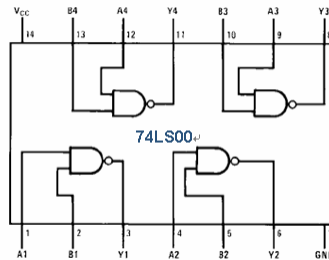
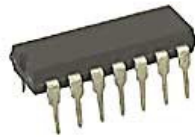


## Kỹ Thuật Số



## Giảng viên

### Lê Chí Thông

Bộ môn Điện tử; Khoa Điện-Điện tử

Đại học Bách Khoa TP.HCM

ĐT: 0902-445-012

Email: [chithong@gmail.com](mailto:chithong@gmail.com); [chithong@hcmut.edu.vn](mailto:chithong@hcmut.edu.vn)

*Tác giả soạn slides: Nguyễn Trọng Luật*

## Nội Dung Tóm Tắt

- Môn học này giới thiệu nhiều chủ đề về các nguyên tắc và thực hành thiết kế số, bao gồm: hệ thống số; đại số Boole, các cổng logic, tối thiểu hóa mạch; hệ tổ hợp; bộ nhớ ROM, RAM và logic khả lập trình, Hệ tuần tự: chốt, flip-flop, thanh ghi, bộ đếm, máy trạng thái; các họ vi mạch số; ngôn ngữ mô tả phần cứng. Giới thiệu chuyển đổi tương tự-số và tổ chức máy tính.
- Sau khi đạt môn này SV có khả năng hiểu, thiết kế và xây dựng các hệ thống số tổ hợp và tuần tự.

## Sách và Tài Liệu

- **John F. Wakerly** – *Digital Design, Principles and Practices*, 4<sup>th</sup> Ed–Prentice-Hall, 2006
- **Katz and Boriello** – *Contemporary Logic Design*, 2<sup>nd</sup> Ed.–Prentice-Hall, 2005
- **M. Morris Mano and Charles R. Kime** – *Logic and Computer Design Fundamentals*, 3<sup>rd</sup> Ed.–Prentice-Hall, 2004
- **Nguyễn Như Anh** – *Kỹ Thuật Số 1*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM.
- **Hồ Trung Mỹ** – *Kỹ Thuật Số 2*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM
- **Lê Chí Thông** – *Kỹ Thuật Số cơ khí* – Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM
- Bài giảng và bài tập.

### **Điểm và Cách Đánh Giá**

- Kiểm tra giữa kỳ (60 – 90 phút): 20%
- Thi cuối kỳ (120 phút): 80%

### **Nội Dung Chương Trình**

**Chương 1: Hệ Thống Số Đếm**

**Chương 2: Đại Số Boole**

**Chương 3: Hệ Tổ Hợp**

**Chương 4: Hệ Tuần Tự**

**Chương 5: Các Thiết Bị Logic Lập Trình Được (PLD)**

**Chương 6: Ngôn Ngữ Mô Tả Phần Cứng (VHDL)**

## Chương 1: HỆ THỐNG SỐ ĐẾM – SỐ NHỊ PHÂN

### I. Các hệ thống số đếm:

#### 1. Các khái niệm:

##### - Cơ số (r - radix):

là số lượng ký tự chữ số (ký số - digit)  
sử dụng để biểu diễn trong hệ thống số đếm

##### - Trọng số (weight):

đại lượng biểu diễn cho vị trí của 1 con số  
trong chuỗi số.

$$\text{Trọng số} = \text{Cơ số}^{\text{Vị trí}}$$

##### - Giá trị (value):

tính bằng tổng theo trọng số

$$\text{Giá trị} = \sum (\text{Ký số} \times \text{Trọng số})$$

7

#### a. Số thập phân (Decimal):    **Cơ số r = 10**

<b>4</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>.</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
$10^2$	$10^1$	$10^0$	.	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$
$4 \times 10^2$	$0 \times 10^1$	$7 \times 10^0$	.	$6 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-3}$
400	0	7	.	0.6	0.02	0.005

$$400 + 0 + 7 + 0.6 + 0.02 + 0.005 = \underline{\underline{407.625}}$$

#### b. Số nhị phân (Binary):    **Cơ số r = 2**

<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>.</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
$2^2$	$2^1$	$2^0$	.	$2^{-1}$	$2^{-2}$	$2^{-3}$
$1 \times 2^2$	$0 \times 2^1$	$1 \times 2^0$	.	$0 \times 2^{-1}$	$1 \times 2^{-2}$	$1 \times 2^{-3}$
4	0	1	.	0	0.25	0.125

