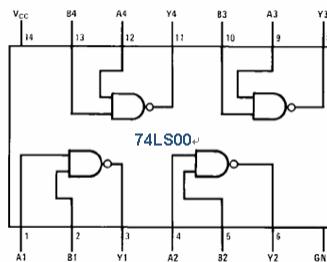


Kỹ Thuật Số



Giảng viên

TS. Lê Chí Thông

Bộ môn Điện tử; Khoa Điện-Điện tử

Đại học Bách Khoa TP.HCM

Email: chithong@hcmut.edu.vn

Website: sites.google.com/site/chithong

BK e-Learning <http://e-learning.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 cỗng 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*, 4th Ed–Prentice-Hall, 2006
- **Katz and Boriello** – *Contemporary Logic Design*, 2nd Ed.– Prentice-Hall, 2005
- **M. Morris Mano and Charles R. Kime** – *Logic and Computer Design Fundamentals*, 3rd 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.

Phân bố tiết và cách đánh giá

- Tổng số tiết: 60
 - Lý thuyết + Bài tập: 45 tiết
 - Thí nghiệm: 15 tiết
- Tỉ lệ đánh giá
 - Bài tập: 10%
 - Thí nghiệm: 25%
 - Kiểm tra: 10%
 - Thi: 55%

Nội Dung Chương Trình

Chương 1: Hệ Thống Số Đếm

Chương 2: Đại Số Boole

Chương 3: Hệ Tổ Hợp

Chương 4: Hệ Tuần Tụy

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

4	0	7	.	6	2	5
10^2	10^1	10^0	.	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
4×10^2	0×10^1	7×10^0	.	6×10^{-1}	2×10^{-2}	5×10^{-3}
400	0	7	.	0.6	0.02	0.005

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

b. Số nhị phân (Binary): Cơ số r = 2

1	0	1	.	0	1	1
2^2	2^1	2^0	.	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}
1×2^2	0×2^1	1×2^0	.	0×2^{-1}	1×2^{-2}	1×2^{-3}
4	0	1	.	0	0.25	0.125

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

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}
5×16^2	10×16^1	0×16^0	.	4×16^{-1}	13×16^{-2}	1×16^{-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**

$$8 : 2 = 4 \text{ dư } 0 \text{ (LSB)}$$

$$4 : 2 = 2 \text{ dư } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ dư } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ dư } 1 \text{ (MSB)}$$

↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓

1 0 0 0 . 1 0 1 B

$$0.625 \times 2 = 1.25 \text{ phần nguyên } 1 \text{ (MSB)}$$

$$0.25 \times 2 = 0.5 \text{ phần nguyên } 0$$

$$0.5 \times 2 = 1.0 \text{ phần nguyên } 1$$

b. Từ thập phân sang thập lục phân:

$$\begin{array}{r} 1 \ 4 \ 8 \ 0 \ . \ 4 \ 2 \ 9 \ 6 \ 8 \ 7 \ 5 \end{array}$$

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

$$92 : 16 = 5 \text{ dư } 12$$

$$5 : 16 = 0 \text{ dư } 5$$

$$\underline{\underline{5 \ C \ 8 \ . \ 6 \ E \ H}}$$

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

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

11

c. Từ nhị phân sang thập lục phân:

$$\begin{array}{ccccccccc} 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ \curvearrowleft & \curvearrowleft \\ 3 & B & 5 & D & . & 6 & A & H & \end{array}$$
d. Từ thập lục phân sang nhị phân:

$$\begin{array}{ccccccccc} 2 & C & 9 & . & E & 8 & H & \\ \curvearrowright & \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 . 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & B \end{array}$$

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 $\underline{2^n-1}$: 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:

$$\begin{array}{lll}
 1 \text{ B (Byte)} & = & 8 \text{ bit} \\
 1 \text{ KB} & = & 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B} \\
 1 \text{ MB} & = & 2^{10} \text{ KB} = 2^{20} \text{ B} \\
 1 \text{ GB} & = & 2^{10} \text{ MB}
 \end{array}$$

13

2. Các phép toán số học trên số nhị phân:

a. Phép cộng:

$0 + 0 = 0$ $0 + 1 = 1$ $1 + 0 = 1$ $1 + 1 = 0$ nhớ 1
--

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

b. Phép trừ:

$0 - 0 = 0$ $0 - 1 = 1$ mượn 1 $1 - 0 = 1$ $1 - 1 = 0$

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

14

c. Phép nhân:

$$\begin{array}{r}
 \times \quad \begin{array}{r} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{r} 1 & 0 & 1 & 1 \\ + \quad \begin{array}{r} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \end{array} \\
 \hline
 \begin{array}{r} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{array}
 \end{array}$$

d. Phép chia:

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

15

3. Mã nhị phân:Từ mã:

là các tổ hợp nhị phân được sử dụng trong loại mã nhị phân

a. Mã nhị phân cho số thập phân (BCD – Binary Coded Decimal)

Số thập phân	BCD (8 4 2 1)	BCD (2 4 2 1)	BCD quá 3	Mã 1 trong 10
0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 1
1	0 0 0 1	0 0 0 1	0 1 0 0	0 0 0 0 0 0 0 1 0
2	0 0 1 0	0 0 1 0	0 1 0 1	0 0 0 0 0 0 1 0 0
3	0 0 1 1	0 0 1 1	0 1 1 0	0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
4	0 1 0 0	0 1 0 0	0 1 1 1	0 0 0 0 0 1 0 0 0 0
5	0 1 0 1	1 0 1 1	1 0 0 0	0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
6	0 1 1 0	1 1 0 0	1 0 0 1	0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
7	0 1 1 1	1 1 0 1	1 0 1 0	0 0 1 0 0 0 0 0 0 0
8	1 0 0 0	1 1 1 0	1 0 1 1	0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
9	1 0 0 1	1 1 1 1	1 1 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0

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

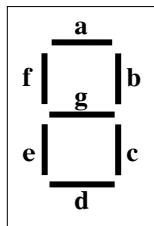
$$\begin{array}{cccccc} & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \text{Gray: } & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{array}$$

Đổi từ Gray sang Binary

$$\begin{array}{cccccc} & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \hline \text{Gray: } & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

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)

$$\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \text{Mã 1 trong 4: } & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & 0 & 0 & 1 & 0 \\ & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \quad \text{hoặc} \quad \begin{array}{ccccc} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

18

d. Mã ký tự ASCII:

(Hàng)	$b_3b_2b_1b_0$	Hex	(Cột) $b_6b_5b_4$							
			0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
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	~	19
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:

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

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

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

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**

$$\text{Bù}_2(110001) = 001111 : +15$$

- Mở rộng chiều dài bit số có dấu:
số dương thêm các bit 0 và số âm thêm các bit 1 vào trước

$$-3 : 101 = 11101$$

- Lấy bù_2 hai lần một số thì bằng chính số đó

- Giá trị -1 được biểu diễn là $1 \dots 11$ (n bit 1)

- Giá trị -2^n được biểu diễn là $100 \dots 00$ (n bit 0)

$$-32 = -2^5 : 100000$$

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)

$$\begin{array}{r}
 + -6 : 1010 \\
 + 3 : 0011 \\
 \hline
 -3 : 1101
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 + -2 : 1110 \\
 + -5 : 1011 \\
 \hline
 -7 : 1001
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 + 4 : 0100 \\
 + 5 : 0101 \\
 \hline
 -7 : 1001 \text{ (Kq sai)}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \xrightarrow{00100} \\
 \xrightarrow{00101} \\
 \hline
 \text{01001 : +9 (Kq đúng)}_{25}
 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r}
 - -6 : 1010 \\
 - -2 : 1110 \\
 \hline
 -4 : 1100
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 + 2 : 0010 \\
 - -5 : 1011 \\
 \hline
 + 7 : 0111
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 - 7 : 1001 \\
 + 5 : 0101 \\
 \hline
 + 4 : 0100 \text{ (Kq sai)}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \xrightarrow{11001} \\
 \xrightarrow{00101} \\
 \hline
 \text{10100 : -12 (Kq đúng)}
 \end{array}$$

