

cuu duong than cong . com

# KIẾN TRÚC MÁY TÍNH & HỢP NGỮ

ThS Vũ Minh Trí – [vmtri@fit.hcmus.edu.vn](mailto:vmtri@fit.hcmus.edu.vn)

## 06 – Mạch Logic

# Mạch số

2

- Là thiết bị điện tử hoạt động với **2 mức điện áp**:
  - **Cao**: thể hiện bằng giá trị luận lý (quy ước) là **1**
  - **Thấp**: thể hiện bằng giá trị luận lý (quy ước) là **0**
- Được xây dựng từ những thành phần cơ bản là **cổng luận lý (logic gate)**
  - Cổng luận lý là thiết bị điện tử gồm 1 / nhiều tín hiệu đầu vào (input) - 1 tín hiệu đầu ra (output)
  - $\text{output} = F(\text{input}_1, \text{input}_2, \dots, \text{input}_n)$
  - Tùy thuộc vào cách xử lý của hàm F sẽ tạo ra nhiều loại cổng luận lý
- Hiện nay linh kiện cơ bản để tạo ra mạch số là **transistor**

# Cổng luận lý (Logic gate)

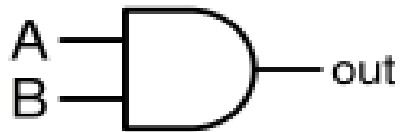
3

Tên cổng	Hình vẽ đại diện	Hàm đại số Bun
AND		$x.y$ hay $xy$
OR		$x + y$
XOR		$x \oplus y$
NOT		$x'$ hay $\bar{x}$
NAND		$(x.y)'$ hay $\overline{x.y}$
NOR		$(x + y)'$ hay $\overline{x + y}$
NXOR		$(x \oplus y)'$ hay $\overline{x \oplus y}$

# Bảng chân trị

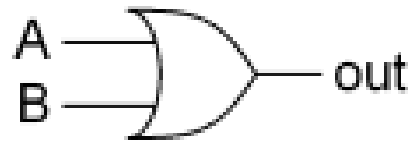
4

**AND**



A	B	out
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**OR**



A	B	out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

**NOT**



A	out
0	1
1	0

# Bảng chân trị

5

## NAND



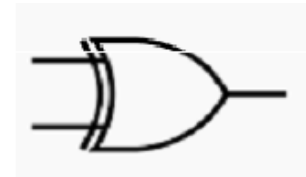
A	B	out
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## NOR



A	B	out
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

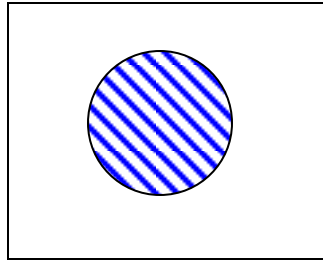
## XOR



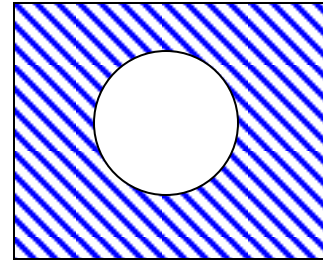
A	B	out
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# Lược đồ Venn

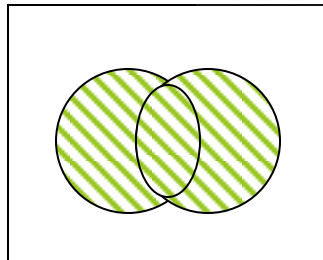
6



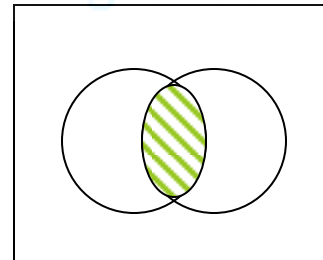
$A$



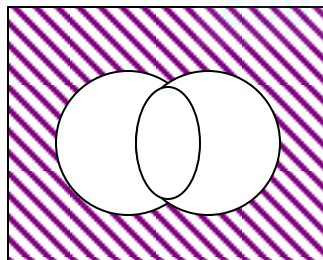
$\overline{A}$



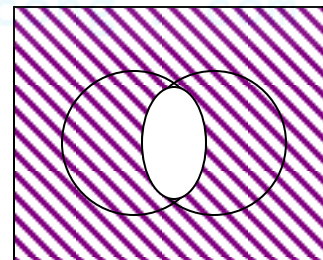
$A+B$



$A.B$



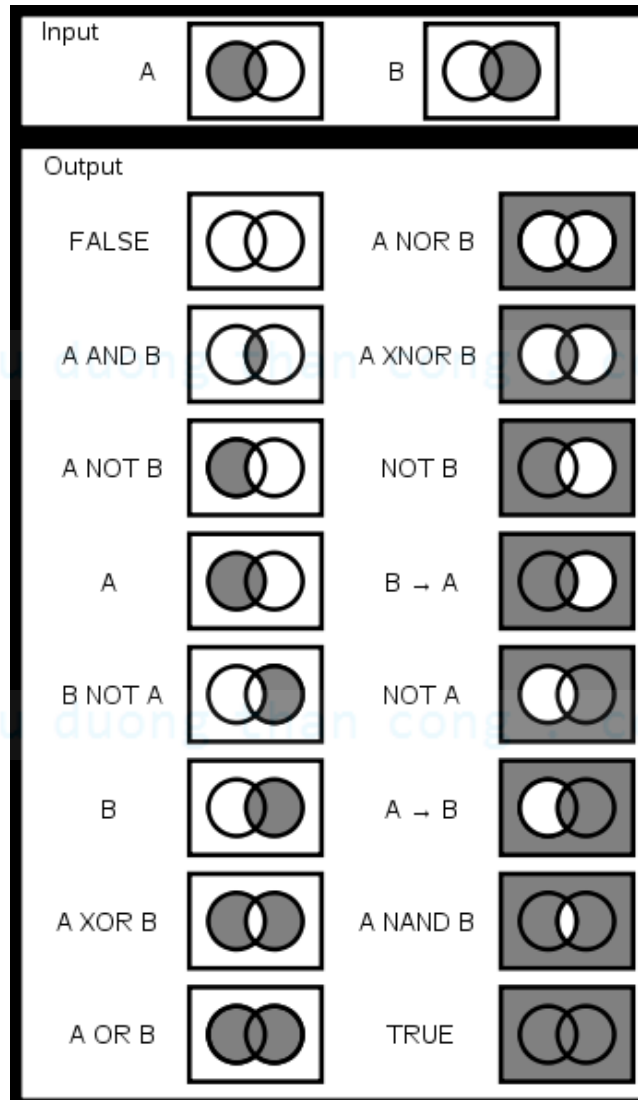
$\overline{A}.\overline{B}$



$\overline{A+B}$

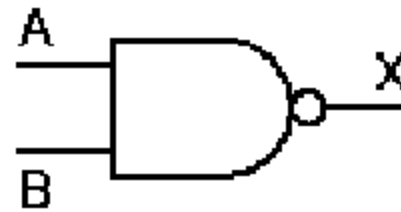
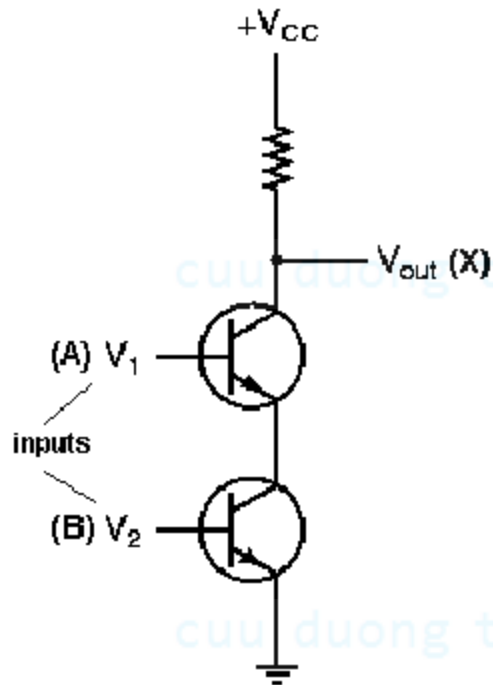
# Lược đồ Venn

7



# Ví dụ công luận lý

8

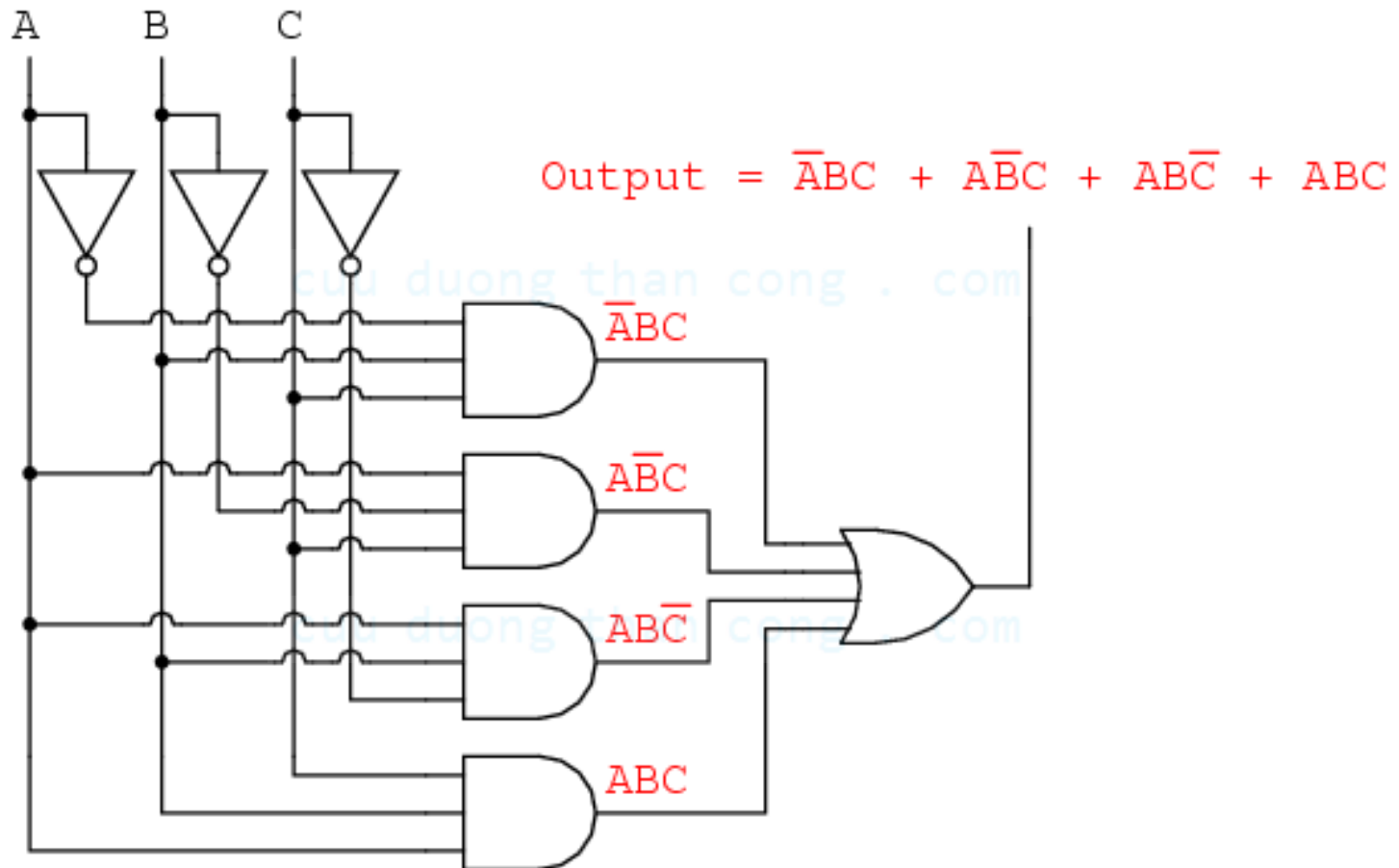


A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



# Ví dụ mạch số

9



# Một số đẳng thức cơ bản

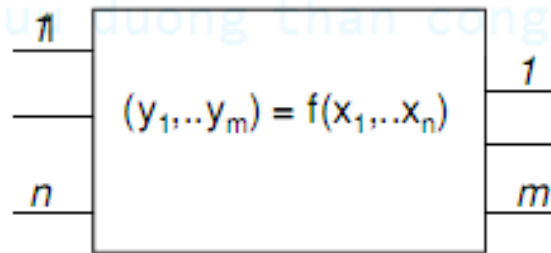
10

$x + 0 = x$	$x \cdot 0 = 0$
$x + 1 = 1$	$x \cdot 1 = x$
$x + x = x$	$x \cdot x = x$
$x + x' = 1$	$x \cdot x' = 0$
$x + y = y + x$	$xy = yx$
$x + (y + z) = (x + y) + z$	$x(yz) = (xy)z$
$x(y + z) = xy + xz$	$x + yz = (x + y)(x + z)$
$(x + y)' = x' \cdot y'$ (De Morgan)	$(xy)' = x' + y'$ (De Morgan)
$(x')' = x$	

# Mạch tổ hợp (tích hợp)

11

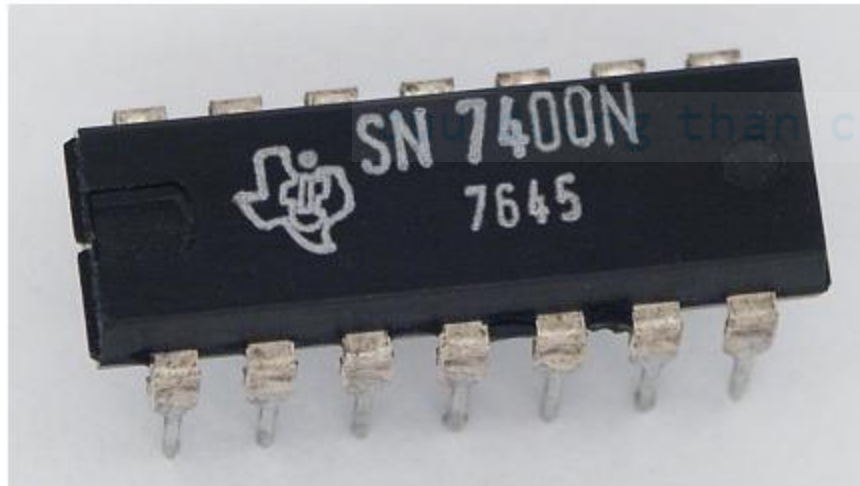
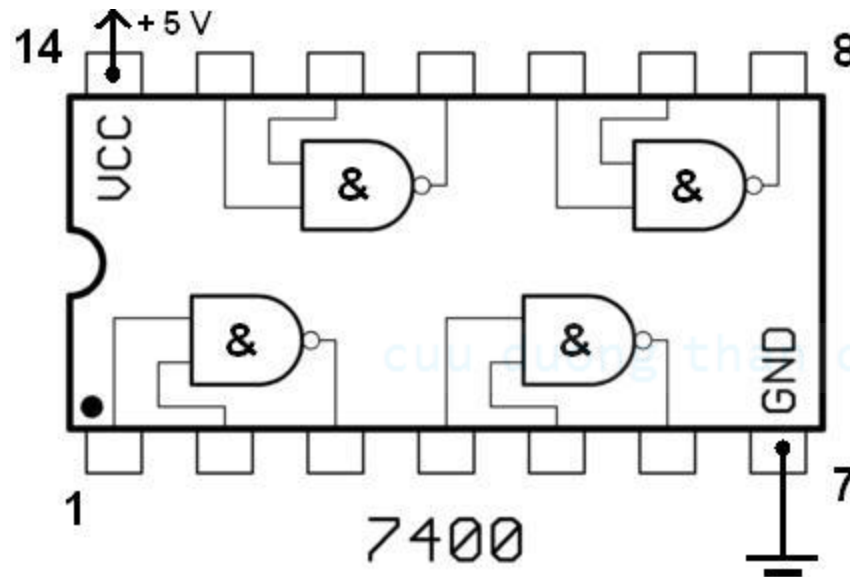
- Gồm  $n$  ngõ vào (input);  $m$  ngõ ra (output)
  - ▣ Mỗi ngõ ra là 1 hàm luận lý của các ngõ vào



- Mạch tổ hợp không mang tính ghi nhớ: Ngõ ra chỉ phụ thuộc vào Ngõ vào hiện tại, không xét những giá trị trong quá khứ

# Ví dụ mạch tổ hợp

12

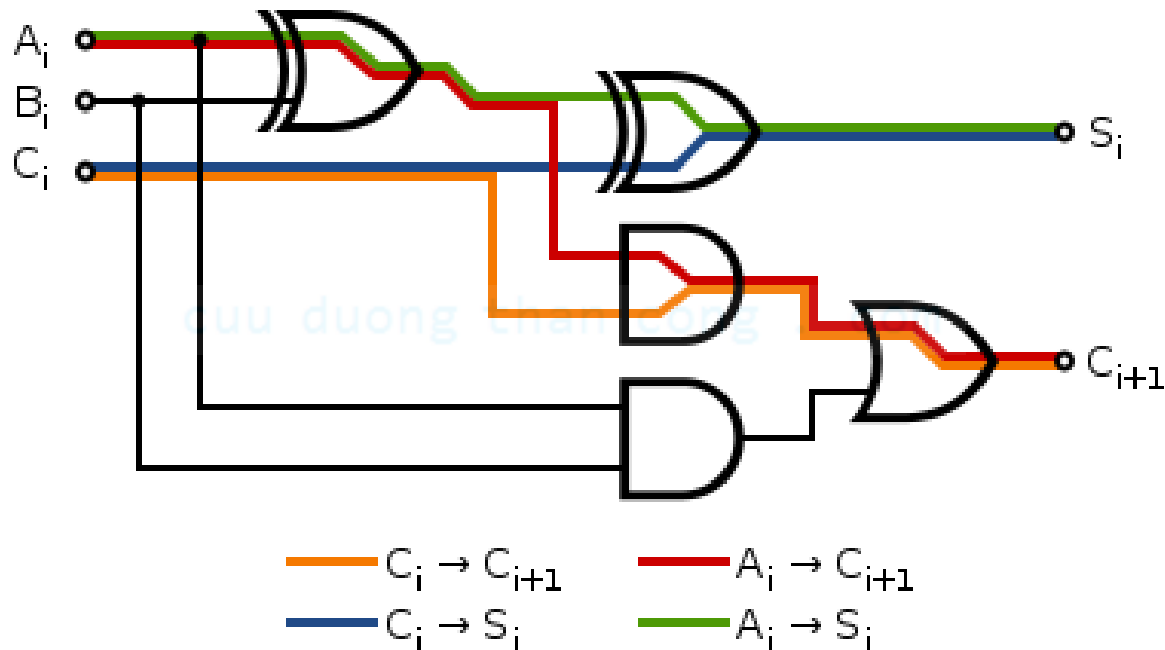


- The 7400 chip, containing four NAND gate
- The two additional pins supply power (+5 V) and connect the ground.