$$4 + 0 + 1 + 0 + 0.25 + 0.125 = \underline{\underline{5.375}}$$

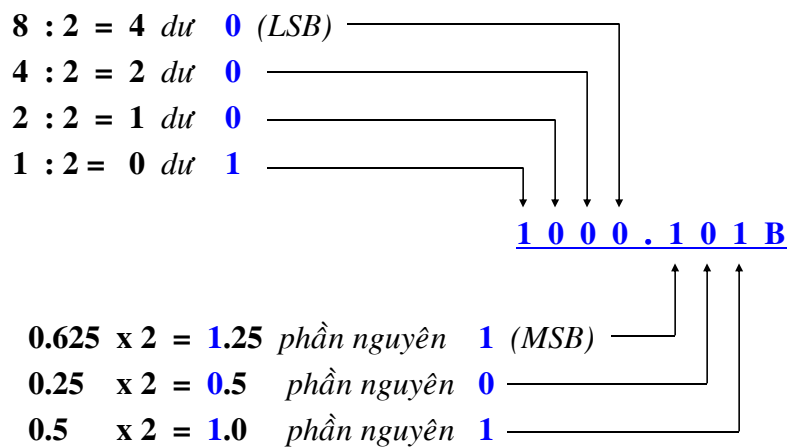
8

**c. Số thập lục phân (Hexadecimal): Cơ số  $r = 16$** 

Hexadecimal	Decimal	Binary	Hexadecimal	Decimal	Binary
0	0	0000	8	8	1000
1	1	0001	9	9	1001
2	2	0010	A	10	1010
3	3	0011	B	11	1011
4	4	0100	C	12	1100
5	5	0101	D	13	1101
6	6	0110	E	14	1110
7	7	0111	F	15	1111

5	A	0	.	4	D	1
$16^2$	$16^1$	$16^0$	.	$16^{-1}$	$16^{-2}$	$16^{-3}$
$5 \times 16^2$	$10 \times 16^1$	$0 \times 16^0$	.	$4 \times 16^{-1}$	$13 \times 16^{-2}$	$1 \times 16^{-3}$
1280	160	0	.	0.25	0.0508	0.0002

$$1280 + 160 + 0 + 0.25 + 0.0508 + 0.0002 = \underline{1440.301}$$

**2. Chuyển đổi cơ số:****a. Từ thập phân sang nhị phân****8.625**

10

**b. Từ thập phân sang thập lục phân:****1 4 8 0 . 4 2 9 6 8 7 5**

$$1480 : 16 = 92 \text{ dư } 8 \text{ (LSD)}$$

$$92 : 16 = 5 \text{ dư } 12$$

$$5 : 16 = 0 \text{ dư } 5$$

**5 C 8 . 6 E H**

$$0.4296875 \times 16 = 6.875 \text{ phần nguyên } 6 \text{ (MSD)}$$

$$0.875 \times 16 = 14.0 \text{ phần nguyên } 14$$

11

**c. Từ nhị phân sang thập lục phân:**

**0 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 . 0 1 1 0 1 0 1 0 B**  
**3 B 5 D . 6 A H**

**d. Từ thập lục phân sang nhị phân:**

**2 C 9 . E 8 H**  
**0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 1 . 1 1 1 0 1 0 0 0 B**

12

**II. Số nhị phân (Binary):****1. Các tính chất của số nhị phân**

- Số nhị phân n bit có  $2^n$  giá trị từ 0 đến  $2^n - 1$
- Số nhị phân có giá trị  $2^n - 1$ : 1...1 (n bit 1)  
và giá trị  $2^n$ : 10...0 (n bit 0)
- Số nhị phân có giá trị lẻ là số có LSB = 1;  
ngược lại giá trị chẵn là số có LSB = 0
- Các bội số của bit:
 

1 B (Byte)	=	8 bit
1 KB	=	$2^{10}$ B = 1024 B
1 MB	=	$2^{10}$ KB = $2^{20}$ B
1 GB	=	$2^{10}$ MB

13

**2. Các phép toán số học trên số nhị phân:****a. Phép cộng:**

$0 + 0 = 0$
$0 + 1 = 1$
$1 + 0 = 1$
$1 + 1 = 0 \text{ nhớ } 1$

$$\begin{array}{r}
 \textcolor{blue}{1} \quad \textcolor{blue}{1} \quad \textcolor{blue}{1} \\
 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \\
 + \quad \quad 1 \ 0 \ 1 \\
 \hline
 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0
 \end{array}$$