Trừ với số bù_2: $A - B = A + \text{Bù}_2(B)$

* Trừ với số không có dấu

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

* Trừ với số có dấu

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

27

IV. Cộng trừ số BCD:

Cộng	$S = A + B$	Nếu decade $S_i > 9$ hoặc có bit nhớ $C_i = 1$ thì hiệu đính 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 $C_n = 0$: kết quả D là số âm Lấy bù 2 (D)	Nếu decade $D_i > 9$ thì hiệu đính D_i : $D_i = D_i + 1010$ (10D) (bỏ qua bit nhớ khi hiệu đính)

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

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

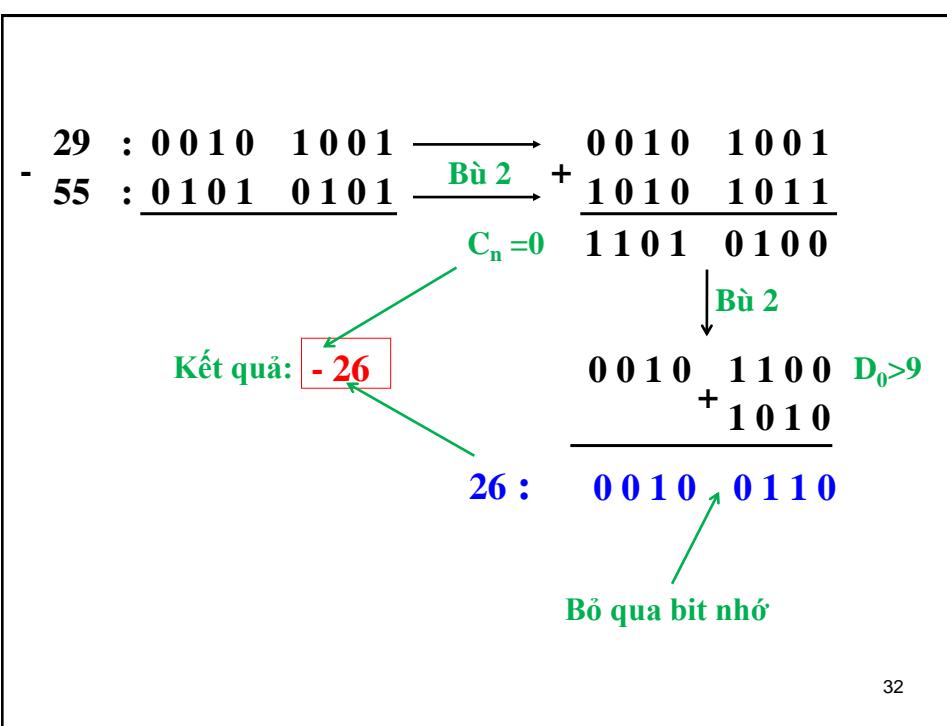
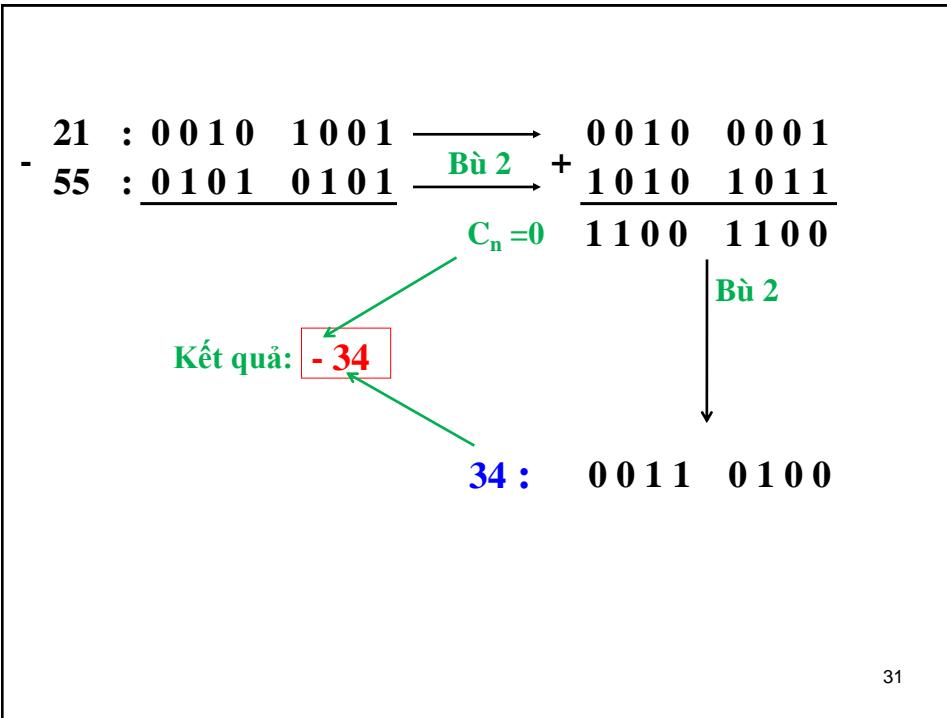
$$\begin{array}{r} 28 : 0010 \quad 1000 \\ + 19 : 0001 \quad 1001 \\ \hline 0100 \quad 0001 \\ \hline 0110 \\ \hline 47 : 0100 \quad 0111 \end{array}$$

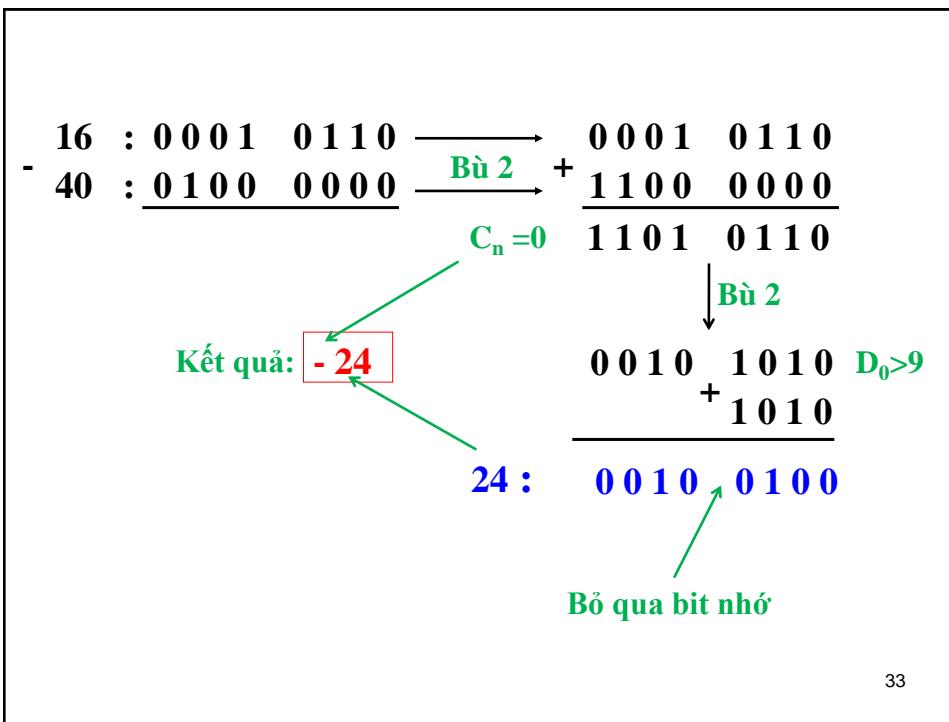
28

$$\begin{array}{r}
 29 : 0010 \quad 1001 \xrightarrow{\text{Bù 2}} 0010 \quad 1001 \\
 - 14 : \underline{0001 \quad 0100} \xrightarrow{\text{Bù 2}} + \frac{1110 \quad 1100}{\begin{array}{c} C_n=1 \\ 0001 \quad 0101 \end{array}} = 15 \\
 \text{Bỏ qua } C_n
 \end{array}$$

Kết quả: + 15

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





33