# Độ trễ mạch

13

- Độ trễ mạch (**Propagation delay / gate delay**) = Thời điểm tín hiệu ra ổn định - thời điểm tín hiệu vào ổn định
  - Mục tiêu thiết kế mạch: làm giảm thời gian độ trễ mạch



# Mô tả mạch tổ hợp

14

- Bảng ngôn ngữ
- Bảng bảng chân trị
  - n input – m output
  - $2^n$  hàng –  $(n + m)$  cột
- Bảng công thức (hàm luận lý)
- Bảng sơ đồ

# Thiết kế

15

□ Thường trải qua 3 bước:

■ Lập bảng chân trị

A	B	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

■ Viết hàm luận lý

$$F = (AB)'$$

■ Vẽ sơ đồ mạch và thử nghiệm



# SOP – Sum of Products

16

- Giả sử đã có bảng chân trị cho mạch  $n$  đầu vào  $x_1, \dots, x_n$  và 1 đầu ra  $f$
- Ta dễ dàng thiết lập công thức (hàm) logic theo thuật toán sau:
  - Ứng với mỗi hàng của bảng chân trị có đầu ra = 1 ta tạo thành 1 tích có dạng  $u_1 \cdot u_2 \dots u_n$  với:

$$u_i = \begin{cases} x_i & \text{nếu } x_i = 1 \\ (x_i)' & \text{nếu } x_i = 0 \end{cases}$$

- Cộng các tích tìm được lại thành tổng  $\rightarrow$  công thức của  $f$



# Ví dụ

17

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	1 $\rightarrow \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3$
0	1	0	1 $\rightarrow \bar{x}_1 \cdot x_2 \cdot \bar{x}_3$
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	1 $\rightarrow x_1 \cdot \bar{x}_2 \cdot x_3$
1	1	0	0
1	1	1	0

$$f = \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 + x_1 \bar{x}_2 x_3$$

# POS – Product of Sum

18

- Trường hợp số hàng có giá trị **đầu ra = 1**  
**nhều hơn = 0**, ta có thể đặt  $g = (f)'$
- Viết công thức dạng **SOP** cho  $g$
- Lấy  $f = (g)' = (f')'$  để có công thức dạng POS  
(Tích các tổng) của  $f$

# Ví dụ

19

x	y	z	f	g
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	0

$$g = \bar{x}.y.\bar{z} + x.\bar{y}.\bar{z}$$

$$f = \bar{g} = (x + \bar{y} + z)(\bar{x} + y + z)$$

# Đơn giản hoá hàm logic

20

- Sau khi viết được hàm logic, ta có thể vẽ sơ đồ của mạch tổ hợp từ những cộng luận lý cơ bản
  - Ví dụ:  $f = xy + xz$
- Tuy nhiên ta có thể viết lại hàm logic sao cho sơ đồ mạch sử dụng ít cổng hơn
  - Ví dụ:  $f = xy + xz = x(y + z)$
- Cách đơn giản hoá hàm tổng quát? Một số cách phổ biến:
  - Dùng đại số Bun (Xem lại bảng 1 số đẳng thức cơ bản để áp dụng)
  - Dùng bản đồ Karnaugh (Cac-nô)

# Đại số Bun

21

- Dùng các phép biến đổi đại số Bun để lược giản hàm logic
- Khuyết điểm: [duong than cong . com](http://duongthancong.com)
  - Không có cách làm tổng quát cho mọi bài toán
  - Không chắc kết quả cuối cùng đã tối giản chưa
- Ví dụ: Đơn giản hoá các hàm sau
  - $F(x,y,z) = xyz + x'yz + xy'z + xyz'$

# Bản đồ Karnaugh

22

- Mỗi tổ hợp biến trong bảng chân trị gọi là bộ trị (tạm hiểu là 1 dòng)
- Biểu diễn hàm có  $n$  biến thì sẽ cho ra tương ứng  $2^n$  bộ trị, với vị trí các bộ trị được đánh số từ 0
- Thông tin trong bảng chân trị có thể **cô đọng** bằng cách:
  - ▣ Liệt kê vị trí các bộ trị (**minterm**) với giá trị đầu ra = **1** (**SOP**)
  - ▣ Liệt kê vị trí các bộ trị (**maxterm**) với giá trị đầu ra = **0** (**POS**)

# Ví dụ

23

$$\square F(x,y,z) = m_1 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 = \Sigma(1,4,5,6,7)$$

$$\square F(x,y,z) = M_0 M_2 M_3 = \Pi(0,2,3)$$

Vị trí	x	y	z	minterm	maxterm	F
0	0	0	0	$m0 = x'y'z'$	$M0 = x + y + z$	0
1	0	0	1	$m1 = x'y'z$	$M1 = x + y + z'$	1
2	0	1	0	$m2 = x'yz'$	$M2 = x + y' + z$	0
3	0	1	1	$m3 = x'yz$	$M3 = x + y' + z'$	0
4	1	0	0	$m4 = xy'z'$	$M4 = x' + y + z$	1
5	1	0	1	$m5 = xy'z$	$M5 = x' + y + z'$	1
6	1	1	0	$m6 = xyz'$	$M6 = x' + y' + z$	1
7	1	1	1	$m7 = xyz$	$M7 = x' + y' + z'$	1

# Các dạng bản đồ Karnaugh cơ bản

24

Diagram 1: 2x2 Karnaugh map for variables A and B.

	<b>B</b>	
	0	1
<b>A</b>	0	1
1	2	3

Diagram 2: 2x4 Karnaugh map for variables A, B, and C.

	<b>B</b>			
	00	01	11	10
<b>A</b>	0	1	3	2
1	4	5	7	6

Diagram 3: 4x4 Karnaugh map for variables A, B, C, and D.

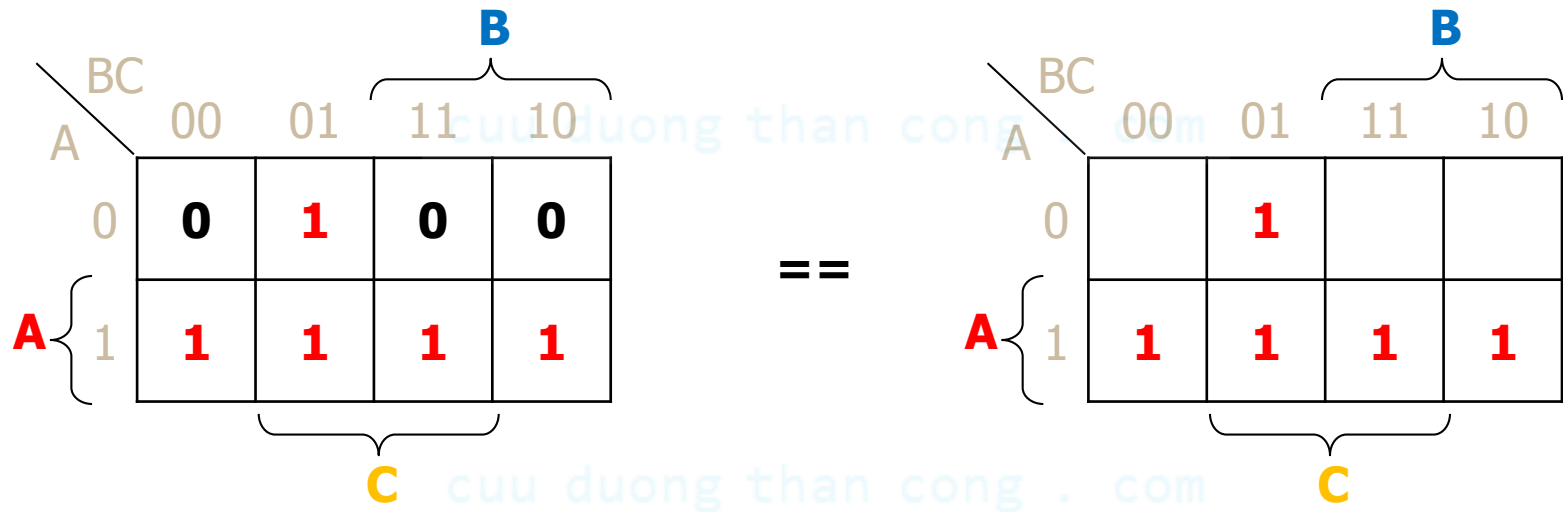
		<b>B</b>			
		00	01	11	10
<b>AB</b>	00	0	1	3	2
01	4	5	7	6	
11	12	13	15	14	
10	8	9	11	10	



# Ví dụ

25

□  $F(A, B, C) = \Sigma(1, 4, 5, 6, 7)$



# Nhận xét

26

- Bộ trị giữa 2 ô liền kề trong bản đồ chỉ khác nhau 1 biến
  - Biến đó bù 1 ô, không bù ở ô kế hoặc ngược lại
- Các ô đầu / cuối của các dòng / cột là các ô liền kề
- 4 ô nằm ở 4 góc bản đồ cũng coi là ô liền kề

# Đơn giản hàm theo dạng SOP

27

- Hàm logic F biểu diễn bảng chân trị được đưa vào bản đồ bằng các trị 1 tương ứng
- Các ô liên kề có giá trị 1 được gom thành nhóm sao cho mỗi nhóm sau khi gom có tổng số ô là lũy thừa của 2 (2, 4, 8,...)
- Các nhóm có thể dùng chung ô có giá trị 1 để tạo thành nhóm lớn hơn. Cố gắng tạo những nhóm lớn nhất có thể
- Nhóm 2/4/8 ô sẽ đơn giản bớt 1/2/3 biến trong số hạng
- Mỗi nhóm biểu diễn 1 số hạng nhân (Product), Cộng (Sum – OR)  
các số hạng này ta sẽ được biểu thức tối giản của hàm logic F

# Ví dụ 1

28

□  $F(A, B, C) = \Sigma(3, 4, 6, 7)$

		B			
		00	01	11	10
A	0			1	
	1	1		1	1

		B			
		00	01	11	10
A	0			1	
	1	1		1	1

$$F(A, B, C) = BC + AC'$$

# Ví dụ 2

29

□  $F(A, B, C) = \Sigma(0, 2, 4, 5, 6)$

		B			
		00	01	11	10
A	0	1			1
	1	1	1		1

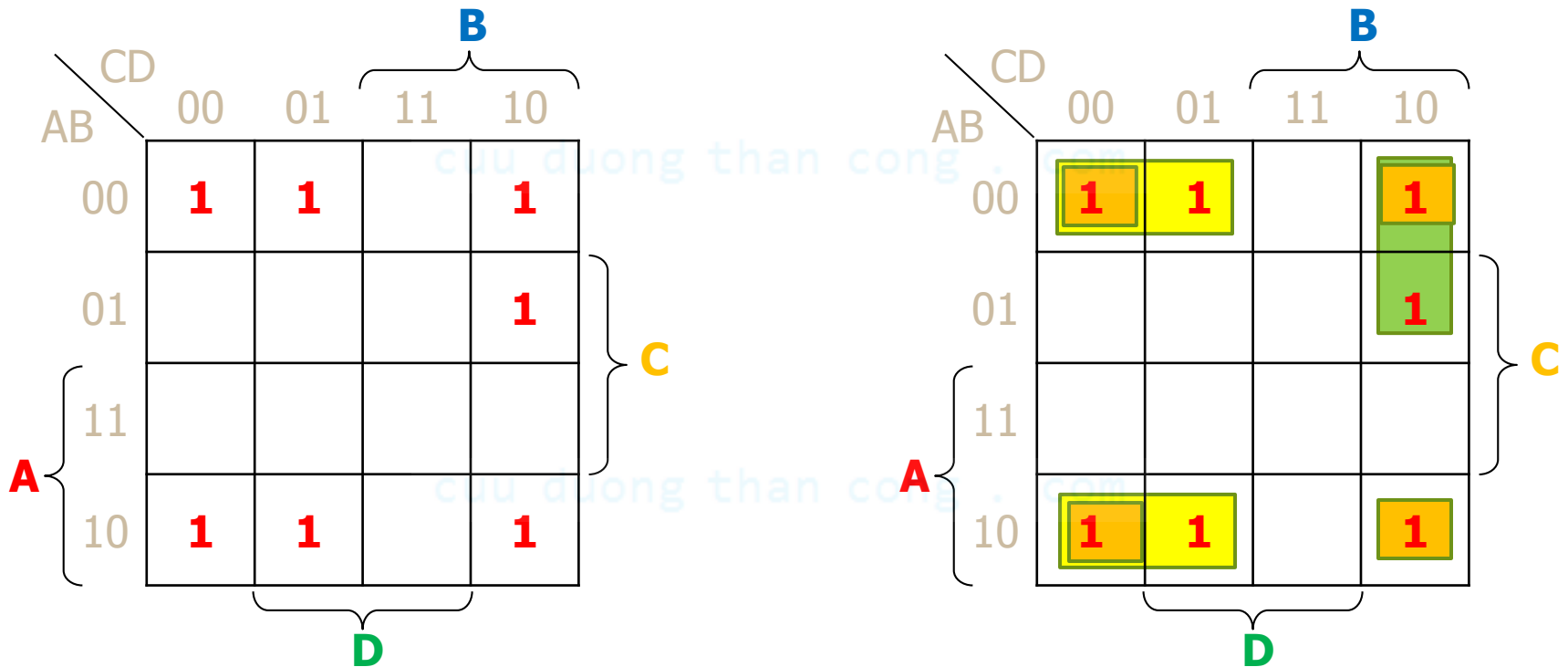
		B			
		00	01	11	10
A	0	1			1
	1	1	1		1

$$F(A, B, C) = C' + AB'$$

# Ví dụ

30

□  $F(A, B, C, D) = \Sigma(0, 1, 2, 6, 8, 9, 10)$



$$F(A, B, C) = B'D' + B'C' + A'CD'$$

# Đơn giản hàm theo dạng POS

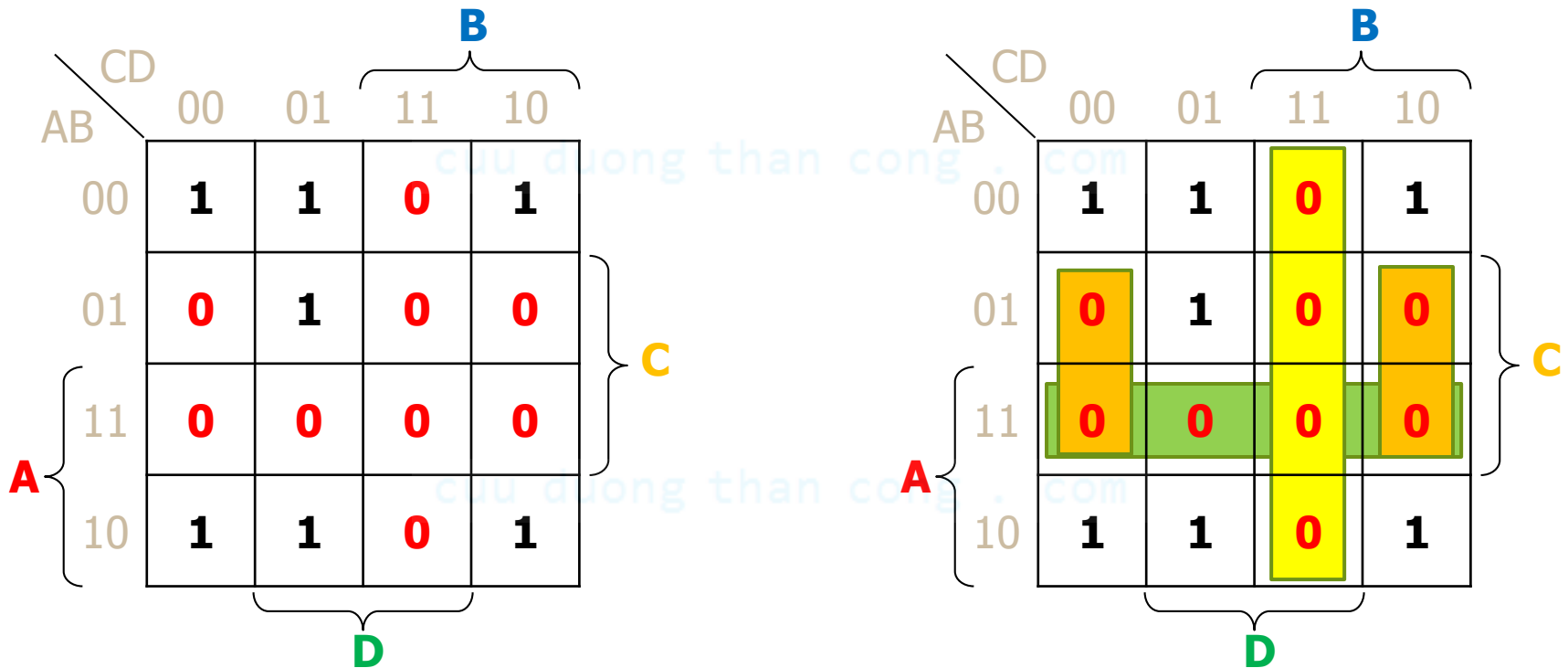
31

- Đôi khi biểu diễn dạng tổng các tích (SOP) sẽ khó làm khi **số bộ trị có đầu ra = 1 < số bộ trị có đầu ra = 0**
- Dùng phương pháp tích các tổng (POS)
- Hoàn toàn giống phương pháp đơn giản hàm theo dạng SOP, chỉ khác ta **nhóm các ô liền kề = 0** thay vì 1
- **Tìm được  $F'$**
- **$F = (F')'$**