**b. Phép trừ:**

$0 - 0 = 0$
$0 - 1 = 1 \text{ mượn } 1$
$1 - 0 = 1$
$1 - 1 = 0$

$$\begin{array}{r}
 \textcolor{blue}{-1} \quad \textcolor{blue}{-1} \quad \textcolor{blue}{-1} \\
 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \\
 - \quad \quad 1 \ 1 \ 1 \\
 \hline
 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1
 \end{array}$$

14

15

Số thập phân	BCD (8 4 2 1)	BCD (2 4 2 1)	BCD quá 3	Mã 1 trong 10
0	0000	0000	0011	00000000001
1	0001	0001	0100	00000000010
2	0010	0010	0101	00000000100
3	0011	0011	0110	00000001000
4	0100	0100	0111	00000010000
5	0101	1011	1000	00000100000
6	0110	1100	1001	00001000000
7	0111	1101	1010	00100000000
8	1000	1110	1011	01000000000
9	1001	1111	1100	10000000000 <sup>60</sup>



**b. Mã Gray:** là mã nhị phân mà 2 giá trị liên tiếp nhau có tổ hợp bit biểu diễn chỉ khác nhau 1 bit

Giá trị	Binary	Gray
0	0 0 0	0 0 0
1	0 0 1	0 0 1
2	0 1 0	0 1 1
3	0 1 1	0 1 0
4	1 0 0	1 1 0

**Đổi từ Binary sang Gray**

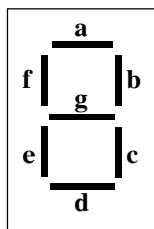
1 0 1 1  
 1 0 1 1 0  
 Gray: 1 1 1 0 1

**Đổi từ Gray sang Binary**

1 0 0 0  
 Gray: 1 1 0 0 1  
 1 0 0 0 1

17

**c. Mã LED 7 đoạn:**



Giá trị	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1

**d. Mã 1 trong n:**

là mã nhị phân n bit có mỗi từ mã chỉ có 1 bit là 1 (hoặc 0) và n-1 bit còn lại là 0 (hoặc 1)

Mã 1 trong 4: 1 0 0 0      hoặc      0 1 1 1  
 0 1 0 0      1 0 1 1  
 0 0 1 0      1 1 0 1  
 0 0 0 1      1 1 1 0

18

**d. Mã ký tự ASCII:**

		(Cột) $b_6 b_5 b_4$							
(Hàng)		0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
$b_3 b_2 b_1 b_0$	Hex	0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p
0 0 0 1	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	STX	DC2	”	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	ETB	,	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1 1 0 0	C	FF	FS	,	<	L	\	l	
1 1 0 1	D	CR	GS	.	=	M	]	m	}
1 1 1 0	E	SO	RS	-	>	N	^	n	~
1 1 1 1	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

**III. Số nhị phân có dấu :****1. Biểu diễn số có dấu:****a. Số có dấu theo biên độ (Signed Magnitude):**

- Bit MSB là bit dấu: 0 là số dương và 1 là số âm, các bit còn lại biểu diễn giá trị độ lớn

+ 13 :    **0 1 1 0 1**

- 13 :    **1 1 1 0 1**

- Phạm vi biểu diễn:

$$\underline{- (2^{n-1} - 1) \div + (2^{n-1} - 1)}$$

**b. Số bù 1 (1's Complement):**

- Số bù\_1 của 1 số nhị phân N có chiều dài n bit

$$\text{Bù 1 (N)} = 2^n - 1 - N$$

$$\begin{aligned}\text{Bù}_1(1001) &= 2^4 - 1 - 1001 \\ &= 1111 - 1001 \\ &= 0110\end{aligned}$$

- Có thể lấy Bù\_1 của 1 số nhị phân bằng cách lấy đảo từng bit của nó (0 thành 1 và 1 thành 0)

- **Biểu diễn số có dấu bù 1:**

- \* **Số có giá trị dương:**

- bit dấu = 0, các bit còn lại biểu diễn độ lớn

- \* **Số có giá trị âm:**

- lấy bù\_1 của số dương có cùng độ lớn

- Phạm vi biểu diễn

$$-(2^{n-1} - 1) \div + (2^{n-1} - 1)$$

21

**c. Số bù 2 (2's Complement):**

- Số bù\_2 của 1 số nhị phân N có chiều dài n bit cũng có n bit

$$\text{Bù 2 (N)} = 2^n - N = \text{Bù 1 (N)} + 1$$

$$\begin{aligned}\text{Bù}_2(1001) &= 2^4 - 1001 \\ &= 10000 - 1001 \\ &= 0111\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{hoặc } \text{Bù}_2(1001) &= \text{Bù}_1(1001) + 1 \\ &= 0110 + 1 \\ &= 0111\end{aligned}$$

