chuyển số 41 sang hệ nhị phân

$$\frac{41}{2} = 20 \quad a_0 = 1$$

$$\frac{20}{2} = 10 \quad a_1 = 0$$

$$\frac{10}{2} = 5 \quad a_2 = 0$$

$$\frac{5}{2} = 2 \quad a_3 = 1$$

$$\frac{2}{2} = 1 \quad a_4 = 0$$

$$\frac{1}{2} = 0 \quad a_5 = 1$$

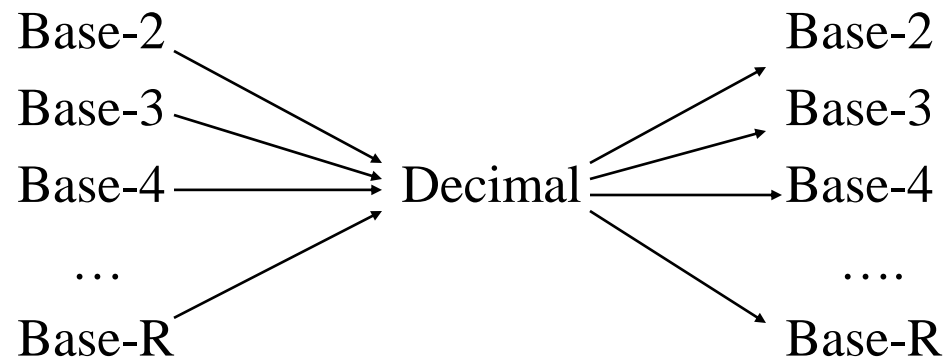
$$(41)_{10} = (a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0)_2 = (101001)_2$$

# Các vấn đề khác

- Chuyển đổi từ hệ **thập phân** sang hệ **bát phân**.
- Chuyển đổi từ hệ **thập phân** sang hệ **thập lục phân**.
- Chuyển đổi từ hệ **nhị phân** sang hệ **bát phân**
- Chuyển đổi từ hệ **bát phân** sang hệ **nhị phân**
- Chuyển đổi từ hệ **nhị phân** sang hệ **thập lục phân**
- Chuyển đổi từ hệ **thập lục phân** sang hệ **nhị phân**

# Một số vấn đề khác

- Chuyển đổi giữa các hệ đếm
  - Chuyển đổi các **hệ khác** sang **hệ thập phân**
  - Chuyển đổi từ **hệ thập phân** sang **các hệ khác**



# Một số vấn đề khác

- Số học nhị phân
  - Cộng nhị phân
  - Trừ nhị phân
  - Nhân nhị phân
  - Chia nhị phân



# Một số vấn đề khác

- Bù 1 (*1's complement*) và bù 2 (*2's complement*)
  - Khái niệm bù 1 và bù 2
  - Biểu diễn các số nguyên nhị phân
  - Cộng/trừ các số nguyên nhị phân

# Bài tập cơ bản

- Chuyển đổi hệ cơ số

# Mã & biến đổi mã

- Thông tin con người trao đổi với nhau được diễn tả qua trung gian những tập hợp (*set*) các ký hiệu (*symbol*)
- Mỗi tập hợp ký hiệu tạo thành 1 bảng mẫu tự (*alphabet*)
- Tiếng anh:
  - A → Z
  - Tiếng Anh có thể được xem như 1 bộ mã (*code*) và mỗi từ của tiếng Anh được xem là 1 từ mã (*code word*)
- Mã Morse – sử dụng dấu chấm (.) và dấu (-)

# Mã & biến đổi mã

- Hệ nhị phân có thể được sử dụng như 1 bảng mẫu tự với 2 chữ cái (nói chính xác hơn là con số - *digit*) **0** và **1**
- Số lượng bit  **$b$**  dùng trong mỗi từ mã phụ thuộc vào tổng số từ mã  **$N$**  cần diễn đạt  
 $\Rightarrow \mathbf{N} \leq 2^{\mathbf{b}}$

# Mã BCD (*Binary-Coded Decimal*)

- Mặc dù tất cả các hệ thống số đều hoạt động với hệ nhị phân. Tuy nhiên việc hiển thị kết quả tính toán dưới dạng thập phân là **không thể tránh khỏi**.
- Việc chuyển đổi giữa số nhị phân và thập phân sẽ phức tạp và mất thời gian với những số lớn.
- ⇒ **bộ mã BCD**
- Bộ mã BCD có tất cả 10 từ mã

Decimal	BCD
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

- Độ dài mỗi từ mã là 4 bit  
⇒ trong số 16 từ mã, chỉ có 10 từ mã là hợp lệ (*valid*)
- Mã có trọng số là **8 4 2 1**

# Mã BCD (*Binary-Coded Decimal*)

Số thập phân

5 7 3

Số BCD

0101 0111 0011

Số thập phân

9 8 4

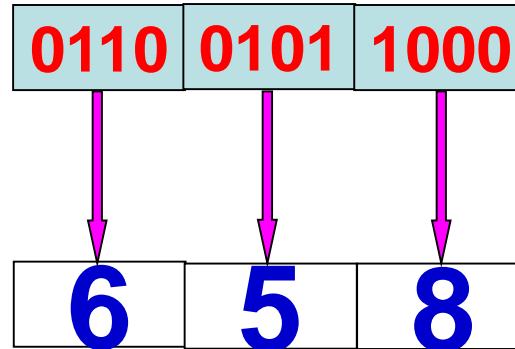
Số BCD

1001 1000 0100

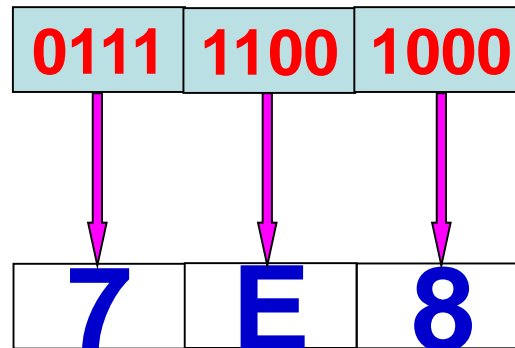
Decimal	BCD
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

# Mã BCD (*Binary-Coded Decimal*)

Cho số BCD:  
**11001011000**



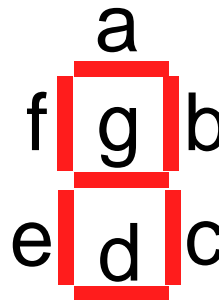
Cho số BCD:  
**011111001000**



Decimal	BCD
0	0 0 0 0
1	0 0 0 1
2	0 0 1 0
3	0 0 1 1
4	0 1 0 0
5	0 1 0 1
6	0 1 1 0
7	0 1 1 1
8	1 0 0 0
9	1 0 0 1

# Một số mã khác

- Mã có trọng số
  - 8421 (BCD) • 2421
  - 84-2-1 • Excess-3
- Mã vòng (*cyclic*) là mã mà 2 từ mã kế tiếp nhau chỉ khác nhau 1 bit
  - Mã Gray
- Mã chữ số (*alphanumeric code*)
  - Mã ASCII
- Mã 7-đoạn (*seven-segment code*)



1 bit	2 bit	3 bit	4 bit
0	0 0	0 0 0	0 0 0 0
1	0 1	0 0 1	0 0 0 1
	1 1	0 1 1	0 0 1 1
	1 0	0 1 0	0 0 1 0
		1 1 0	0 1 1 0
		1 1 1	0 1 1 1
		1 0 1	0 1 0 1
		1 0 0	0 1 0 0
			1 1 0 0
			1 1 0 1
			1 1 1 1
			1 1 1 0
			1 0 1 0
			1 0 1 1
			1 0 0 1
			1 0 0 0



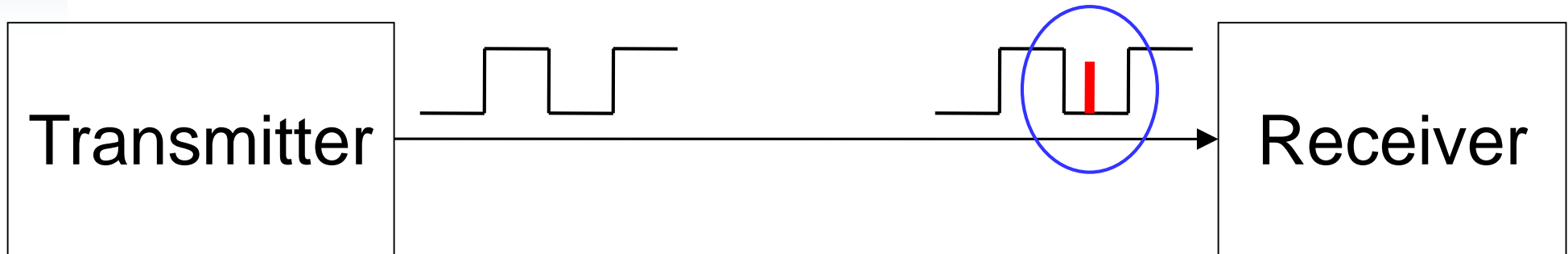
# Phát hiện sai – Sửa sai

- Quá trình sinh ra các từ mã nhằm biểu diễn thông tin gọi là quá trình mã hóa (*coding* hay *encoding*)
- Các thông tin mã hóa được truyền/nhận thông qua các kênh truyền (*transmission channel*), trong quá trình lưu trữ, truy xuất, v.v...
- Xuất hiện khả năng tín hiệu bị thay đổi do nhiễu, giao thoa với các tín hiệu khác, mạch điện hoạt động sai, v.v...
- Đối với tín hiệu số (*digital signal*), sai xảy ra khi một hay nhiều bit bị thay đổi giá trị (0 thành 1 hay 1 thành 0)
- Mặc dù xác suất để xảy ra sai ở 1 bit là rất thấp, nhưng xác suất này là lớn hơn 0 (xác suất để 2 hay nhiều bit sai đồng thời lại càng nhỏ hơn!).

# Mã phát hiện sai (*Error-Detecting Codes*)

- Xét mã BCD
  - Truyền đi từ mã 0 0 0 1, giả sử xảy ra sai ở 1 bit. Thông tin nhận được sẽ là 1 trong các từ mã 1 0 0 1, 0 1 0 1, 0 0 1 1, 0 0 0 0
  - Phía thu không có khả năng phát hiện sai
    - ⇒ Mã BCD không phải là mã phát hiện sai
- Bộ mã nào khi xảy ra sai ở một bit bất kỳ trong từ mã làm biến đổi từ mã từ hợp lệ thành không hợp lệ thì gọi là mã phát hiện sai
- Bit chẵn lẻ (*parity bit*)

# Parity



- Parity bit
  - Bit phụ (thêm vào): giá trị phụ thuộc vào số **bit 1** trong mã truyền đi
  - Even-parity và odd-parity
  - Phát hiện sai **1 bit** (single-bit error)

# Parity

- Even-parity

chữ C: 1000011  $\rightarrow$  **1** 1000011

chữ A: 1000001  $\rightarrow$  **0** 1000001

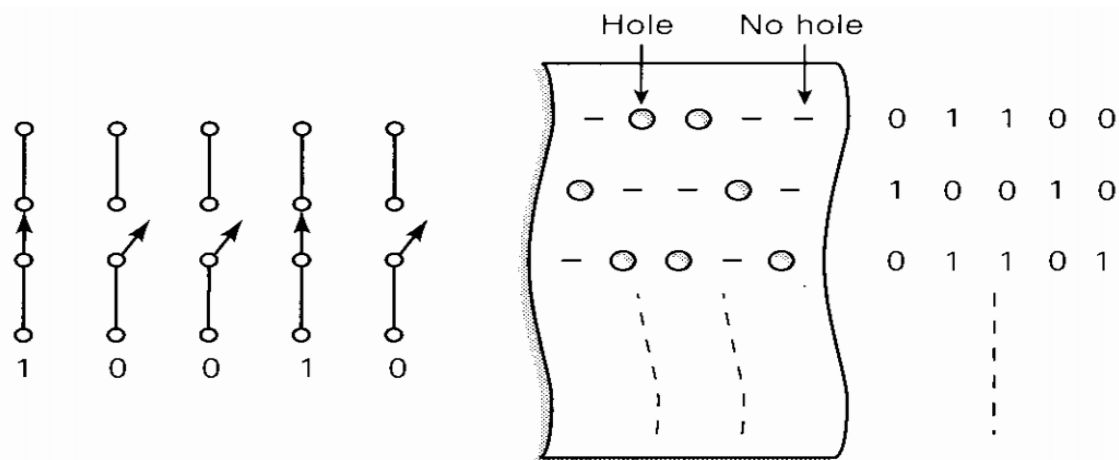
- Odd-parity

chữ C: 1000011  $\rightarrow$  **0** 1000011

chữ A: 1000001  $\rightarrow$  **1** 1000001

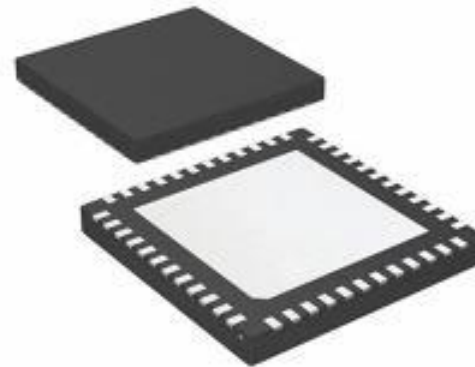
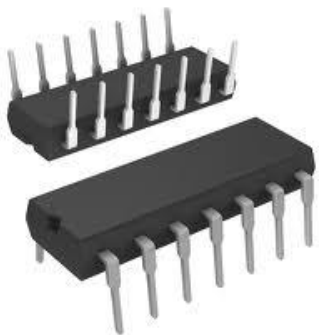
# Tổng kết (1)

- Biểu diễn tương tự (analog): điện áp, cường độ dòng điện, dạng biểu diễn đặc trưng.
- Biểu diễn số (digital): ký hiệu (symbol - digits).
- Hệ số, hệ tương tự.
- Đại lượng nhị phân, biểu diễn đại lượng nhị phân.



# Tổng kết (2)

- Hệ thống số đếm
- Chuyển đổi và tính toán trên hệ cơ số
- Bảng mẫu tự, mã, từ mã.
- Mã BCD, mã gray, ...
- Mã phát hiện lỗi, Paraty bit.



# Đọc thêm

- Phần 1.6, 1.7, 1.8 và 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 trong sách Digital System của Ronal Tocci

# Bài tập

- Tất cả bài tập trong sách chương 1,2