# Ví dụ 3

32

$$\square F(A, B, C, D) = \Sigma(0, 1, 2, 5, 8, 9, 10)$$



$$F'(A, B, C) = AB + CD + BD'$$

$$F = (F')' = (A' + B')(C' + D')(B' + D)$$



# Điều kiện không cần / tùy chọn

33

- Trong 1 số trường hợp ta **không cần quan tâm** đến giá trị ngõ ra của 1 số bộ trị nào đó (**1 hay 0 đều được**)
- Trong bản đồ ta sẽ ghi tương ứng những ô đó là x (gọi là giá trị tùy chọn /không cần)
- **x có thể dùng để gom nhóm với các ô liền kề nhằm đơn giản hàm**
- Lưu ý: Không được gom nhóm bao gồm toàn những ô có giá trị x

# Ví dụ

34

- $F(A, B, C) = \Sigma(0, 2, 6)$
- $d(A, B, C) = \Sigma(1, 3, 5)$

Vị trí	A	B	C	F
0	0	0	0	1
1	0	0	1	x
2	0	1	0	1
3	0	1	1	x
4	1	0	0	0
5	1	0	1	x
6	1	1	0	1
7	1	1	1	0

# Ví dụ

35

- $F(A, B, C) = \Sigma(0, 2, 6)$
- $d(A, B, C) = \Sigma(1, 3, 5)$

		B			
		00	01	11	10
A	0	1	x	x	1
	1		x		1

Groupings:  $A$  (rows 0 and 1),  $C$  (columns 01 and 10)

		B			
		00	01	11	10
A	0	1	x	x	1
	1		x		1

Groupings:  $A$  (rows 0 and 1),  $C$  (columns 01 and 10)

$$F(A, B, C) = A' + BC'$$

# Bài tập thiết kế mạch tổ hợp

36

- Yêu cầu: Thiết kế mạch tổ hợp 3 ngõ vào, 1 ngõ ra, sao cho giá trị logic ở ngõ ra là giá trị nào chiếm đa số trong các ngõ vào

cuu duong than cong . com

# Bước 1: Lập bảng chân trị

37

- Gọi các ngõ vào là  $x, y, z$  - ngõ ra là  $f$

$x$	$y$	$z$	$f$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

$$f(x, y, z) = \Sigma(3, 5, 6, 7)$$

# Bước 2: Viết hàm logic

38

□  $f(x, y, z) = \Sigma(3, 5, 6, 7)$

Karnaugh map for  $f(x, y, z) = \Sigma(3, 5, 6, 7)$ . The map shows the function value (0 or 1) for all combinations of  $x, y, z$ . The variables  $x, y, z$  are indicated by brackets. The prime implicants for  $y$  and  $z$  are highlighted.

$x \backslash yz$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

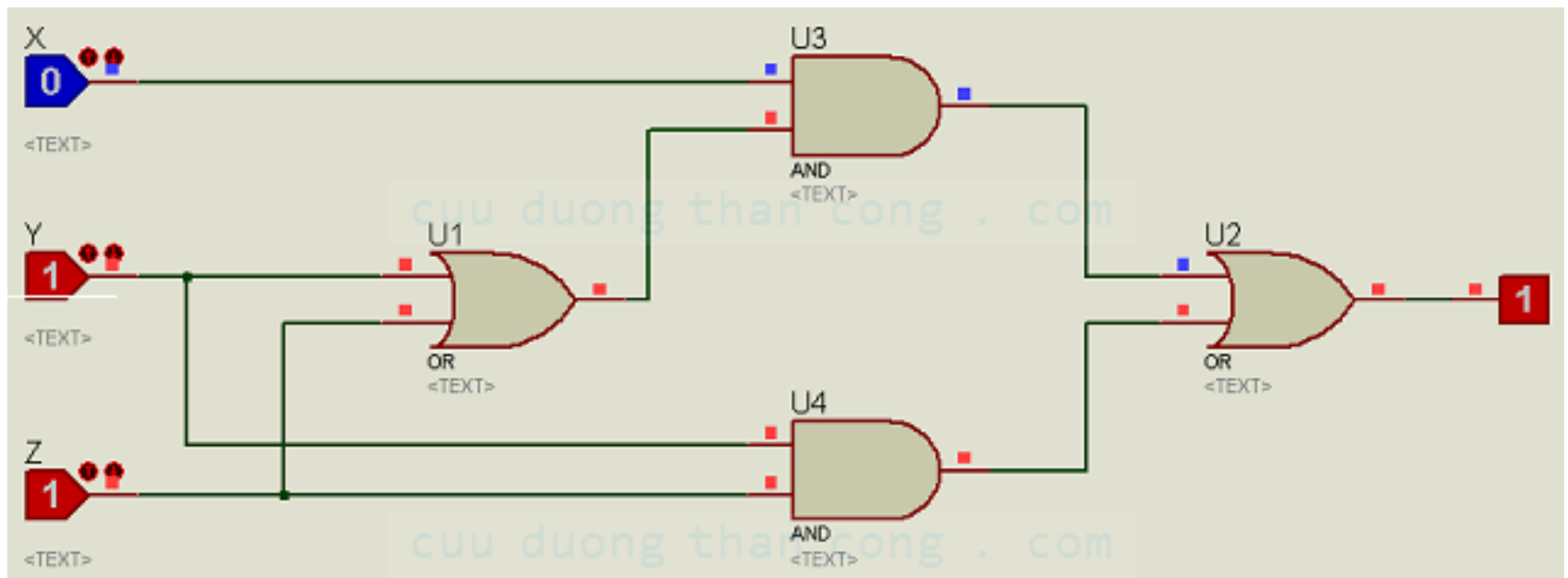
Karnaugh map for  $f(x, y, z) = \Sigma(3, 5, 6, 7)$ . The map shows the function value (0 or 1) for all combinations of  $x, y, z$ . The variables  $x, y, z$  are indicated by brackets. The prime implicants for  $xz$ ,  $xy$ , and  $yz$  are highlighted.

$x \backslash yz$	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	1	1

$$f(x, y, z) = xz + xy + yz = x.(y+z) + yz$$

# Bước 3: Vẽ sơ đồ mạch và Thử nghiệm

39



# Phần 2: Một số mạch tổ hợp cơ bản

40

- ❑ Mạch toàn cộng (Full adder)
- ❑ Mạch giải mã (Decoder)
- ❑ Mạch mã hoá (Encoder)

cuu duong than cong . com

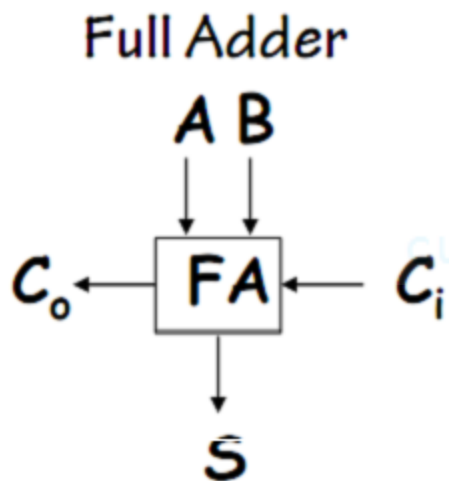
cuu duong than cong . com



# Mạch toàn cộng (Full adder - FA)

41

- Mạch tổ hợp thực hiện phép cộng số học 3 bit
- Gồm 3 ngõ vào (A, B: bit cần cộng –  $C_i$ : bit nhớ) và 2 ngõ ra (kết quả có thể từ 0 đến 3 với giá trị 2 và 3 cần 2 bit biểu diễn – S: ngõ tổng,  $C_0$ : ngõ nhớ)



A	B	$C_i$	S	$C_0$
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

$$S = F(A, B, C_i) \\ = \Sigma(1, 2, 4, 7)$$

$$C_0 = F(A, B, C_i) \\ = \Sigma(3, 5, 6, 7)$$

# Bước 2: Viết hàm logic

42

		A			
		00	01	11	10
Ci	0		1		1
	1	1		1	

Brayden K. Thompson

$$S = F(A, B, Ci) = \Sigma(1, 2, 4, 7)$$

$$S = A'BCi' + AB'Ci' + A'B'Ci + ABCi$$

$$S = A \oplus B \oplus Ci$$

(Lưu ý:  $x \oplus y = x'y + xy'$ )

		A			
		00	01	11	10
Ci	0			1	
	1		1	1	1

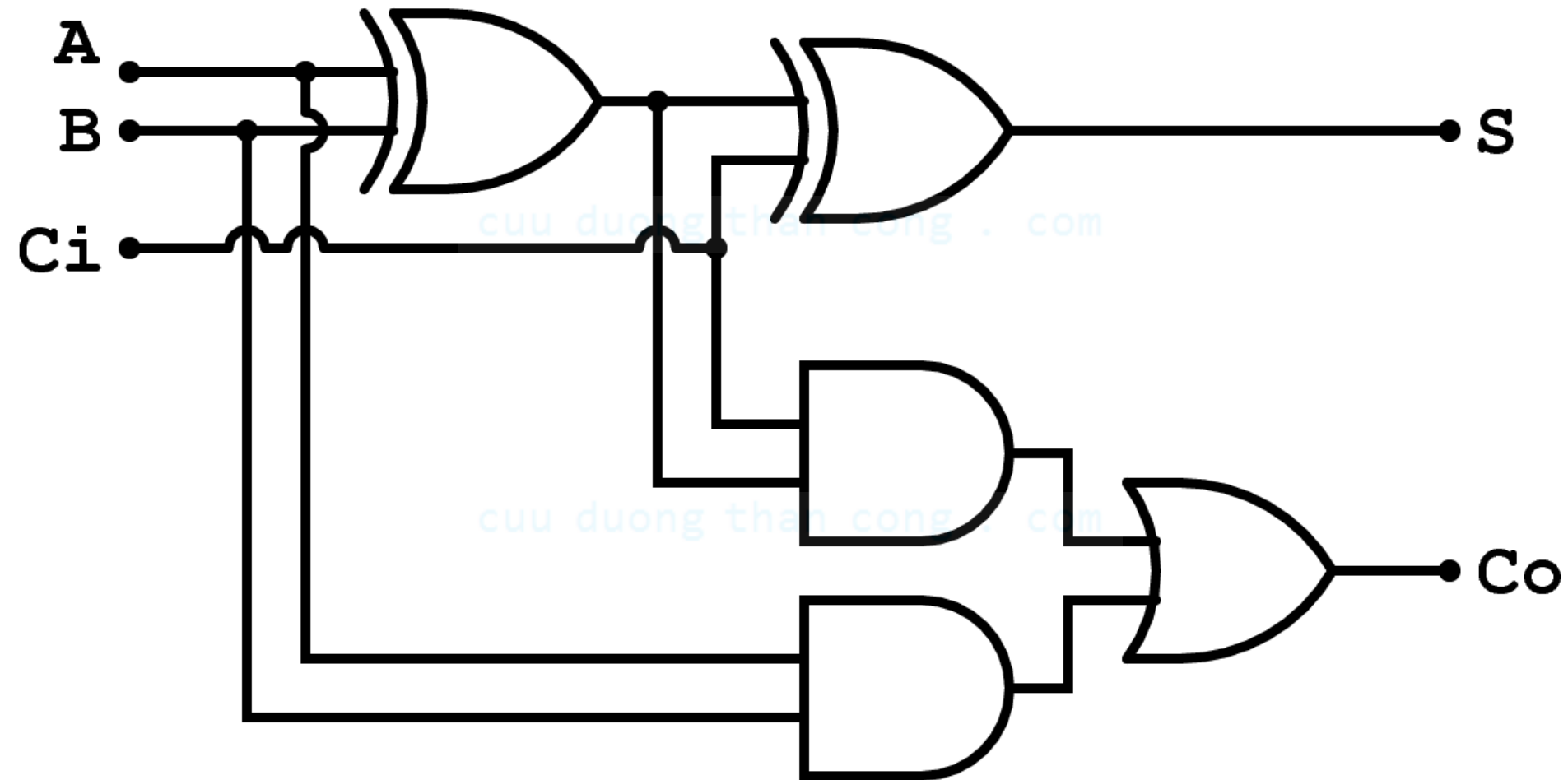
Brayden K. Thompson

$$C_0 = F(A, B, Ci) = \Sigma(3, 5, 6, 7)$$

$$C_0 = AB + BCi + ACi$$

# Sơ đồ mạch Full adder

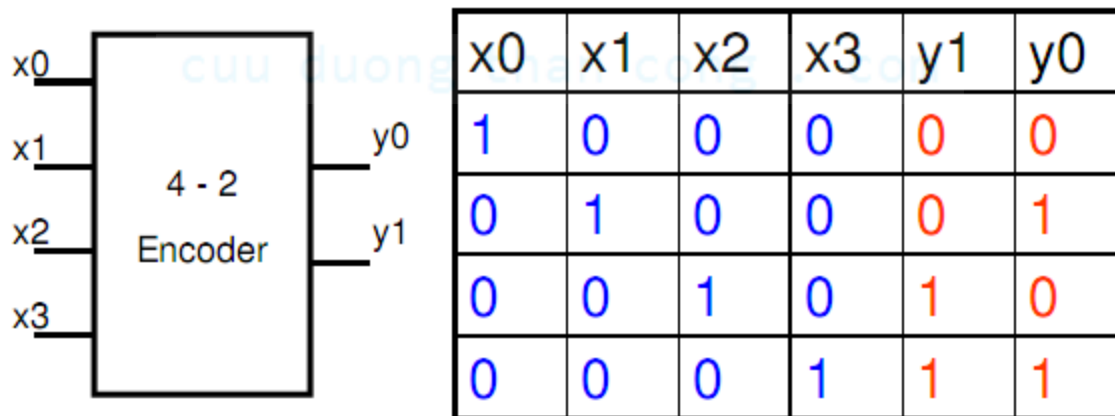
43



# Mạch mã hoá nhị phân (Binary Encoder)

44

- Có  $2^n$  (hoặc ít hơn) ngõ vào,  $n$  ngõ ra
- Quy định chỉ có **duy nhất một ngõ vào mang giá trị = 1** tại một thời điểm
- Nếu ngõ vào = 1 đó là ngõ thứ  $k$  thì các ngõ ra tạo thành số nhị phân có giá trị =  $k$



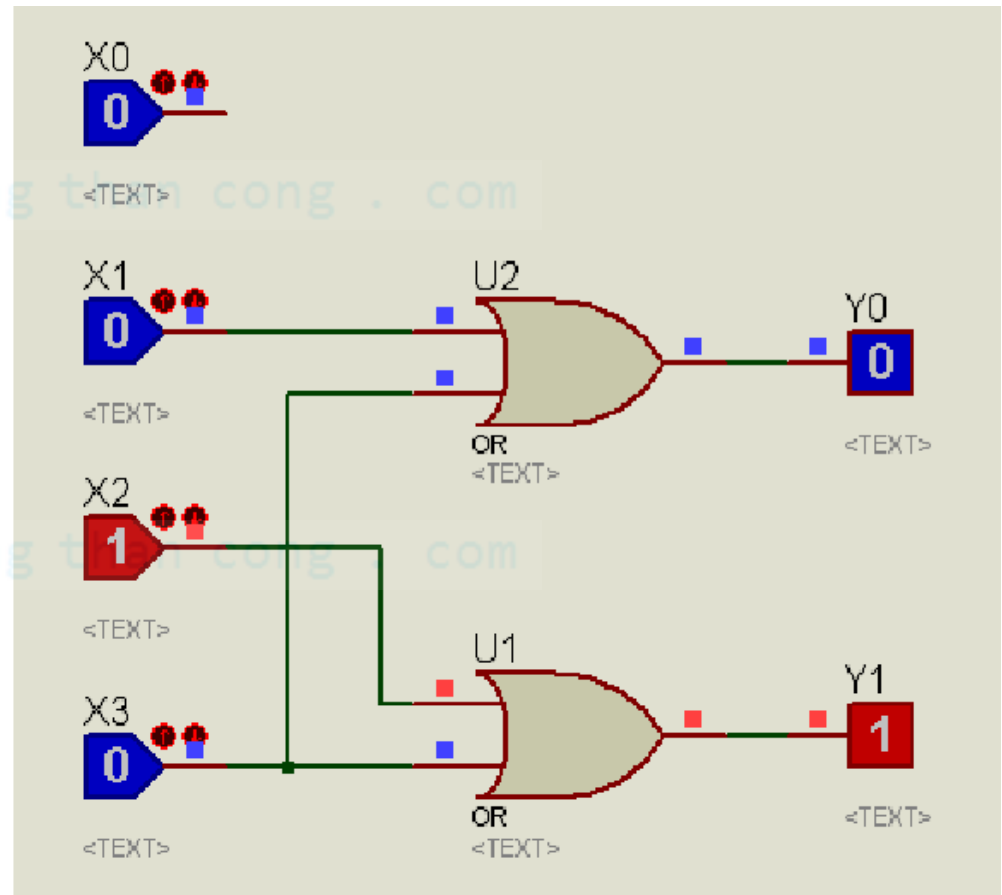
# Sơ đồ mạch 4-2 Binary Encoder

45

- Ngõ vào:  $X_0, X_1, X_2, X_3$
- Ngõ ra:  $Y_0, Y_1$

$$Y_0 = X_1 + X_3$$

$$Y_1 = X_2 + X_3$$



# Mạch mã hoá theo thứ tự (Priority Encoder)

46

- Các ngõ vào được xem như có độ ưu tiên
- Giá trị ngõ ra phụ thuộc vào các ngõ vào có độ ưu tiên cao nhất
- Ví dụ: Độ ưu tiên ngõ vào  $x_3 > x_2 > x_1 > x_0$

x0	x1	x2	x3	y2	y1	y0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
x	1	0	0	0	1	0
x	x	1	0	0	1	1
x	x	x	1	1	0	0

$$y_0 = (x_2 + x_0x_1').x_3$$

$$y_1 = (x_2 + x_1).x_3'$$

$$y_2 = x_3$$

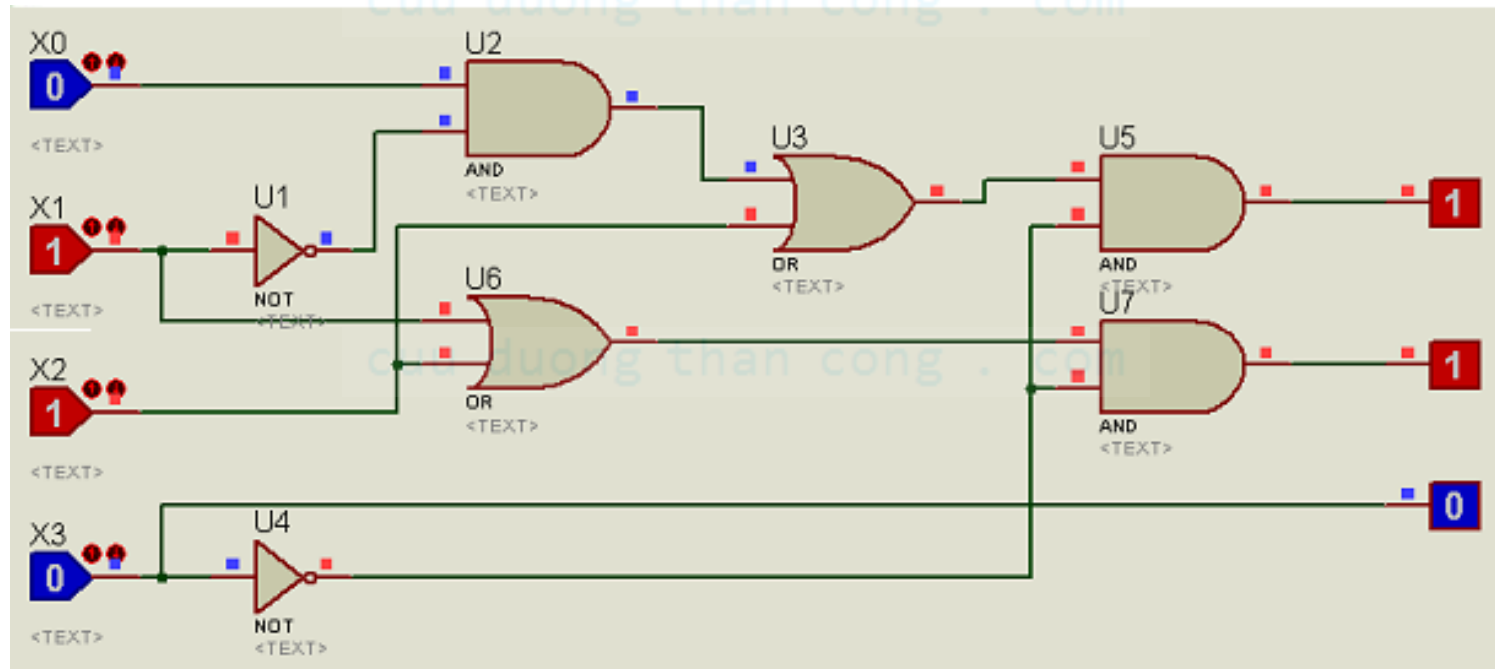
# Sơ đồ mạch 4-3 Priority Encoder

47

$$y_0 = (x_2 + x_0x_1').x_3$$

$$y_1 = (x_2 + x_1).x_3'$$

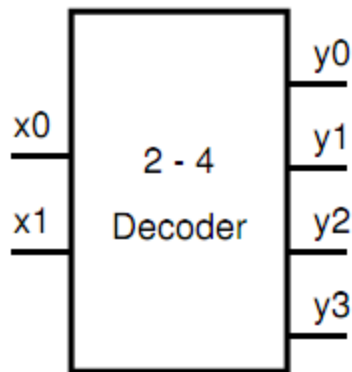
$$y_2 = x_3$$



# Mạch giải mã (Decoder)

48

- Có  $n$  ngõ vào,  $2^n$  (hoặc ít hơn) ngõ ra
- Quy định chỉ có **duy nhất một ngõ ra mang giá trị = 1** tại một thời điểm
- Nếu các ngõ vào tạo thành số nhị phân có giá trị =  $k$  thì ngõ ra = 1 đó là ngõ thứ  $k$



x1	x0	y0	y1	y2	y3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

$$y0 = \overline{x1}.\overline{x0}$$

$$y1 = \overline{x1}.x0$$

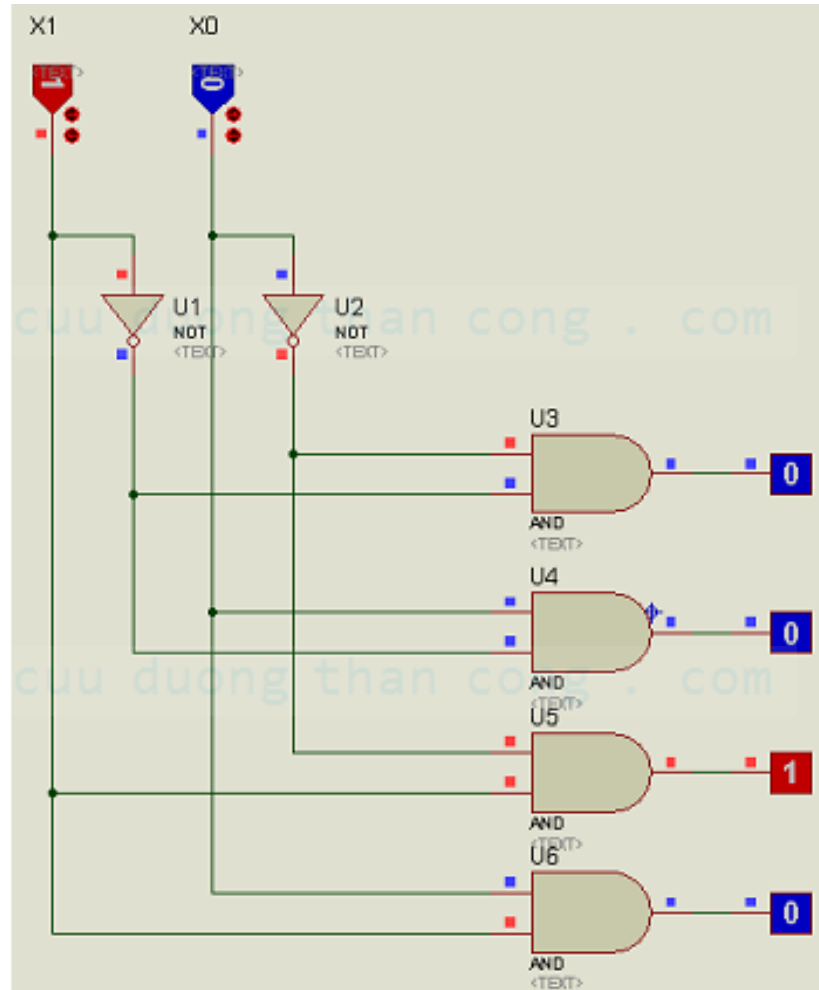
$$y2 = x1.\overline{x0}$$

$$y3 = x1.x0$$



# Sơ đồ mạch 2-4 Decoder

49



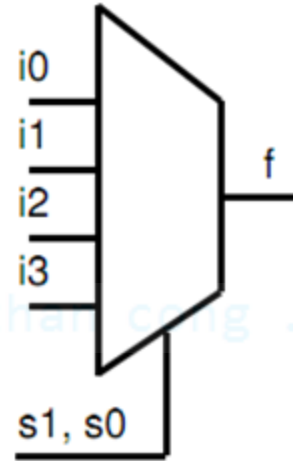
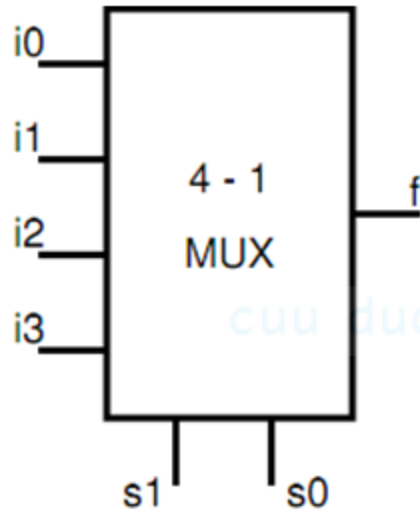
# Mạch dồn (Multiplexer - MUX)

50

- Còn gọi là mạch chọn dữ liệu
- Chọn  $n$  ngõ trong  $2^n$  ngõ vào để quyết định giá trị của duy nhất 1 ngõ ra
- Mạch dồn  $2^n - 1$  có  $2^n$  ngõ nhập, 1 ngõ xuất và  $n$  ngõ nhập chọn

# Ví dụ: Mạch 4-1 MUX

51

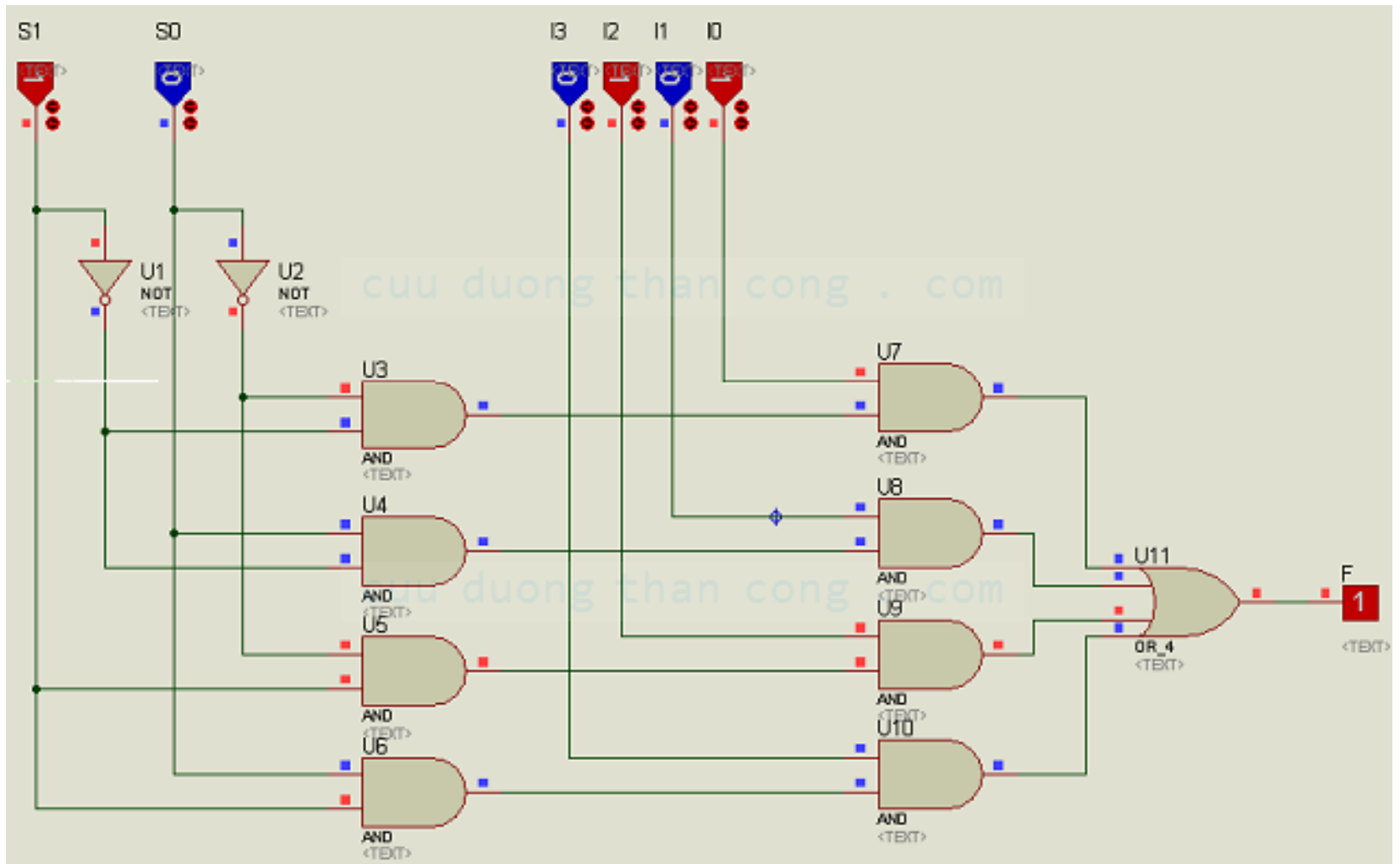


$s_1$	$s_0$	$f$
0	0	$i_0$
0	1	$i_1$
1	0	$i_2$
1	1	$i_3$

tín hiệu  **$s_1$** ,  **$s_0$**  dùng để  
lựa chọn xem tín hiệu  
nào trong các ngõ vào  
 **$i_0, i_1, i_2, i_3$**  được chuyển  
đến ngõ ra  **$f$**

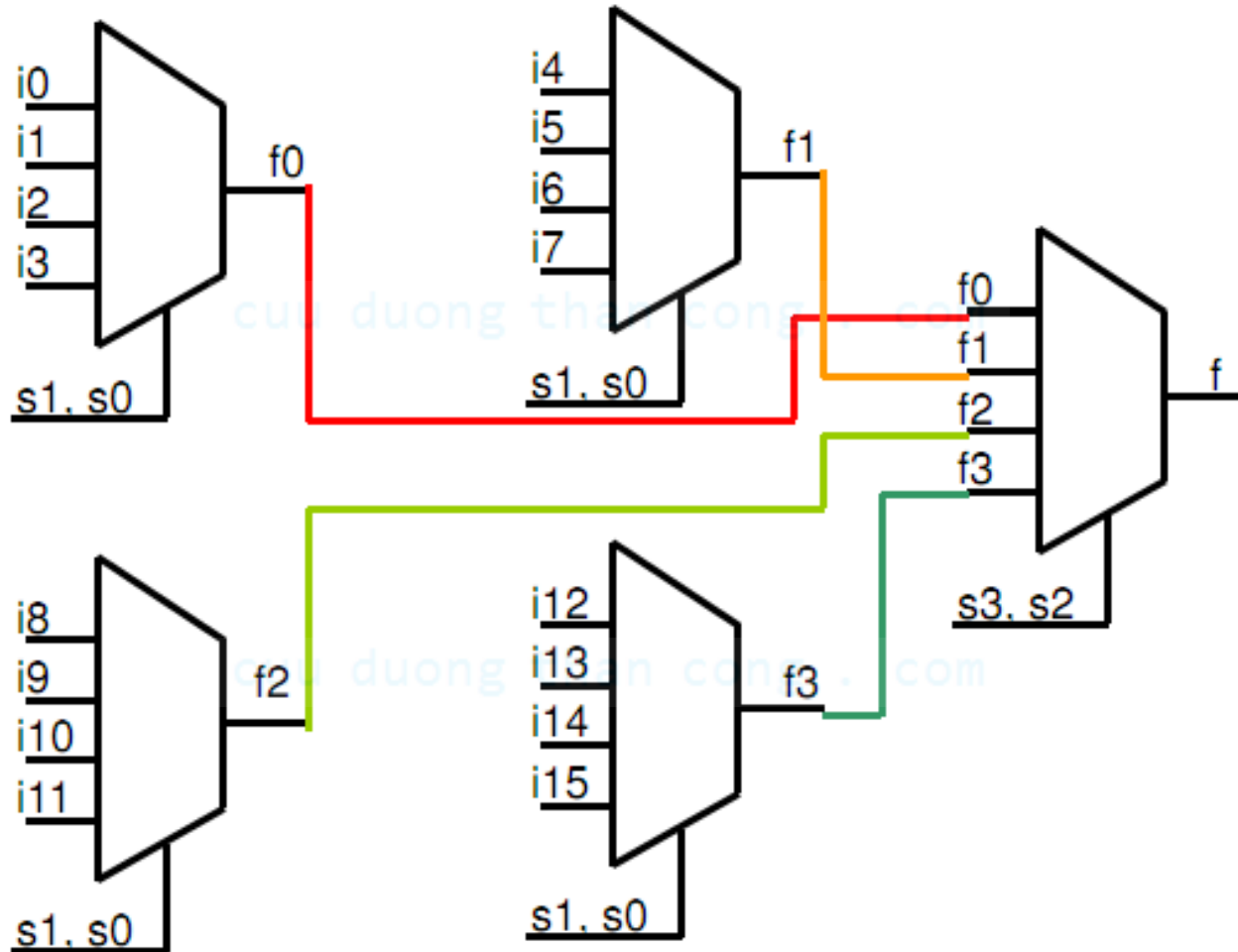
# Sơ đồ mạch 4-1 MUX

52



# 16-1 MUX

53



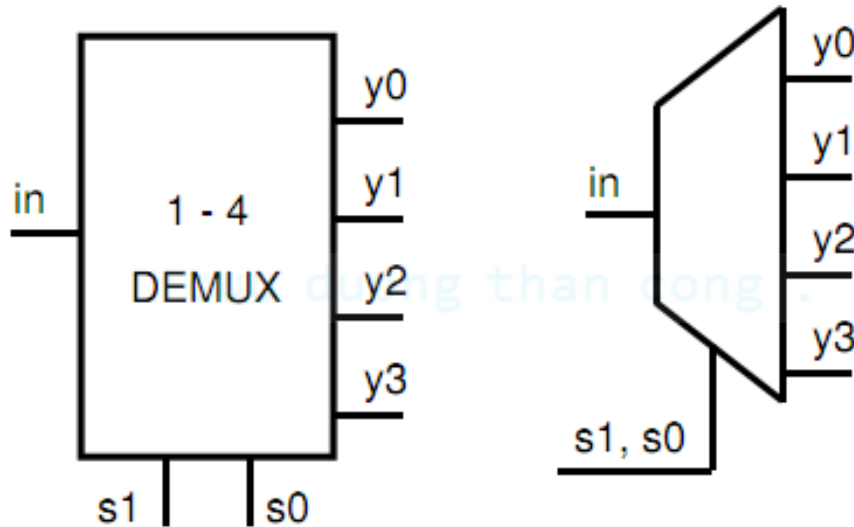
# Mạch tách Demultiplexer (DEMUX)

54

- Chọn  $n$  ngõ trong  $2^n$  ngõ vào để quyết định giá trị của duy nhất 1 ngõ ra
- Mạch DEMUX  $1-2^n$  có 1 ngõ nhập,  $2^n$  ngõ xuất và  $n$  ngõ nhập chọn

# Ví dụ: Mạch 1-4 DEMUX

55

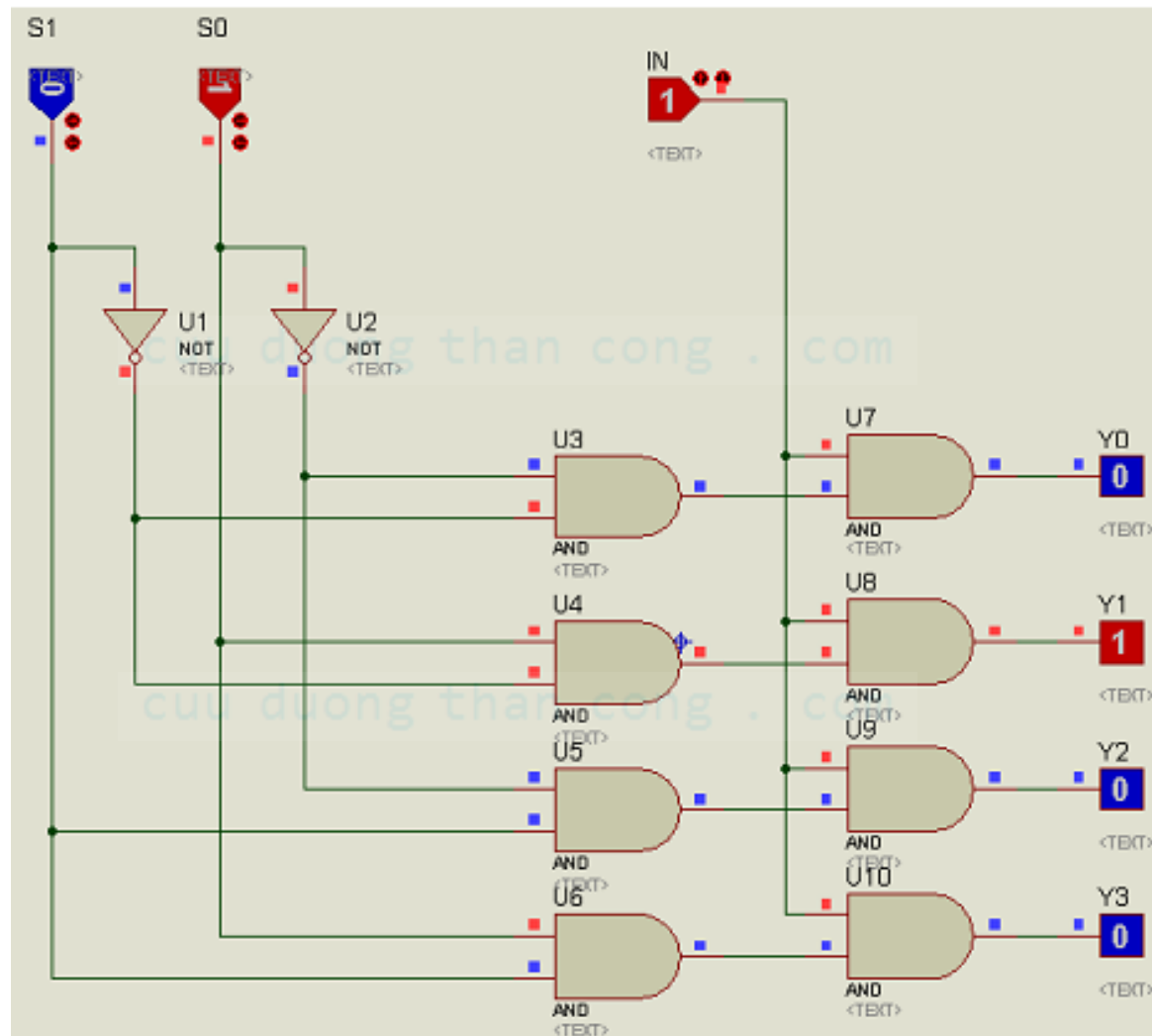


tín hiệu **s1**, **s0** dùng để  
lựa chọn xem tín hiệu  
vào **in** sẽ được chuyển  
đến ngõ nào trong các  
ngõ ra **y0,y1,y2,y3**

s1	s0	y0	y1	y2	y3
0	0	in	0	0	0
0	1	0	in	0	0
1	0	0	0	in	0
1	1	0	0	0	in

# Sơ đồ mạch 1-4 DEMUX

56



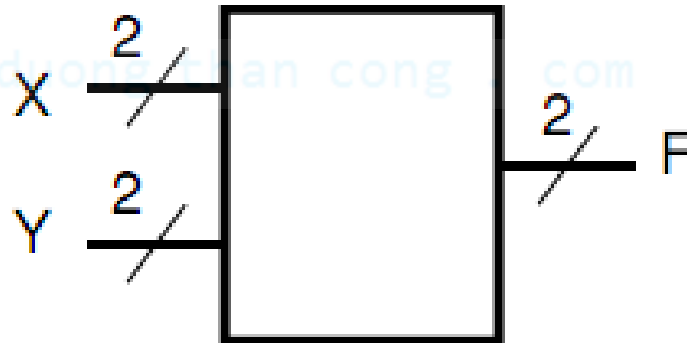


# Bài tập: Thiết kế mạch ALU

57

- $F = (5X + 2Y) \% 4$
- Input: X (2 bit), Y (2 bit)
- Output: F (2 bit)

→ Có 4 ngõ vào, 2 ngõ ra (mỗi ngõ có 1 tín hiệu biểu diễn cho 1 bit)



# Bước 1: Lập bảng chân trị

58

X	Y	F
0 (00)	0 (00)	0 (00)
0 (00)	1 (01)	2 (10)
0 (00)	2 (10)	0 (00)
0 (00)	3 (11)	2 (10)
1 (01)	0 (00)	1 (01)
1 (01)	1 (01)	3 (11)
1 (01)	2 (10)	1 (01)
1 (01)	3 (11)	3 (11)
2 (10)	0 (00)	2 (10)
2 (10)	1 (01)	0 (00)
2 (10)	2 (10)	2 (10)
2 (10)	3 (11)	0 (00)
3 (11)	0 (00)	3 (11)
3 (11)	1 (01)	1 (01)
3 (11)	2 (10)	3 (11)
3 (11)	3 (11)	1 (01)

# Bước 2: Xác định hàm

59

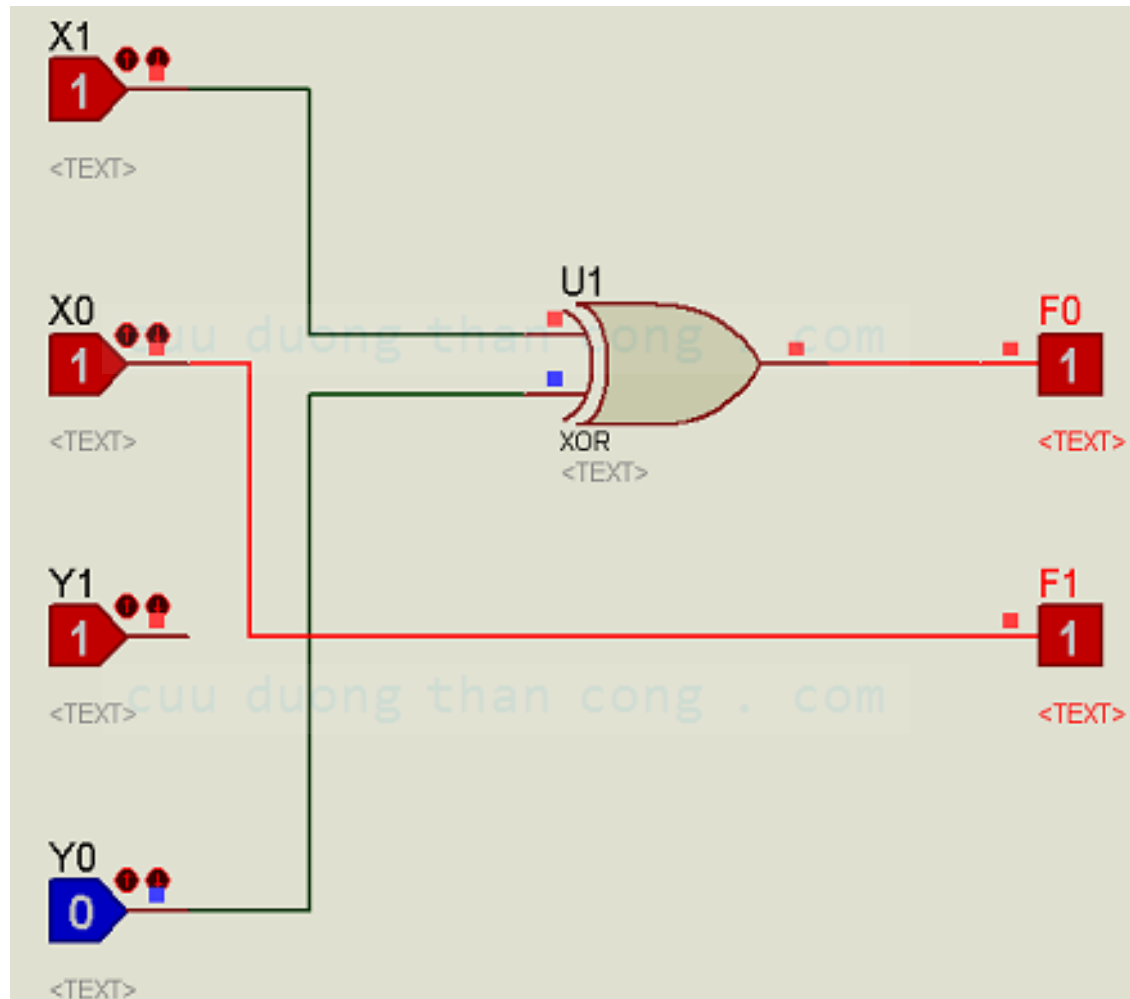
		Y1 Y0			
X1 X0		00	01	11	10
		00	01	11	10
00		0	1	1	0
01		0	1	1	0
11		1	0	0	1
10		1	0	0	1

$$F1 = X1.Y0' + X1'.Y0$$

$$F0 = X0$$

# Bước 3: Vẽ mạch

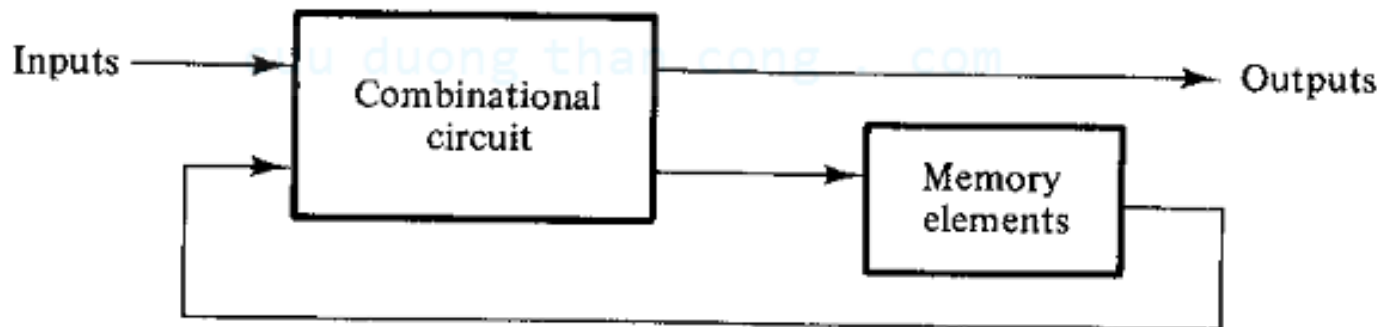
60



# Phần 3: Mạch tuần tự

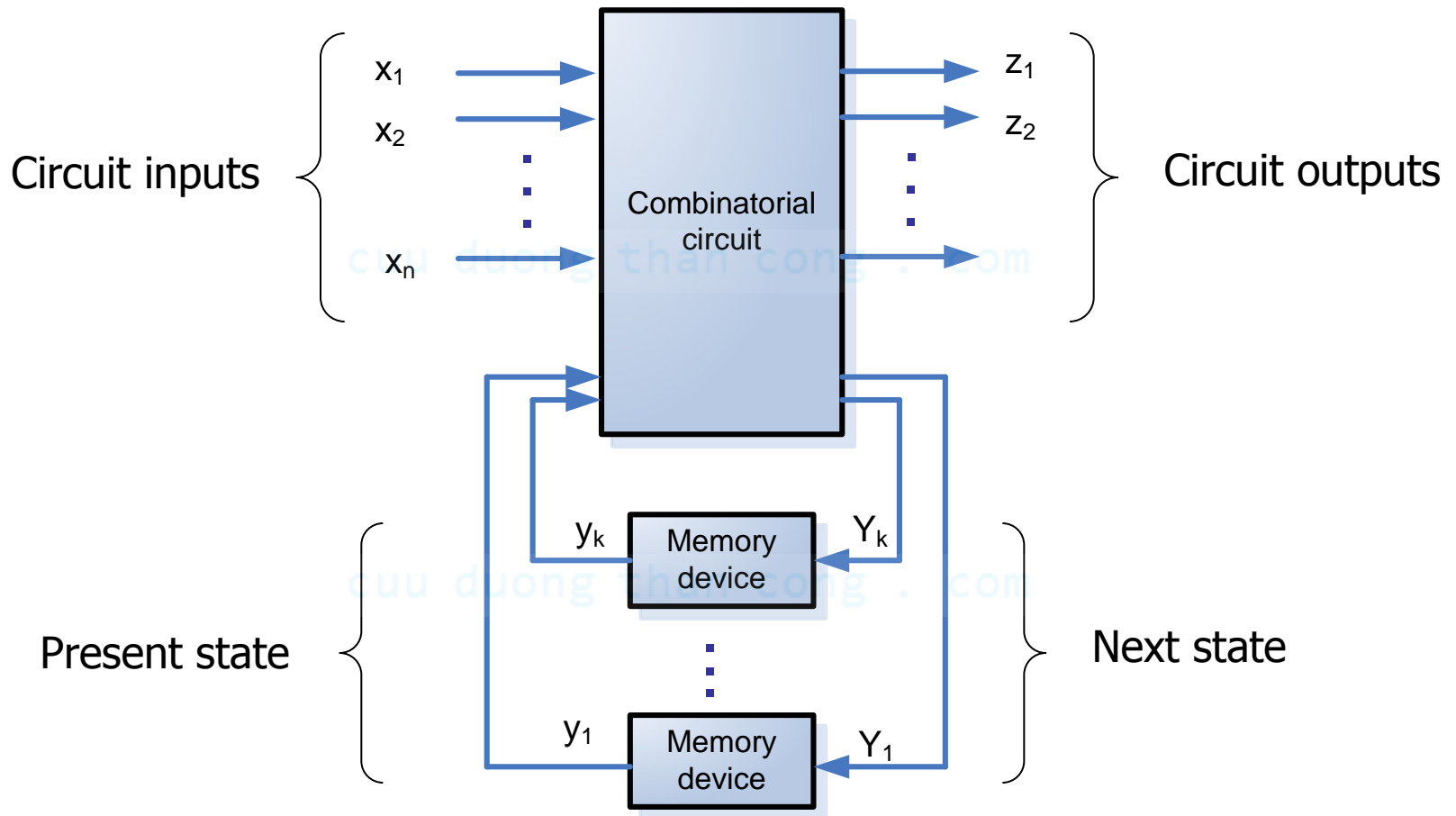
61

- Khác với mạch tổ hợp, ở mạch tuần tự thì ngõ ra không chỉ phụ thuộc vào giá trị hiện thời của ngõ vào, mà còn phụ thuộc giá trị quá khứ
- Mạch tuần tự có khả năng “ghi nhớ các trạng thái trong quá khứ”



# Mạch tuần tự

62



# Mạch lật

63

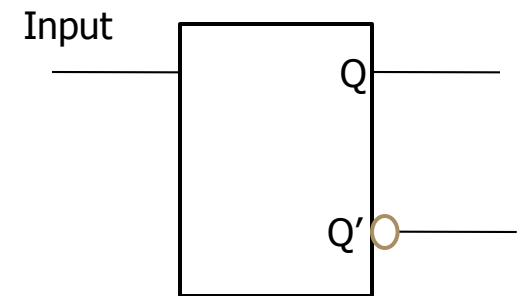
- Là 1 thành phần cấu thành mạch tuần tự
- Có chức năng lưu trữ 1 bit nhị phân
- Có nhiều loại mạch lật, sự khác nhau ở chỗ số ngõ vào và cách thức các ngõ vào tác động đến trạng thái bit nhị phân

# Phân loại mạch lật

64

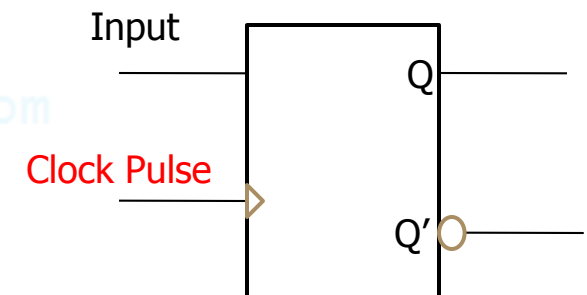
## □ Latch

- Ngõ ra thay đổi trạng thái khi ngõ vào thay đổi giá trị
- Độ trễ mạch (delayed gate) giá trị mới của ngõ ra được xác định bằng độ trễ giữa ngõ vào và ngõ ra
- Được sử dụng như 1 thành phần nhớ của mạch tuần tự **bất đồng bộ**



## □ Flip-Flop

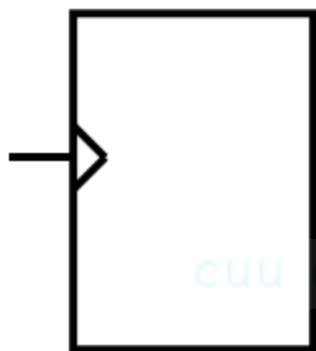
- Bên cạnh những ngõ vào thông thường thì luôn có 1 ngõ vào kích hoạt (trigger input), gọi là clock
- Trạng thái của ngõ ra chỉ có thể thay đổi khi ngõ vào kích hoạt (clock) thay đổi xung đồng hồ (clock pulse) của nó (0 → 1 hoặc 1 → 0)
- Được sử dụng như 1 thành phần nhớ của mạch tuần tự **đồng bộ**





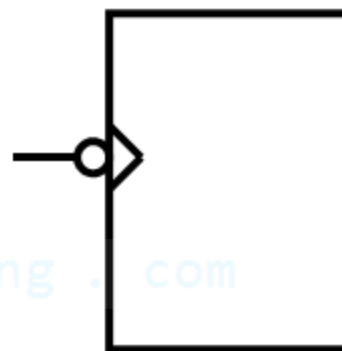
# Tín hiệu lễ xung đồng hồ - Clock edge


65



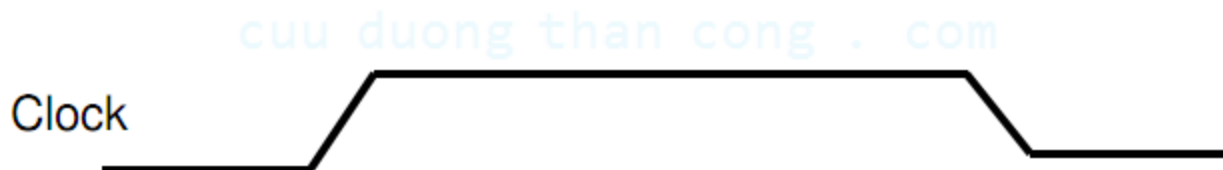
Clk 

Chuyển tiếp lễ dương ( $0 \rightarrow 1$ )



Clk 

Chuyển tiếp lễ âm ( $1 \rightarrow 0$ )



Positive edge

Negative edge

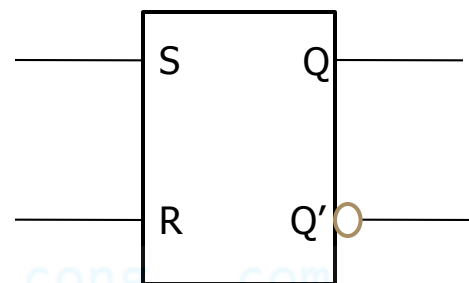
# RS Latch (SR Latch)

66

- Có 2 ngõ vào:

  - S (Set): Đặt

  - R (Reset): Khởi động



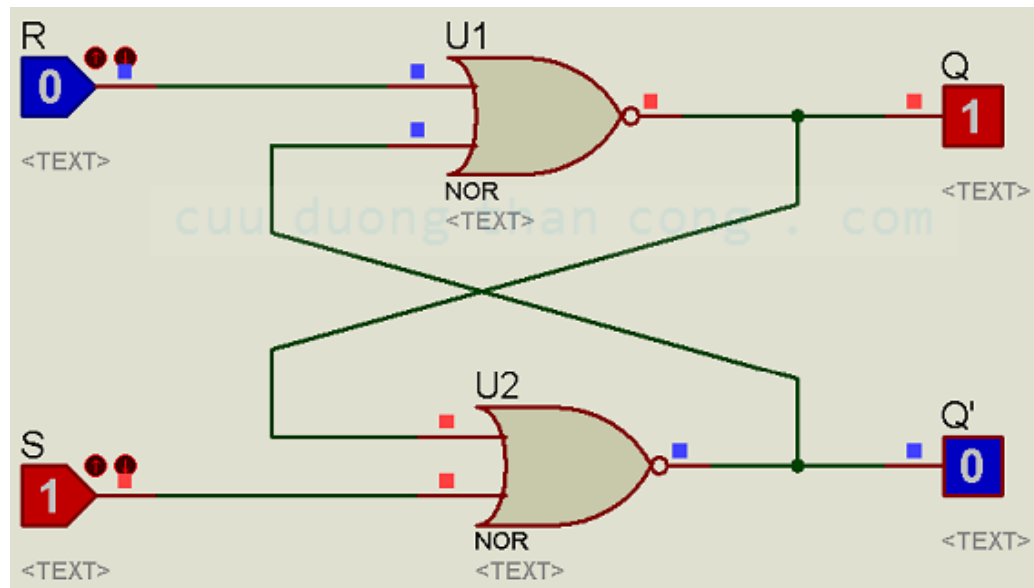
- Có 2 ngõ ra Q và Q' (tín hiệu đảo của Q)

- Trạng thái ngõ ra  $Q_{\text{next}} = Q(t+1)$  phụ thuộc vào trạng thái ngõ vào S, R và tình trạng hiện tại của mạch  $Q_{\text{current}} = Q(t)$

# RS Latch

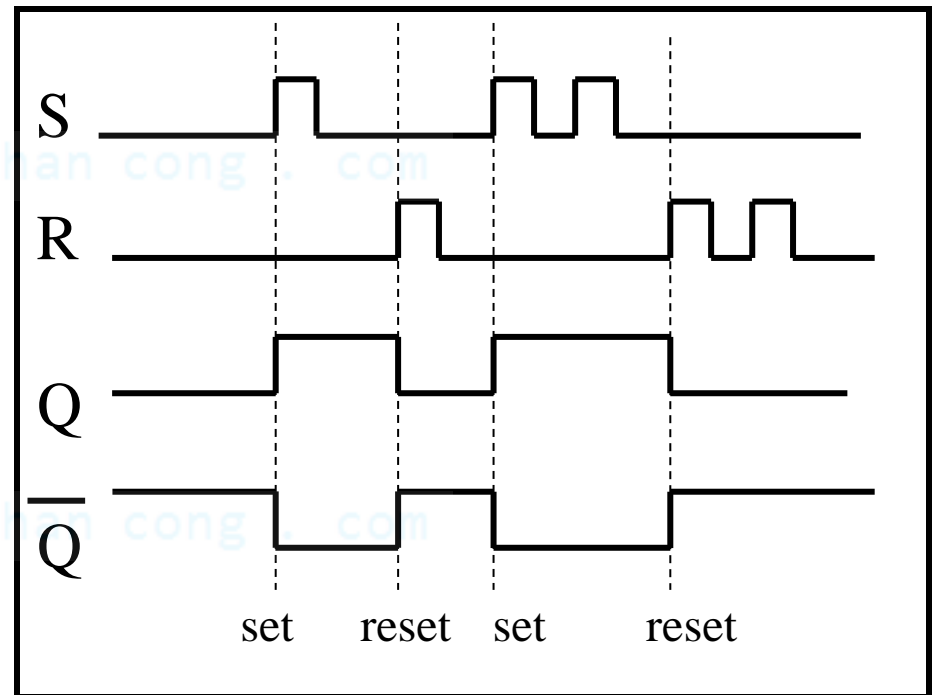
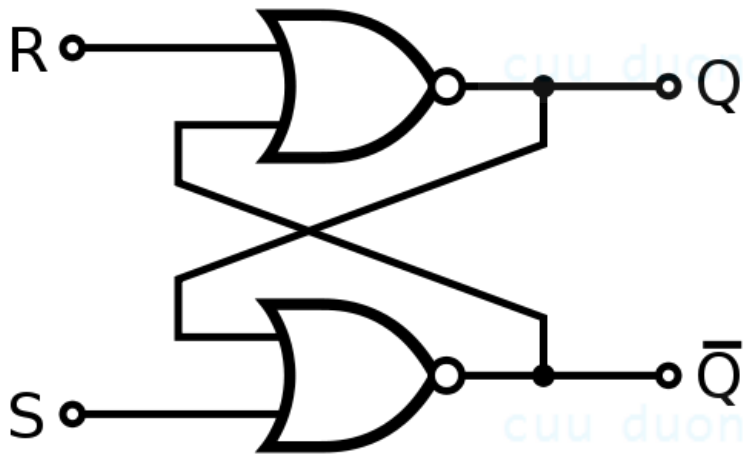
67

S	R	$Q = Q(t+1)$	$Q'$	Ý nghĩa
0	0	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
0	1	0	1	= 0
1	0	1	0	= 1
1	1	undefined	undefined	Không xác định



# Timing chart

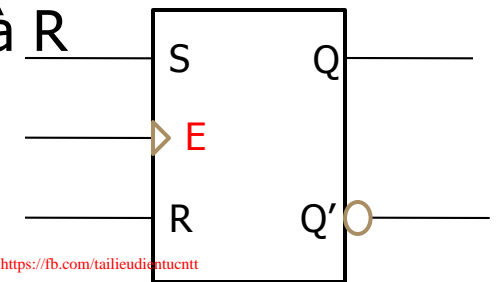
68



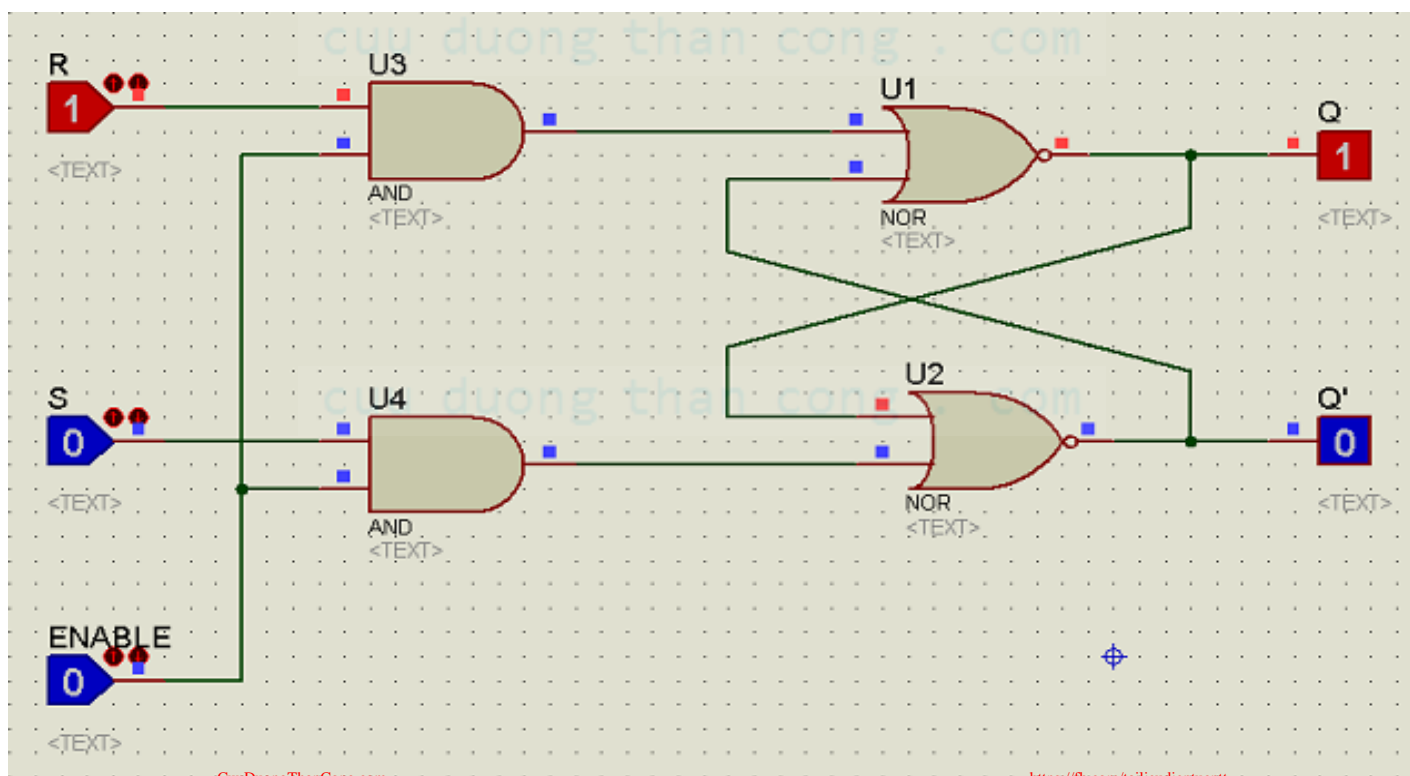
# RS Flip-Flop

69

- Dùng thêm 1 tín hiệu ngõ vào kích hoạt “Enabled” (thường là tín hiệu xung đồng hồ Clock - C) để điều khiển mạch
    - **Enabled = 1 (Positive Clock Edge):** mạch hoạt động như mạch lật RS Latch
    - **Enabled = 0 (Negative Clock Edge):** mạch bị vô hiệu hoá,  
→ Q giữ nguyên giá trị →  $Q(t+1) = Q(t)$
- Chỉ khi tín hiệu Enabled đổi từ 0 sang 1 (positive edge triggered), ngõ ra mới có thể bị ảnh hưởng, nếu không thì không thể thay đổi bất chấp giá trị của S và R

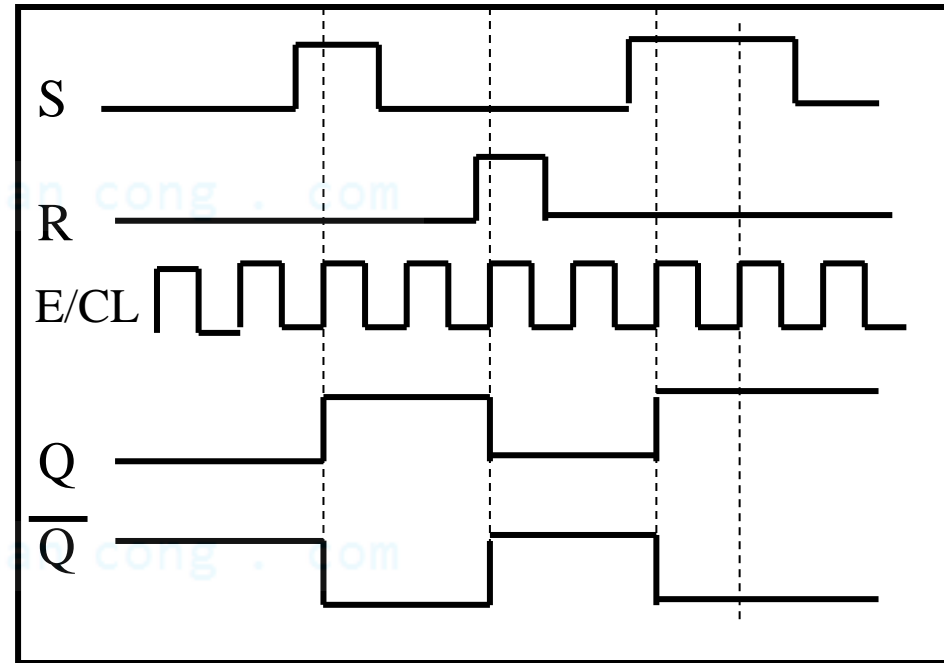
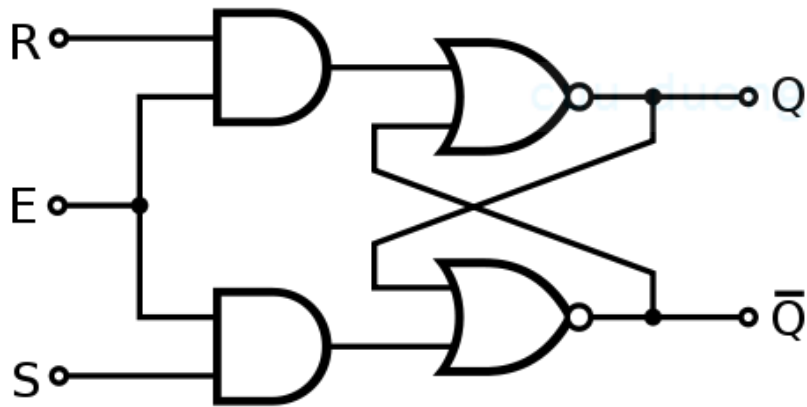


E	S	R	$Q = Q(t+1)$	$Q'$	Ý nghĩa
0	x	x	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
1	0	0	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
1	0	1	0	1	= 0
1	1	0	1	0	= 1
1	1	1	undefined	undefined	Không xác định



# Timing chart

71



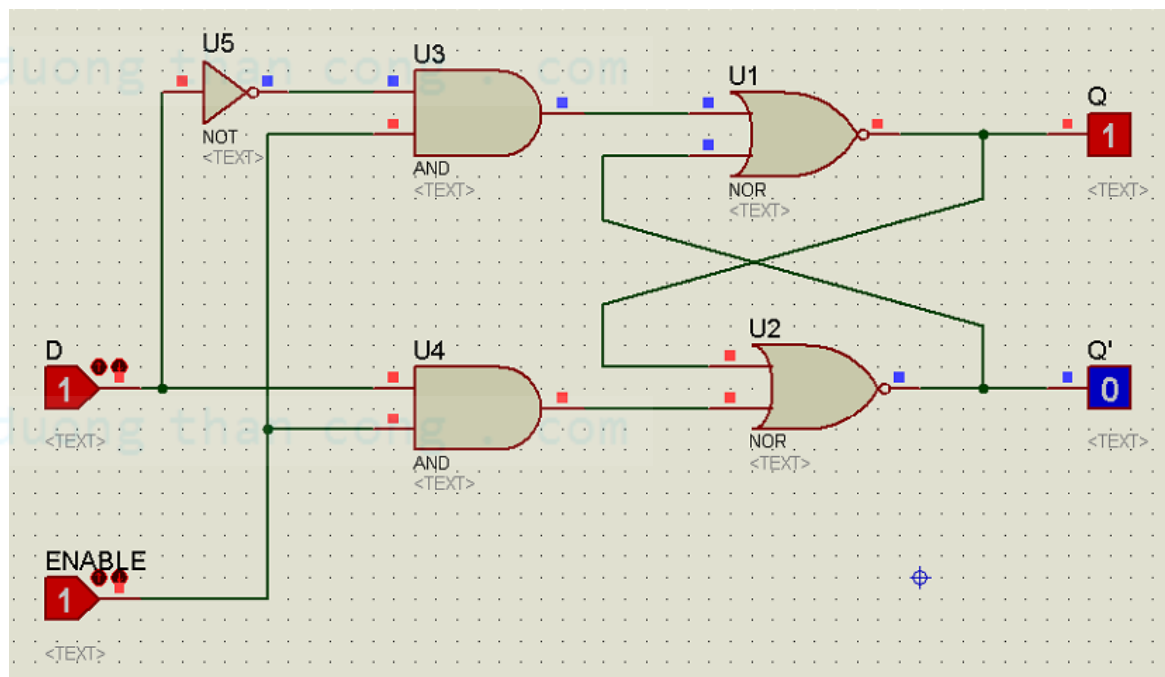
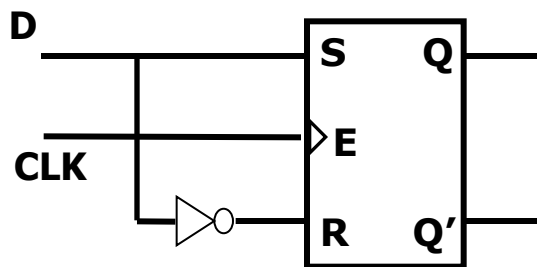
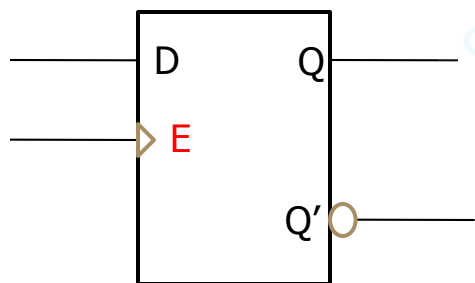
# D (Data) Flip-Flop

72

- Để tránh trường hợp  $R = S = 1$  trong RS Flip-Flop, trong mạch lật D Flip-Flop ta chỉ dùng **1 ngõ vào D** nhưng tách ra 2 tín hiệu, 1 trong 2 tín hiệu sẽ đi qua cổng NOT để tạo tín hiệu đảo của D
- Không bao giờ xảy ra trường hợp 2 tín hiệu vào mạch đều bằng 1
- Nhưng bên cạnh đó cũng không bao giờ xảy ra 2 tín hiệu vào mạch đều bằng 0 ☹️
- Ta không thể giữ nguyên trạng thái tín hiệu ngõ ra  $Q(t + 1) = Q(t)$
- ***Để khắc phục ta sẽ dùng tín hiệu xung đồng hồ để vô hiệu hoá mạch khi cần, lúc đó trạng thái tín hiệu ngõ ra sẽ không đổi***

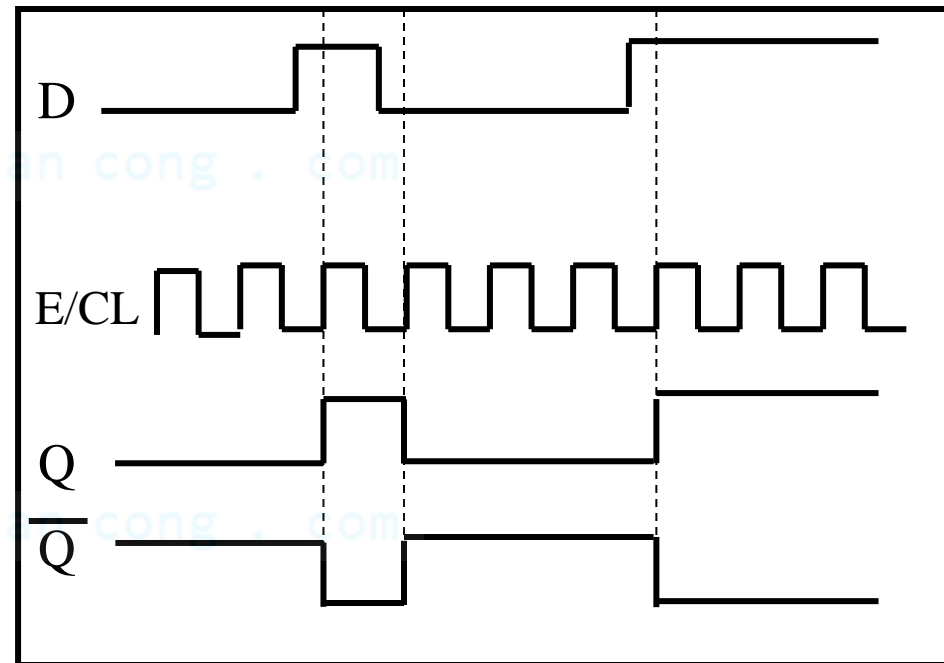
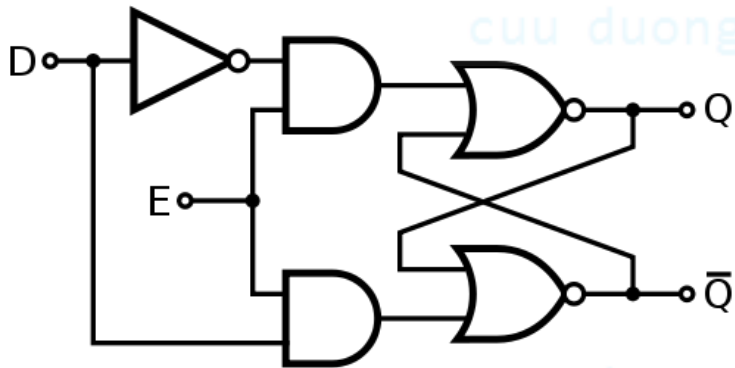


E	D	$Q = Q(t+1)$	$Q'$	Ý nghĩa
0	x	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
1	0	0	1	= 0
1	1	1	0	= 1



# Timing chart

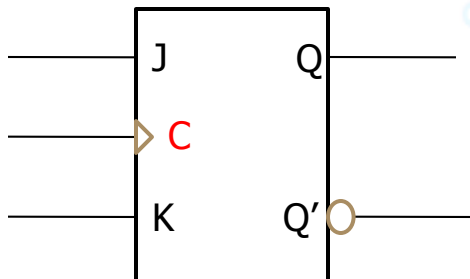
74



# JK Flip-Flop

75

- Là 1 cải tiến của mạch RS Flip-Flop đối với trường hợp  $R = S = 1$
- Nguyên tắc:
  - $J = S$
  - $K = R$
  - Nếu  $J = K = 1$  thì khi đó với 1 chuyển tiếp của tín hiệu xung đồng hồ sẽ chuyển tín hiệu ngõ ra Q sang trạng thái bù Q'

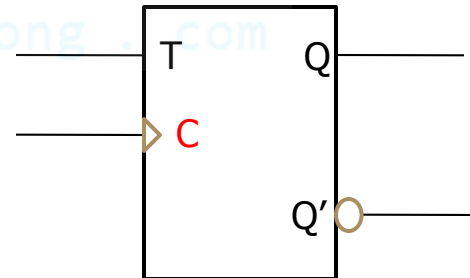


J	K	$Q = Q(t+1)$	$Q'$	Ý nghĩa
0	0	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
0	1	0	1	= 0
1	0	1	0	= 1
1	1	$Q'(t)$	$Q(t)$	Đảo bit

# Mạch lật T

76

- Xuất phát từ mạch JK Flip-Flop với sự kết hợp 2 ngõ vào J, K thành duy nhất 1 ngõ vào T ( $T = J = K$ )



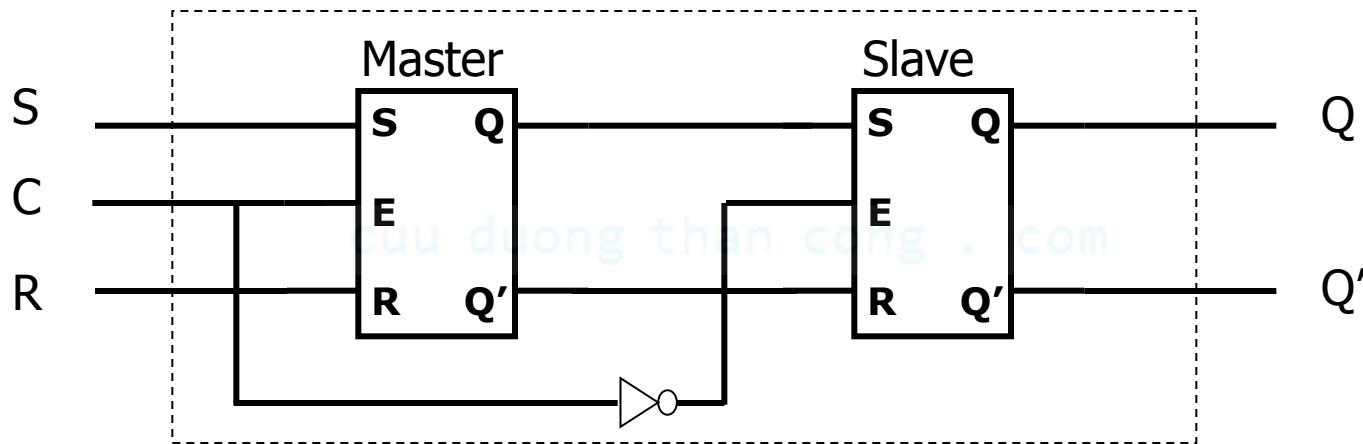
- $T = 0: Q(t + 1) = Q(t)$
- $T = 1: Q(t + 1) = (Q(t))'$

T	$Q = Q(t+1)$	$Q'$	Ý nghĩa
0	$Q(t)$	$(Q(t))'$	Không đổi
1	$(Q(t))'$	$Q(t)$	Đảo bit

# Master-Slave Flip-Flop

77

- Bao gồm 2 bản mạch flip-flop tuần tự nối với nhau (master – slave)
- Tín hiệu ngõ ra Q phụ thuộc vào giá trị của những ngõ vào tại những chuyển tiếp lề âm / dương của xung đồng hồ (clock edge)
- Master flip-flop (trước) thay đổi → Slave flip-flop (sau) thay đổi

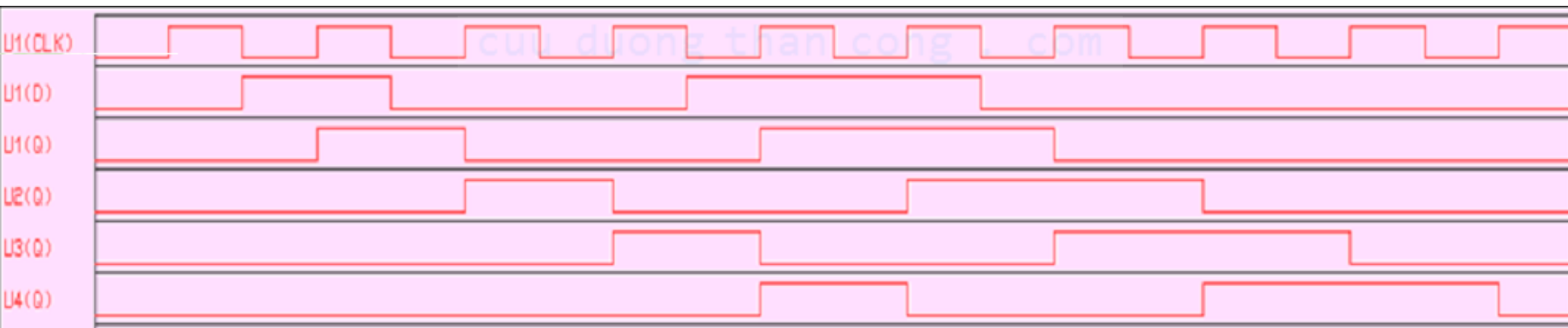
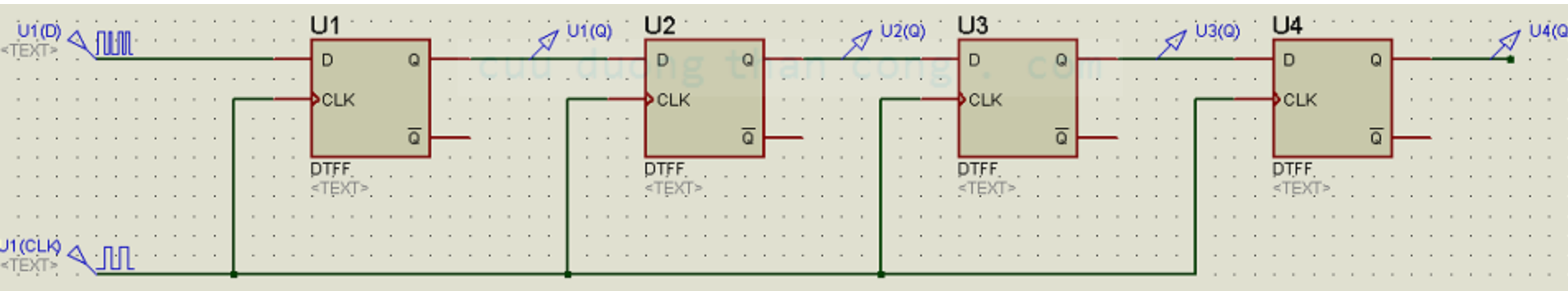


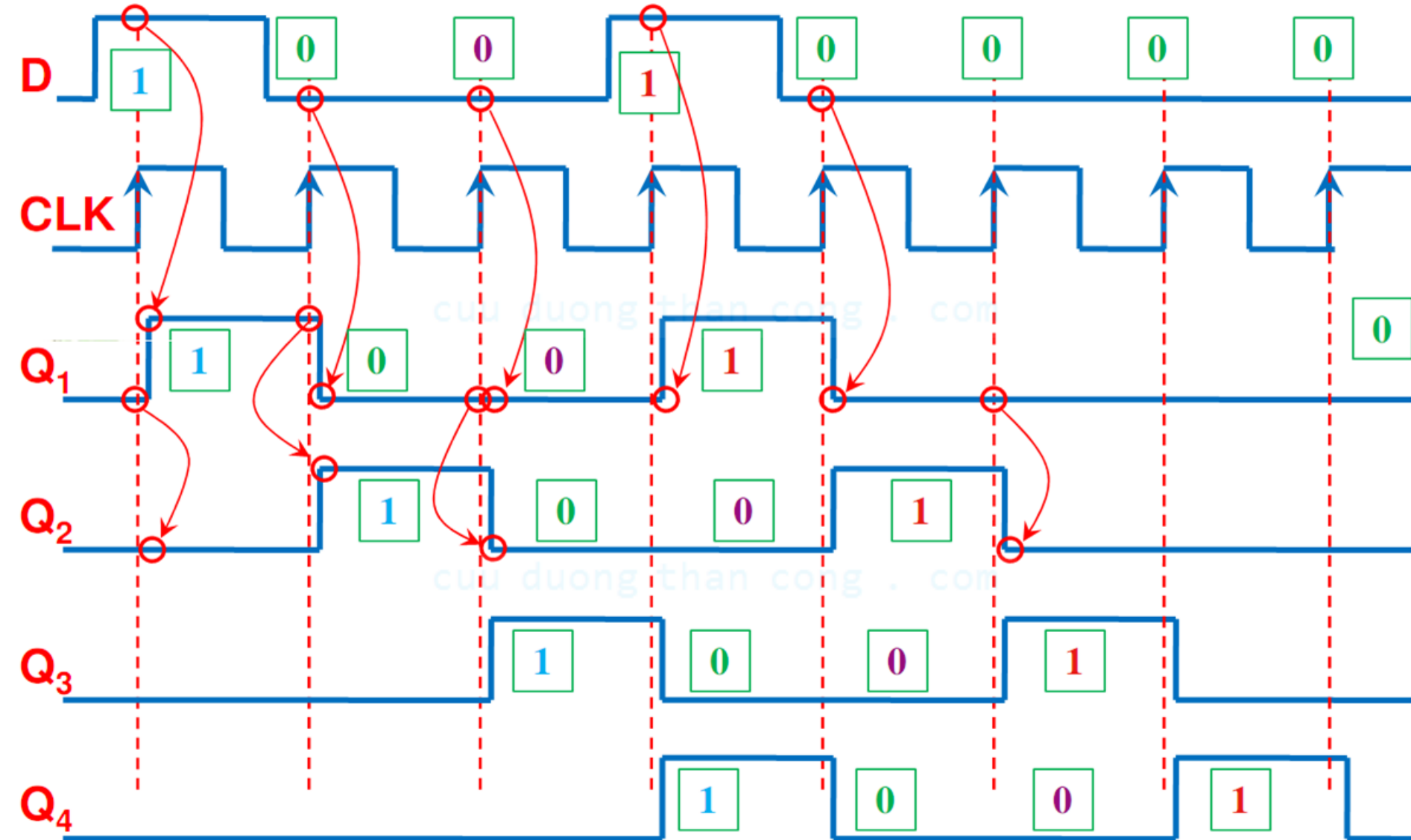
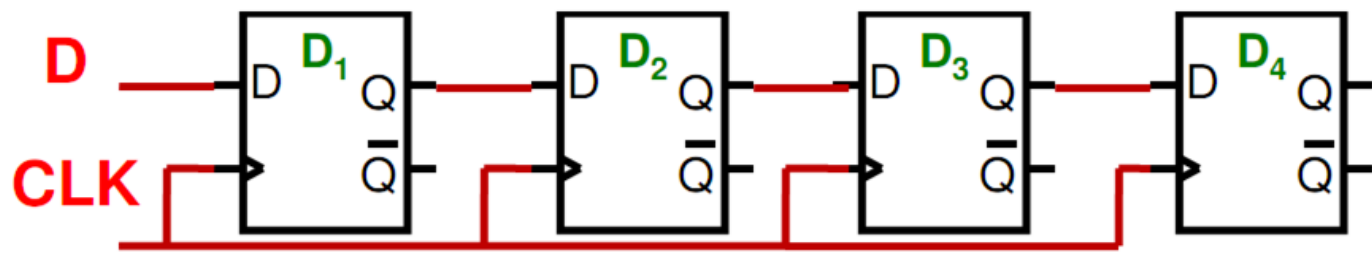
Master works when  $C=1$   
Slave works when  $C=0$

# Thanh ghi dịch (Shift Register)

78

- Thanh ghi dịch 4 bit
- $U1(D) = 01001100... \rightarrow U4(Q) = 00000100...$

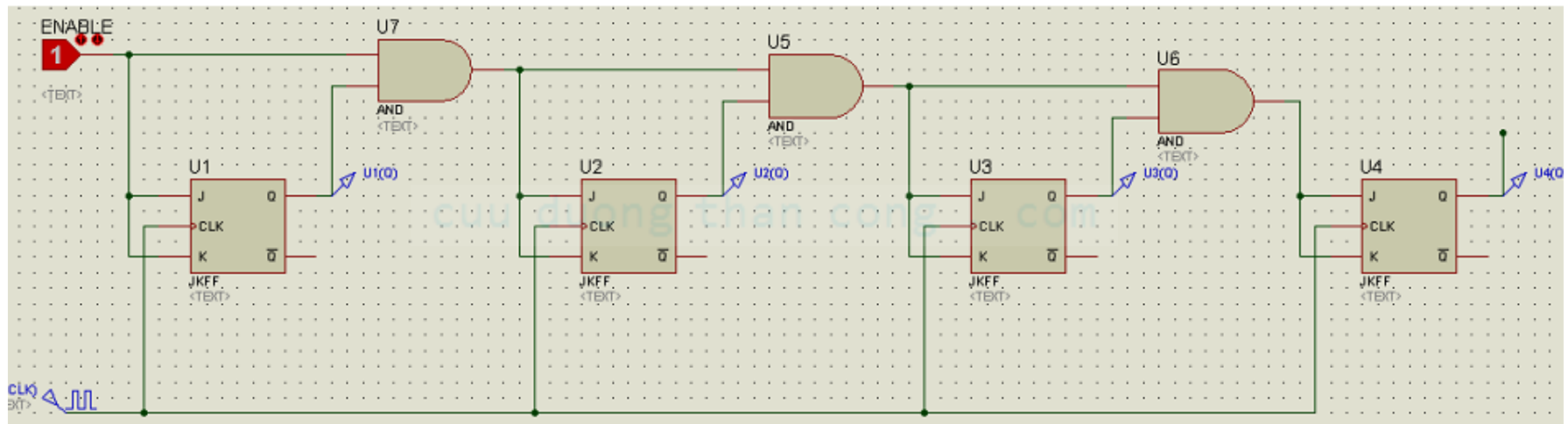




# Bộ đếm (Counter)

80

- Mạch đếm đồng bộ nhị phân 4 bit ( $0 \rightarrow 15$ )





Số xung vào	Ngõ ra sau khi có xung vào				Trị thập phân ra
81	Q3	Q2	Q1	Q0	
Xoá	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	0	2
3	0	0	1	1	3
4	0	1	0	0	4
5	0	1	0	1	5
6	0	1	1	0	6
7	0	1	1	1	7
8	1	0	0	0	8
9	1	0	0	1	9
10	1	0	1	0	10
11	1	0	1	1	11
12	1	1	0	0	12
13	1	1	0	1	13
14	1	1	1	0	14
15	1	1	1	1	15
16	0	0	0	0	0
17	0	0	0	1	1

Ck    —

Q<sub>0</sub>    0

Q<sub>1</sub>    0

Q<sub>2</sub>    0

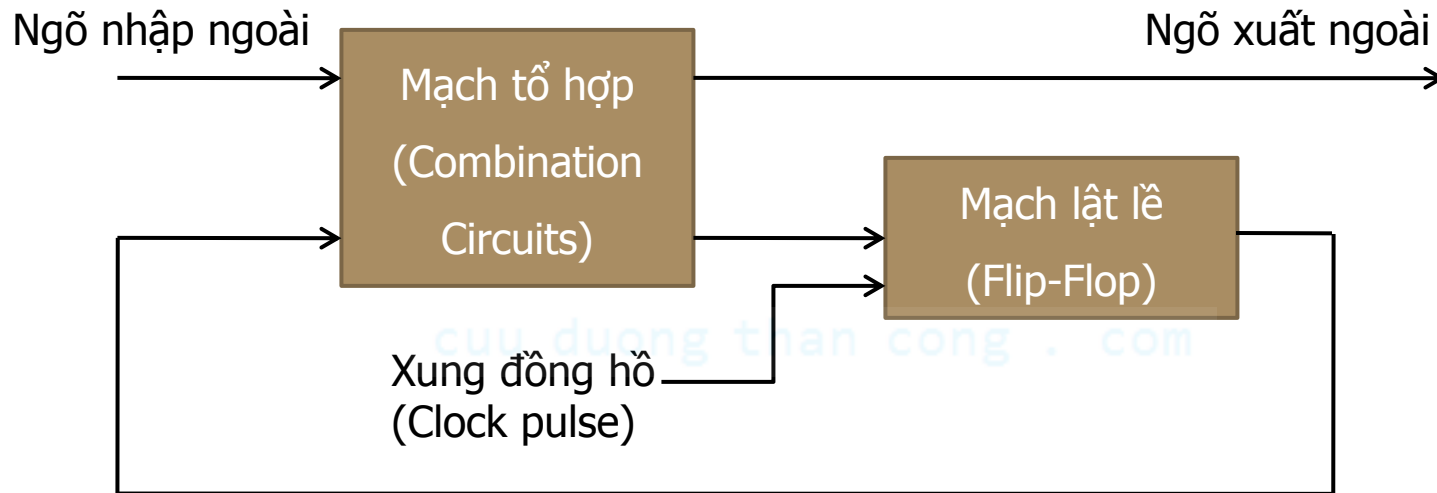
Q<sub>3</sub>    0

↑0

Xoá

# Mạch tuần tự đồng bộ

82

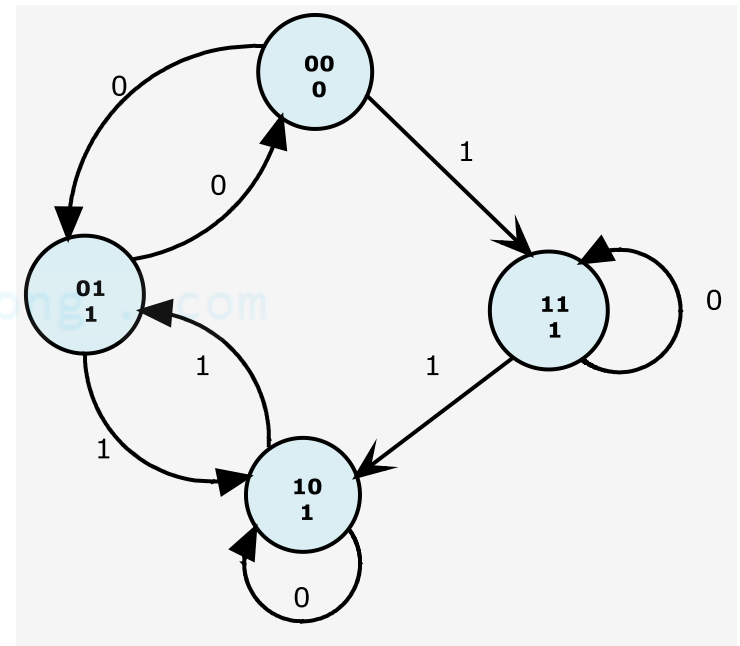
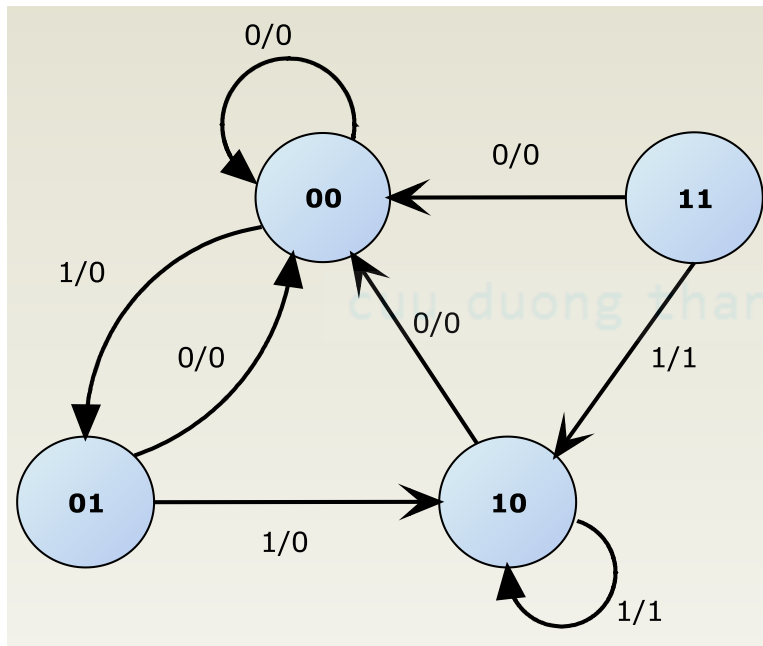


- Mạch tuần tự được xác định bởi:
  - Các ngõ nhập ngoài
  - Các ngõ xuất ngoài
  - Trạng thái nhị phân của mạch lật
- Trạng thái kế của mạch lật =  $F(\text{Trạng thái hiện tại}, \text{Các ngõ nhập ngoài})$
- **Thiết kế mạch tuần tự → Xác định dạng mạch lật và các Input của chúng**

# Thiết kế mạch tuần tự – Bước 1

83

- Đầu tiên phải **xác định dùng dạng mạch lật gì** (RS / JK / D / T)
- Lập **lược đồ các trạng thái** mạch lật dựa trên đặc tả mạch ban đầu
- Có 2 cách biểu diễn



# (Bước 1 – tiếp tục)

84

- Thay vì dùng lược đồ trạng thái, ta cũng có thể lập **bảng trạng thái** mạch lật

Trạng thái hiện tại $Q(t)$			Giá trị ngõ nhập ngoài	Trạng thái kế $Q(t + 1)$		
Ngõ xuất mạch lật 1	...	Ngõ xuất mạch lật n	x	Ngõ xuất mạch lật 1	...	Ngõ xuất mạch lật n

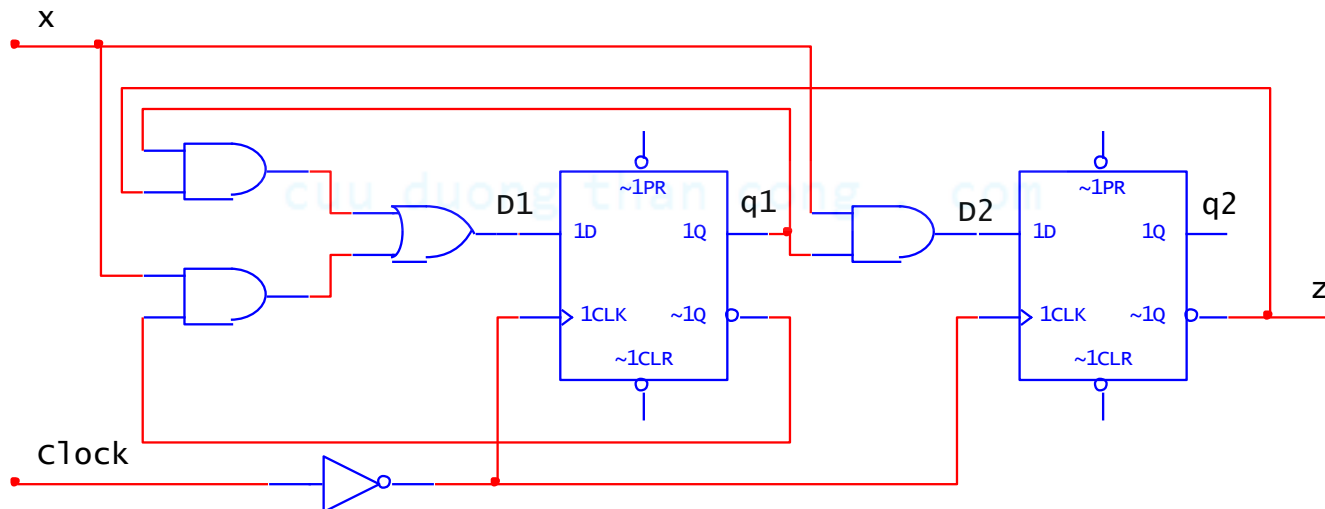
- Trạng thái kế của mạch lật: Dựa trên mô tả đề bài

# Thiết kế mạch tuần tự – Bước 2

85

## □ Lập **bảng kích thích**

- Nhiệm vụ là phải xác định được **làm thế nào để có được ngõ nhập vào mạch lật từ ngõ nhập ngoài x**
- Lưu ý ngõ nhập vào mạch lật  $\neq$  ngõ nhập ngoài
  - Ví dụ:  $x \neq D1, D2$



# Bảng kích thích

86

Mạch lật RS / SR

Q(t)	Q(t+1)	S	R
0	0	0	x
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	x	0

Mạch lật JK

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	x
0	1	1	x
1	0	x	1
1	1	x	0

Mạch lật D

Q(t)	Q(t+1)	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Mạch lật T

Q(t)	Q(t+1)	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# Thiết kế mạch tuần tự – Bước 3

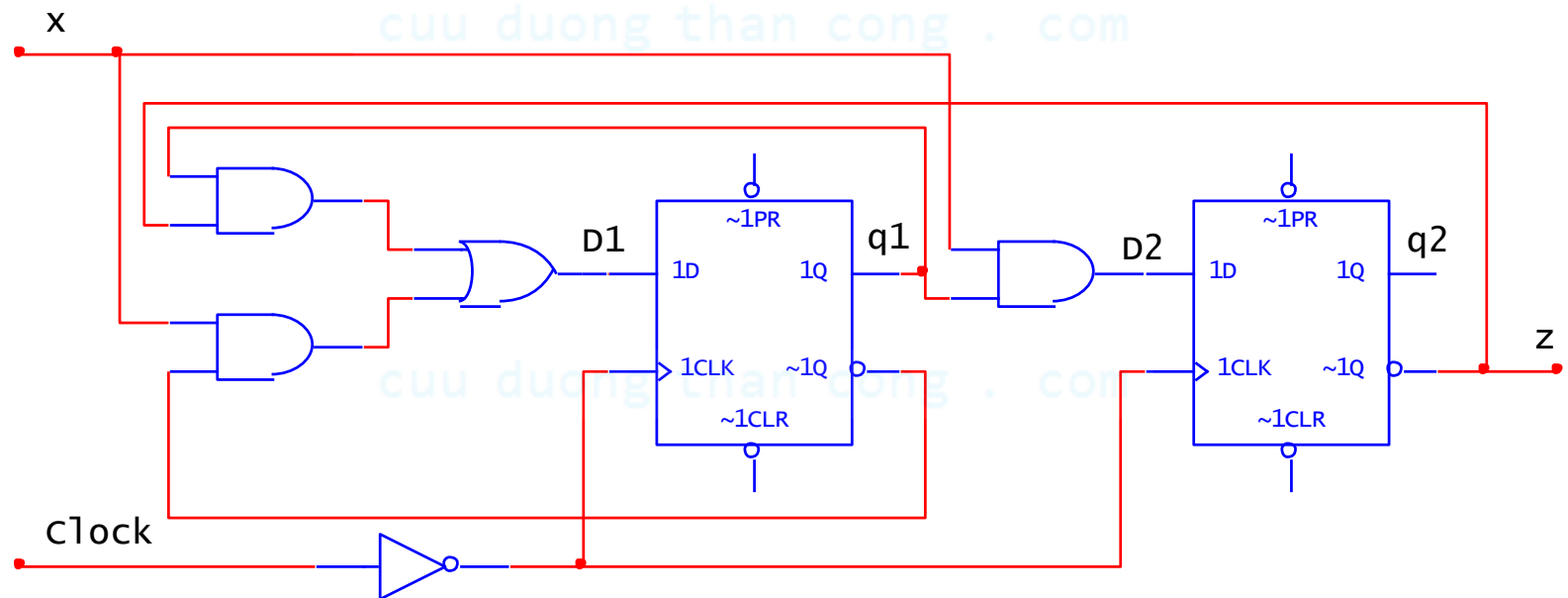
87

- Tìm phương trình đại số xác định ngõ nhập mạch lật từ bảng kích thích (Hàm ngược)
  - Có  $n$  mạch lật  $\rightarrow n$  ngõ ra mạch lật  $A_1 \dots A_n$
  - Suy ra phương trình ngõ nhập mạch lật có  $n + 1$  biến bao gồm:
    - $n$  biến  $A_1 \dots A_n$
    - 1 biến  $x$  (ngõ nhập ngoài)
  - Dùng biểu đồ Karnaugh + bảng kích thích để xác định phương trình hàm ngõ nhập mạch lật

# Thiết kế mạch tuần tự – Bước 4

88

- Vẽ sơ đồ mạch dựa trên phương trình hàm ngõ nhập





# Bài tập minh họa

89

- Xem ví dụ minh họa tại giáo trình “Kiến trúc máy tính” – Thầy Nguyễn Minh Tuấn, trang 42-45

cuu duong than cong . com

cuu duong than cong . com

# Một số bài tập thiết kế mạch

## Bài 1 – Digital Clock v.1

90

- Thiết kế đồng hồ với mặt số thể hiện các số từ 0 đến 7 và 2 nút bấm A, B. Nếu bấm nút A, số thể hiện tăng lên 1. Nếu bấm nút B, số thể hiện giảm đi 1
- Cần: Adder, MUX

# Một số bài tập thiết kế mạch

## Bài 2 – Digital Clock v.2

91

- Thiết kế đồng hồ bấm giây với mặt số thể hiện các số từ 00 đến 63 và 2 nút bấm A, B. Bấm nút A để start / stop. Khi đồng hồ đang ở trạng thái stop, bấm nút B sẽ xóa về 0
- Cần: Counter, MUX

# Một số bài tập thiết kế mạch

## Bài 3 – Digital Clock v.3

92

- Thiết kế đồng hồ bấm giây với mặt số thể hiện các số từ 00 đến 63 và 3 nút bấm A, B, C.  
Bấm nút A để start / stop. Khi đồng hồ đang ở trạng thái stop, bấm nút B sẽ tăng lên 1, bấm nút C sẽ giảm đi 1, bấm đồng thời B và C sẽ xoá về 00