22

**- Biểu diễn số có dấu bù 2:****\* Số có giá trị dương:**

bit dấu = 0, các bit còn lại biểu diễn độ lớn

**\* Số có giá trị âm:**

lấy bù\_2 của số dương có cùng độ lớn

**- Phạm vi biểu diễn số nhị phân có dấu n bit**

$$- (2^{n-1}) \div + (2^{n-1} - 1)$$

Giá trị dương	Giá trị âm
000 = 0	100 = - 4
001 = + 1	101 = - 3
010 = + 2	110 = - 2
011 = + 3	111 = - 1

23

**- Để tìm được giá trị của số âm:**

ta lấy bù\_2 của nó; sẽ nhận được số dương có cùng biên độ

Số âm 1 1 0 0 0 1 có giá trị : **-15....**

$$\text{Bù}_2 (1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1) = 0\ 0\ 1\ 1\ 1\ 1 : + 15$$

**- Mở rộng chiều dài bit số có dấu:**

số dương thêm các bit 0 và số âm thêm các bit 1 vào trước

$$\text{-3} : 1\ 0\ 1 = 1\ 1\ 1\ 0\ 1$$

**- Lấy bù\_2 hai lần một số thì bằng chính số đó****- Giá trị -1 được biểu diễn là 1 .... 11 (n bit 1)****- Giá trị -2<sup>n</sup> được biểu diễn là 1 0 0 .... 0 0 (n bit 0)**

$$\text{-32} = -2^5 : 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0$$

24

**2. Các phép toán cộng trừ số có dấu:**

- Thực hiện giống như số không dấu.
- Thực hiện trên toán hạng có cùng chiều dài bit, và kết quả cũng có cùng số bit
- Kết quả đúng nếu nằm trong phạm vi biểu diễn số có dấu.  
(nếu kết quả sai thì cần mở rộng chiều dài bit)

$  \begin{array}{r}  -6 : 1010 \\  +3 : 0011 \\  \hline  -3 : 1101 \\  \\  +4 : 0100 \longrightarrow 00100 \\  +5 : 0101 \longrightarrow 00101 \\  \hline  -7 : 1001 \text{ (Kq sai)}  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  -2 : 1110 \\  -5 : 1011 \\  \hline  -7 : 1001 \\  \\  01001 : +9 \text{ (Kq đúng)}  \end{array}  $
---	---

**Tràn (overflow)** xảy ra khi số nhớ  $C_{in}$  và  $C_{out}$  tại vị trí dấu là **khác nhau**.

$  \begin{array}{r}  -6 : 1010 \\  -2 : 1110 \\  \hline  -4 : 1100 \\  \\  -7 : 1001 \longrightarrow 11001 \\  +5 : 0101 \longrightarrow 00101 \\  \hline  +4 : 0100 \text{ (Kq sai)}  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  +2 : 0010 \\  -5 : 1011 \\  \hline  +7 : 0111 \\  \\  10100 : -12 \text{ (Kq đúng)}  \end{array}  $
---	--

Trừ với số bù 2:       $A - B = A + \text{Bù}_2(B)$

\* Trừ với số không có dấu

$$\begin{array}{r} 6 : 0110 \longrightarrow 0110 \\ - 13 : 1101 \xrightarrow{\text{bù}_2} + 0011 \\ \hline -7 : 1001 \end{array}$$

\* Trừ với số có dấu

$$\begin{array}{r} -6 : 1010 \longrightarrow 1010 \\ - -3 : 1101 \xrightarrow{\text{bù}_2} + 0011 \\ \hline -3 : 1101 \end{array}$$

27

#### IV. Cộng trừ số BCD:

Cộng	$S = A + B$	Nếu decade $S_i > 9$ hoặc có bit nhớ $C_i = 1$ thì hiệu chỉnh $S_i: S_i = S_i + 0110$ (6D)	
Trừ	$D = A - B$ $= A + \text{Bù}_2(B)$ (bỏ qua bit nhớ $C_n$ )	$C_n = 1$ : kết quả D là số dương	Nếu decade $D_i > 9$ thì hiệu chỉnh $D_i:$ $D_i = D_i + 1010$ (10D) (bỏ qua bit nhớ khi hiệu chỉnh)
		$C_n = 0$ : kết quả D là số âm Lấy bù 2 (D)	

$C_n$  là bit nhớ tạo ra từ decade cao nhất,  $C_i$  là số nhớ tạo ra từ decade thứ  $i$

$$\begin{array}{r} 29 : 0010 \quad 1001 \\ + 55 : 0101 \quad 0101 \\ \hline 0111 \quad 1110 \\ \quad \quad 0110 \\ \hline 84 : 1000 \quad 0100 \end{array} \quad \begin{array}{r} 28 : 0010 \quad 1000 \\ + 19 : 0001 \quad 1001 \\ \hline 0100 \quad 0001 \\ \quad \quad 0110 \\ \hline 47 : 0100 \quad 0111 \end{array}$$

28

$$\begin{array}{r}
 29 : 0010 \ 1001 \longrightarrow 0010 \ 1001 \\
 - 14 : \underline{0001 \ 0100} \xrightarrow{\text{Bù 2}} + \underline{1110 \ 1100} \\
 \qquad \qquad \qquad C_n = 1 \\
 \qquad \qquad \qquad \text{Bỏ qua } C_n \\
 \qquad \qquad \qquad 0001 \ 0101 = 15 \\
 \text{Kết quả: } \boxed{+15}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 56 : 0101 \ 0110 \longrightarrow 0101 \ 0110 \\
 - 18 : \underline{0001 \ 1000} \xrightarrow{\text{Bù 2}} + \underline{1110 \ 1000} \\
 \qquad \qquad \qquad C_n = 1 \\
 \qquad \qquad \qquad \text{Bỏ qua } C_n \\
 \qquad \qquad \qquad 0011 \ 1110 \quad D_0 > 9 \\
 \qquad \qquad \qquad \quad + 1010 \\
 \qquad \qquad \qquad \underline{\hspace{1cm}} \\
 \qquad \qquad \qquad 0011 \ 1000 = 38 \\
 \qquad \qquad \qquad \text{Bỏ qua bit nhớ}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 21 : 0010 & 1001 & \xrightarrow{\text{Bù 2}} 0010 & 0001 \\
 - 55 : \underline{0101} & \underline{0101} & \xrightarrow{\text{Bù 2}} + & \underline{1010} & \underline{1011} \\
 & & C_n = 0 & & 1100 & 1100 \\
 & & & & \downarrow \text{Bù 2} \\
 & & & & 0011 & 0100 \\
 \text{Kết quả: } \boxed{-34} & & 34 : & & & 
 \end{array}$$

31

$$\begin{array}{rcl}
 29 : 0010 & 1001 & \xrightarrow{\text{Bù 2}} 0010 & 1001 \\
 - 55 : \underline{0101} & \underline{0101} & \xrightarrow{\text{Bù 2}} + & \underline{1010} & \underline{1011} \\
 & & C_n = 0 & & 1101 & 0100 \\
 & & & & \downarrow \text{Bù 2} \\
 & & & & 0010 & 1100 & D_0 > 9 \\
 & & & & + & 1010 \\
 & & & & \hline
 & & & & 0010 & 0110 \\
 \text{Kết quả: } \boxed{-26} & & 26 : & & & \\
 & & & & \text{Bỏ qua bit nhớ} & 
 \end{array}$$

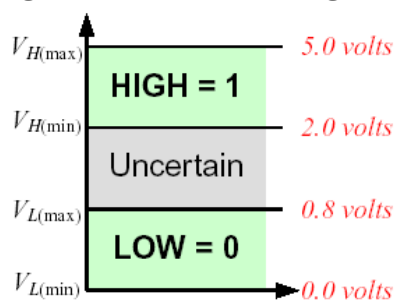
32



16 : 0 0 0 1 0 1 1 0  $\xrightarrow{\text{Bù 2}}$  0 0 0 1 0 1 1 0  
 - 40 : 0 1 0 0 0 0 0 0  $\xrightarrow{\text{Bù 2}}$  + 1 1 0 0 0 0 0 0  
 $C_n = 0$  1 1 0 1 0 1 1 0  
 $\downarrow \text{Bù 2}$   
 0 0 1 0 1 0 1 0  $D_0 > 9$   
 + 1 0 1 0  
 -----  
 24 : 0 0 1 0 0 1 0 0  
 Bỏ qua bit nhớ  
 Kết quả: **- 24**

33

### Trạng thái logic của tín hiệu số (Digital Signal):



### Giải đồ xung (Waveform) của tín hiệu số:

