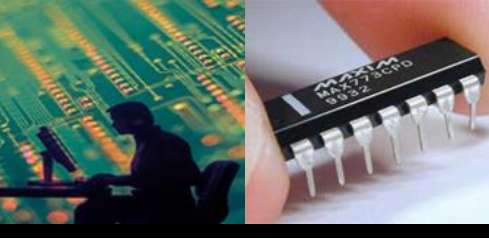


# ĐIỆN TỬ SỐ

## Digital Electronics

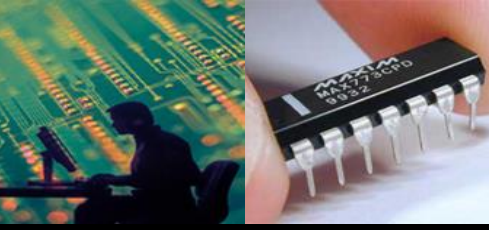
Bộ môn Kỹ thuật vi xử lý  
Khoa Vô tuyến điện tử  
Học viện kỹ thuật quân sự



## **CHƯƠNG 5 (tiếp)** **TỔNG HỢP VÀ PHÂN TÍCH MẠCH LOGIC TUẦN TỰ**

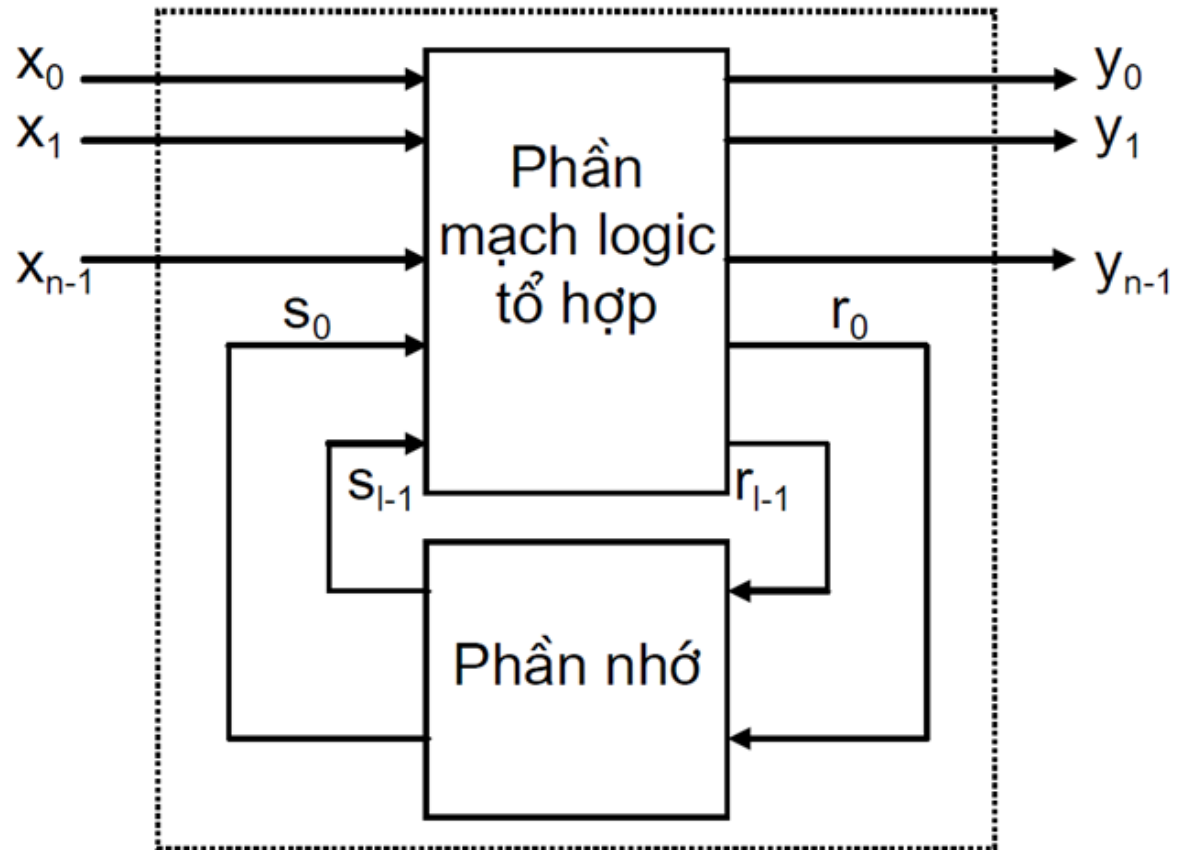
Bộ môn Kỹ thuật Vi xử lý, Khoa Vô tuyến Điện tử  
Học viện Kỹ thuật Quân sự



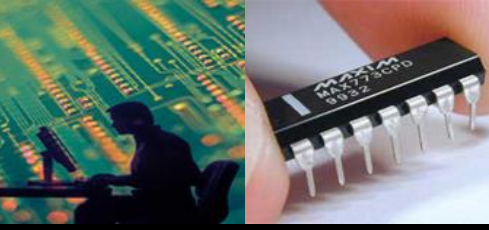


# Tổng hợp mạch tuần tự

Mô hình kỹ thuật  
của mạch tuần tự:

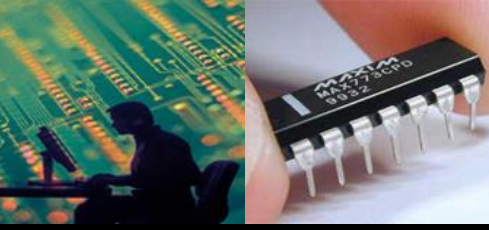


Sơ đồ khối mạch dãy



# Hệ phương trình đặc trưng của mạch tuần tự

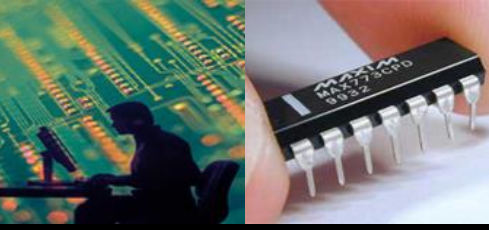
$$\left\{ \begin{array}{l} y_0 = f_0(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \\ y_1 = f_1(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \\ \dots \dots \\ y_{m-1} = f_{m-1}(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \end{array} \right\} \quad \text{Hệ phương trình hàm ra}$$
$$\left\{ \begin{array}{l} r_0 = \varphi_0(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \\ r_1 = \varphi_1(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \\ \dots \dots \\ r_{l-1} = \varphi_{l-1}(x_0, x_1, \dots, x_{n-1}, s_0, s_1, \dots, s_{l-1}) \end{array} \right\} \quad \text{Hệ phương trình hàm kích}$$



# Các bước tổng hợp mạch tuần tự

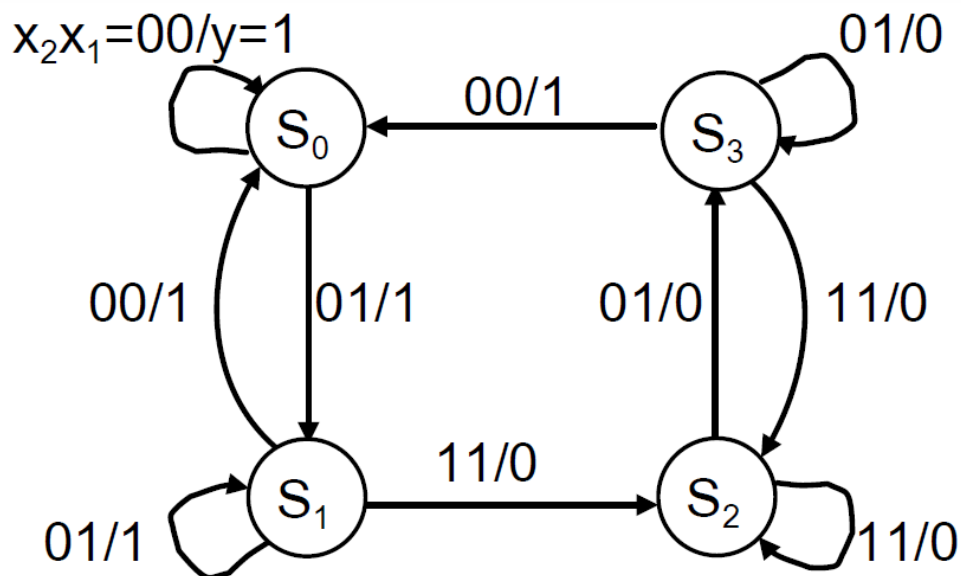
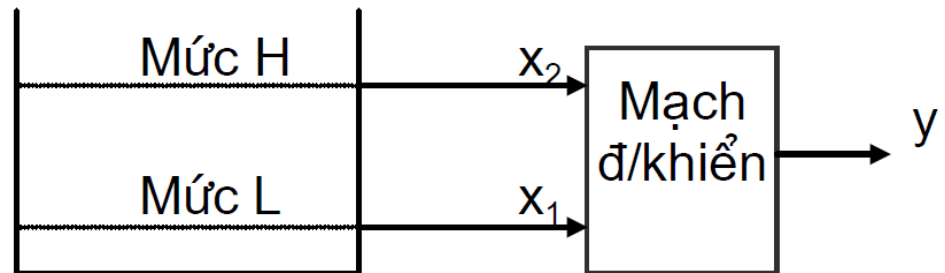
- Bước 1. Phân tích bài toán
- Bước 2. Mô hình hoá
- Bước 3. Tối thiểu trạng thái
- Bước 4. Mã hoá trạng thái
- Bước 5. Xây dựng hệ phương trình hàm kích và hàm ra
- Bước 6. Biến đổi đại số
- Bước 7. Xây dựng sơ đồ mạch điện



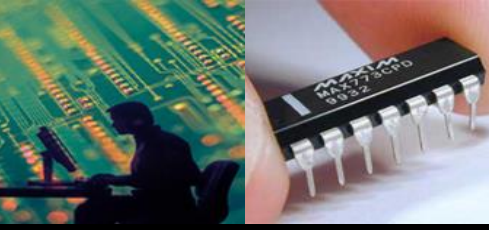


# Mô hình hoá

- Ví dụ. Mạch điều khiển hệ thống cấp nguồn cho máy bơm nước lên bể cao tầng.



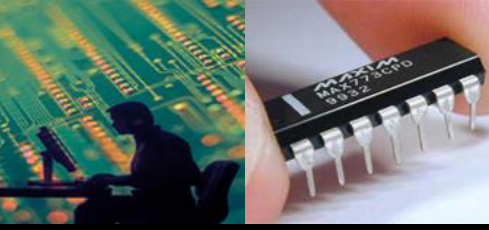
- Đầu ra sensor = 1 khi ngập nước
- $y = 1$ : cấp điện máy bơm



# Tối thiểu trạng thái

## Nguyên lý tối thiểu:

- Tương tự như tối thiểu hàm logic, để xét nguyên lý tối thiểu, ta xét đồng thời nguyên lý đơn giản và tối thiểu.
- Đơn giản trạng thái trong của một mạch tuần tự là thay thế mạch tuần tự đó bằng một mạch dãy khác có số trạng thái trong ít hơn, nhưng vẫn đảm bảo chức năng của mạch dãy đã cho.
- Còn tối thiểu trạng thái trong của một mạch tuần tự là thay thế mạch tuần tự đó bằng một mạch dãy khác có số trạng thái trong là ít nhất, nhưng vẫn đảm bảo chức năng của mạch dãy đã cho.



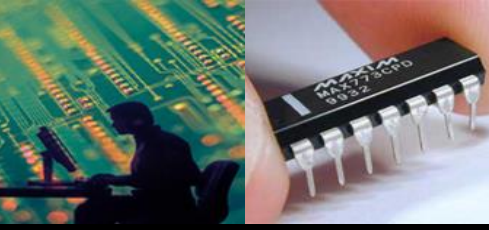
# Định nghĩa về trạng thái tương đương

**Định nghĩa 1** (hai trạng thái tương đương): Hai trạng thái  $S_i$  và  $S_j$  là hai trạng thái của một mạch tuần tự, được gọi là tương đương ( $S_i \sim S_j$ ) khi và chỉ khi nếu lấy  $S_i$  và  $S_j$  là hai trạng thái ban đầu thì với tác động của cùng một tổ hợp tín hiệu vào bất kỳ của mạch, mạch phải luôn luôn cho:

- Tổ hợp các tín hiệu ra phải giống nhau.
- Hai trạng thái chuyển biến đến đều phải là hoặc giống nhau, hoặc tương đương nhau, hoặc thuộc hai trạng thái đang xét tương đương.



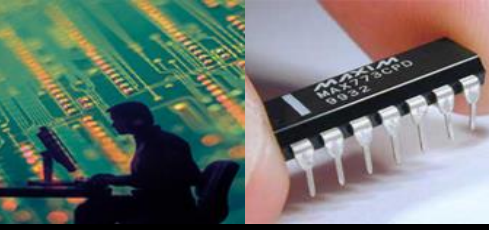




## Định nghĩa 2. Nhóm các trạng thái tương đương

- Một nhóm các trạng thái  $S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}$  là một nhóm các trạng thái của một mạch tuần tự, được gọi là tương đương nếu lấy chúng là các trạng thái ban đầu thì dưới tác động của cùng một tổ hợp tín hiệu vào bất kỳ của mạch, mạch phải luôn luôn cho:
  - Tổ hợp các tín hiệu ra phải giống nhau.
  - Các trạng thái được chuyển biến đến đều phải là hoặc giống nhau hoặc tương đương hoặc thuộc nhóm các trạng thái đang xét.



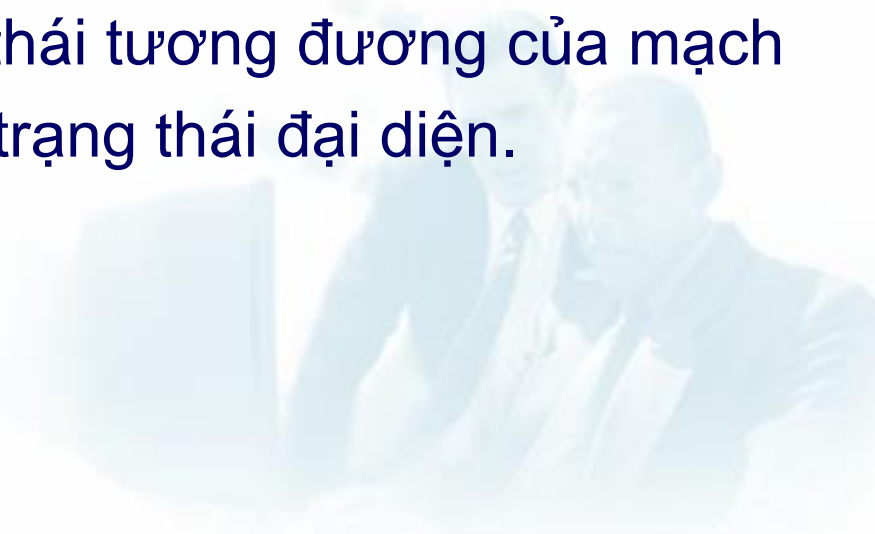


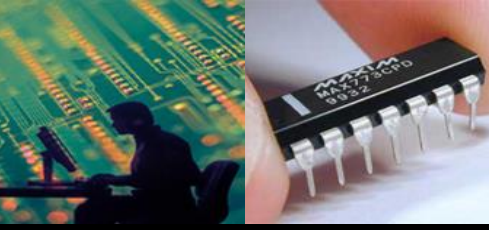
# Quy tắc Caldwell

- Thay một nhóm các trạng thái tương đương của một mạch tuần tự bằng một trạng thái đại diện → không làm thay đổi chức năng của mạch.



- Tối thiểu trạng thái trong của một mạch tuần tự:
  - + Xác định các nhóm các trạng thái tương đương của mạch
  - + Thay thế mỗi nhóm bằng một trạng thái đại diện.



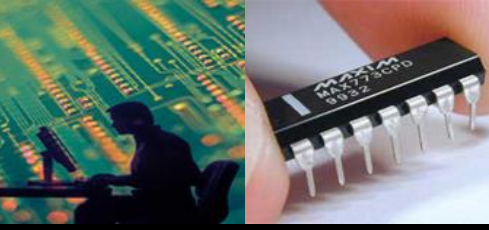


# Phương pháp tối thiểu TT của Caldwell

- Với các hàng có sự chuyển đổi trạng thái ở tất cả các cột thì được thay bằng một hàng (một trạng thái tương đương đặc trưng) nếu thoả mãn các điều kiện:
  - Các tổ hợp tín hiệu ra phải là như nhau trên cùng một cột
  - Các trạng thái ở trong cùng một cột phải là hoặc như nhau, hoặc tương đương, hoặc thuộc nhóm dạng xét.
- Thay thế các trạng thái tương đương để được bảng mới và thực hiện cho đến khi không tối thiểu được nữa.



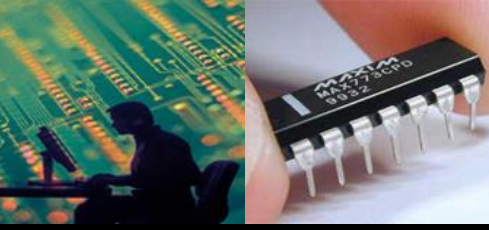
Chỉ được sử dụng với những mạch dãy có số trạng thái ít.



# Phương pháp phân hoạch

Phân hoạch dần từng nhóm có khả năng tương đương và loại dần các trạng thái không tương đương.

- Phân thành từng nhóm các trạng thái có tập các tổ hợp tín hiệu ra là như nhau (thoả mãn điều kiện 1).
- Trong các nhóm này loại dần những trạng thái không có khả năng tương đương cho đến khi xác định được các nhóm các trạng thái tương đương.
- Thay thế nhóm trạng thái tương đương bằng một trạng thái, ta thiết lập được bảng trạng thái tối thiểu.



# Ví dụ tối thiểu trạng thái

Chia thành hai nhóm có các tổ hợp tín hiệu ra như nhau là:

$(S_0, S_2, S_5, S_7)$  và  $(S_1, S_3, S_4, S_6)$ .

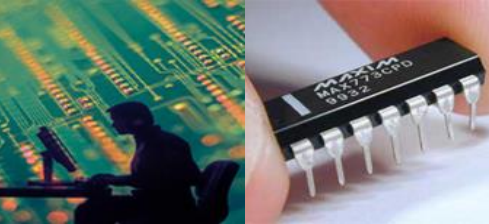
3 nhóm:

$(S_0, S_2, S_5, S_7)$ ,  $(S_1)$  và  $(S_3, S_4, S_6)$

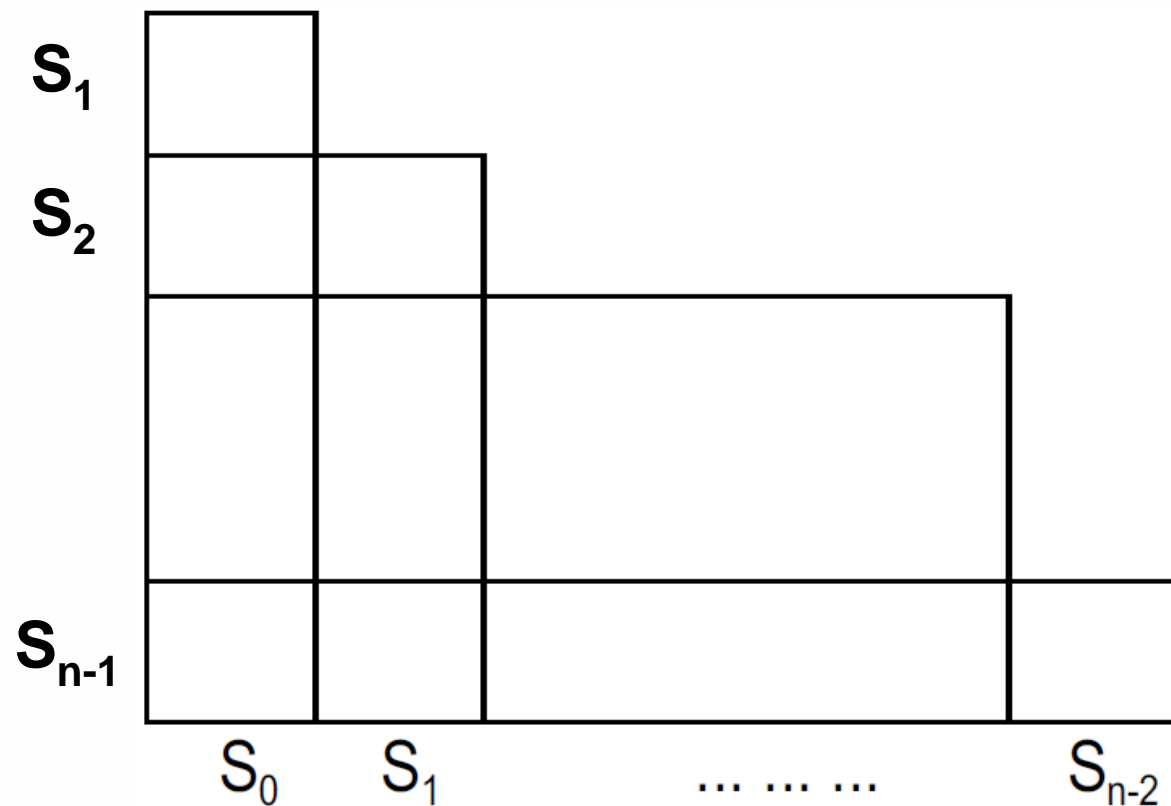
Cuối cùng:

$(S_0, S_2, S_5, S_7)$ ,  $(S_1)$ ,  $(S_3)$ ,  $(S_4)$  và  $(S_6)$

Trạng thái hiện tại	Trạng thái tiếp theo	
	$x = 0$	$x = 1$
$S_0$	$S_0 / z=0$	$S_2 / z=0$
$S_1$	$S_3 / z=1$	$S_0 / z=0$
$S_2$	$S_5 / z=0$	$S_5 / z=0$
$S_3$	$S_4 / z=1$	$S_1 / z=0$
$S_4$	$S_6 / z=1$	$S_6 / z=0$
$S_5$	$S_2 / z=0$	$S_2 / z=0$
$S_6$	$S_1 / z=1$	$S_7 / z=0$
$S_7$	$S_7 / z=0$	$S_2 / z=0$



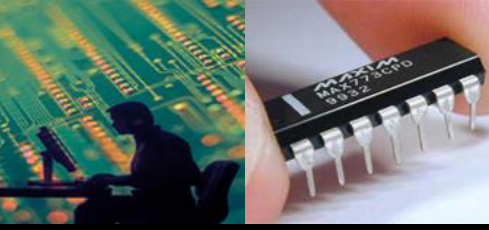
# Bảng kéo theo



Trạng thái hiện tại	Trạng thái tiếp theo	
	$x = 0$	$x = 1$
$S_0$	$S_0 / z=0$	$S_2 / z=0$
$S_1$	$S_3 / z=1$	$S_0 / z=0$
$S_2$	$S_5 / z=0$	$S_5 / z=0$
$S_3$	$S_4 / z=1$	$S_1 / z=0$
$S_4$	$S_6 / z=1$	$S_6 / z=0$
$S_5$	$S_2 / z=0$	$S_2 / z=0$
$S_6$	$S_1 / z=1$	$S_7 / z=0$
$S_7$	$S_7 / z=0$	$S_2 / z=0$

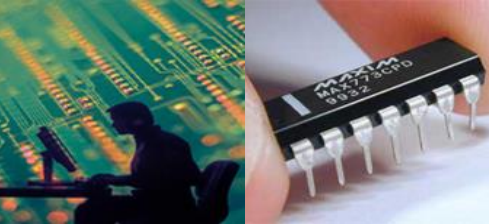
Bảng 7.4 Bảng cho ví dụ 1

$S_1$	x						
$S_2$	$S_0-S_5$ $S_2-S_5$	x					
$S_3$	x	x	x				
$S_4$	x	x	x	x			
$S_5$	$S_0-S_5$	x	v	x	x		
$S_6$	x	x	x	x	x	x	
$S_7$	v	x	$S_5-S_7$	x	x	$S_2-S_7$	x
	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$	$S_6$



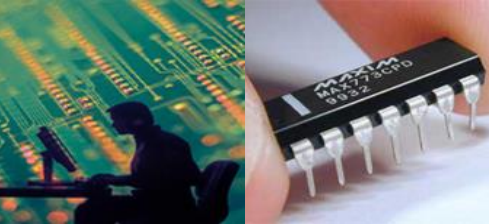
- Các trạng thái  $(S_1)$ ,  $(S_3)$ ,  $(S_4)$  và  $(S_6)$  không tương đương với bất kỳ một trạng thái nào trong mạch.
  - Các trạng thái còn lại của mạch  $(S_0, S_2, S_5, S_7)$  thoả mãn các điều kiện của một nhóm các trạng thái tương đương nên có thể thay bằng một trạng thái đại diện là  $S_{0257}$ .
- Các trạng thái của mạch tuần tự mới là:  
 $(S_{0257})$ ,  $(S_1)$ ,  $(S_3)$ ,  $(S_4)$  và  $(S_6)$





Tr.thá hiện tại	Trạng thái tiếp theo	
	$x = 0$	$x = 1$
$S_{0257}$	$S_{0257} / z=0$	$S_{0257} / z=0$
$S_1$	$S_3 / z=1$	$S_{0257} / z=0$
$S_3$	$S_4 / z=1$	$S_1 / z=0$
$S_4$	$S_6 / z=1$	$S_6 / z=0$
$S_6$	$S_1 / z=1$	$S_{0257} / z=0$

Bảng 7.6. Bảng trạng thái tối thiểu



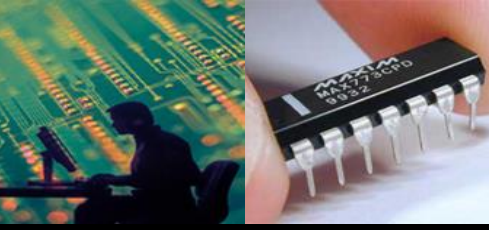
# Bài toán máy bơm nước

TT cũ	Trạng thái mới/y		
	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1
$S_0$	$S_0/ y=1$	$S_1/ y=1$	$(S_2/ y=0)$
$S_1$	$S_0/ y=1$	$S_1/ y=1$	$S_2/ y=0$
$S_2$	$(S_0/ y=1)$	$S_3/ y=0$	$S_2/ y=0$
$S_3$	$S_0/ y=1$	$S_3/ y=0$	$S_2/ y=0$

TT cũ	Trạng thái mới/y		
	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1
$S_{01}$	$S_{01}/ y=1$	$S_{01}/ y=1$	$S_{23}/ y=0$
$S_{23}$	$S_{01}/ y=1$	$S_{23}/ y=0$	$S_{23}/ y=0$

b) Bảng trạng thái tối thiểu

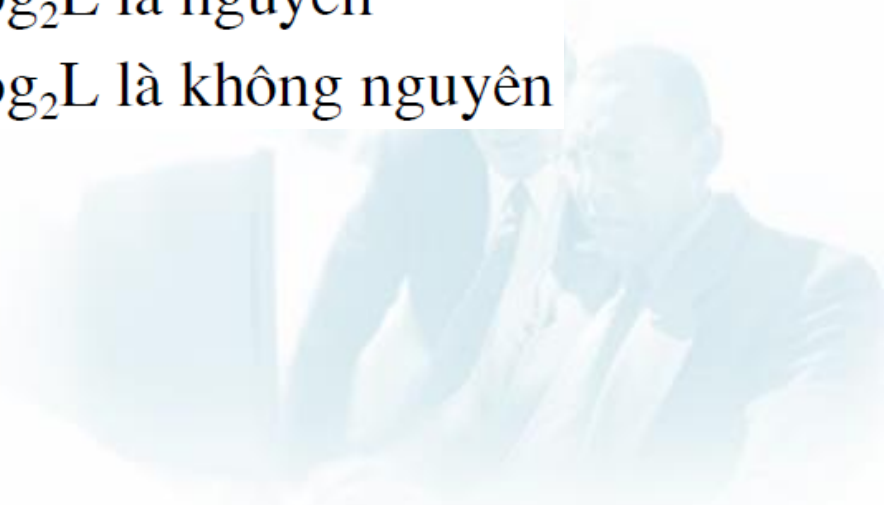


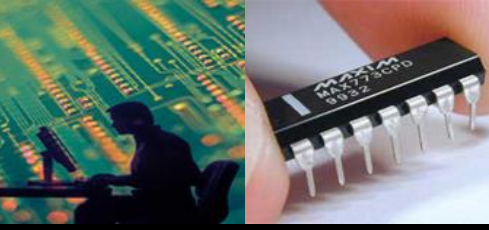


# Mã hoá trạng thái

- Thay thế các trạng thái bởi các từ mã trong một bộ mã cụ thể.
- Nếu một mạch dây có  $L$  trạng thái, thì số phần tử nhớ  $l$  ít nhất cần thiết để mã hoá trạng thái cho mạch sẽ phải là:

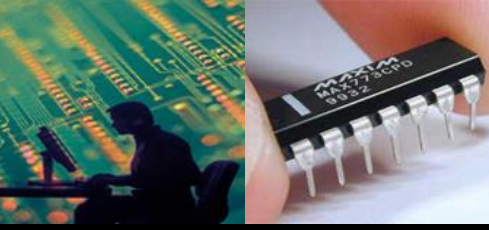
$$l = \begin{cases} \log_2 L & \text{nếu } \log_2 L \text{ là nguyên} \\ \lceil \log_2 L \rceil + 1 & \text{nếu } \log_2 L \text{ là không nguyên} \end{cases}$$





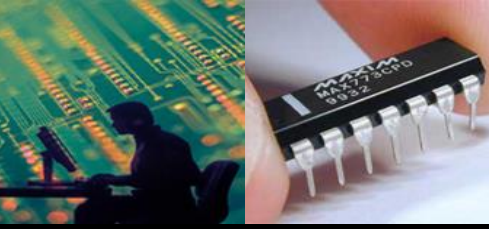
# Tranh chấp trạng thái và biện pháp loại trừ (đọc giáo trình)





# Xác định hàm ra và hàm kích

- **Xây dựng từ bảng:**
- Bước 1. Chọn loại FF dùng làm phần tử nhớ cho mạch, và tương ứng ta có bảng xác định giá trị đầu vào kích của FF đó
- Bước 2. Trên bảng chuyển trạng thái đã được mã hoá, xác định giá trị của các đầu vào kích của các FF làm phần tử nhớ ứng với các giá trị trạng thái cũ và mới.
- Bước 3. Cũng tương tự như bảng ra. Bảng các giá trị đầu vào kích cũng chính là bảng giá trị hàm trong mạch tổ hợp, ta tìm được hệ các hàm kích.



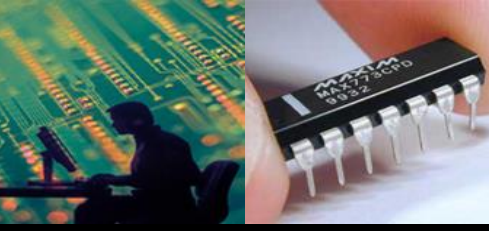
# Ví dụ: Mạch điều khiển máy bơm nước

$$y = \overline{x}_1 + \overline{x}_2 \cdot \overline{A}$$

- Chon FF-RS:

TT cũ	Trạng thái mới/y		
	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1
$S_{01}$	$S_{01}/ y=1$	$S_{01}/ y=1$	$S_{23}/ y=0$
$S_{23}$	$S_{01}/ y=1$	$S_{23}/ y=0$	$S_{23}/ y=0$

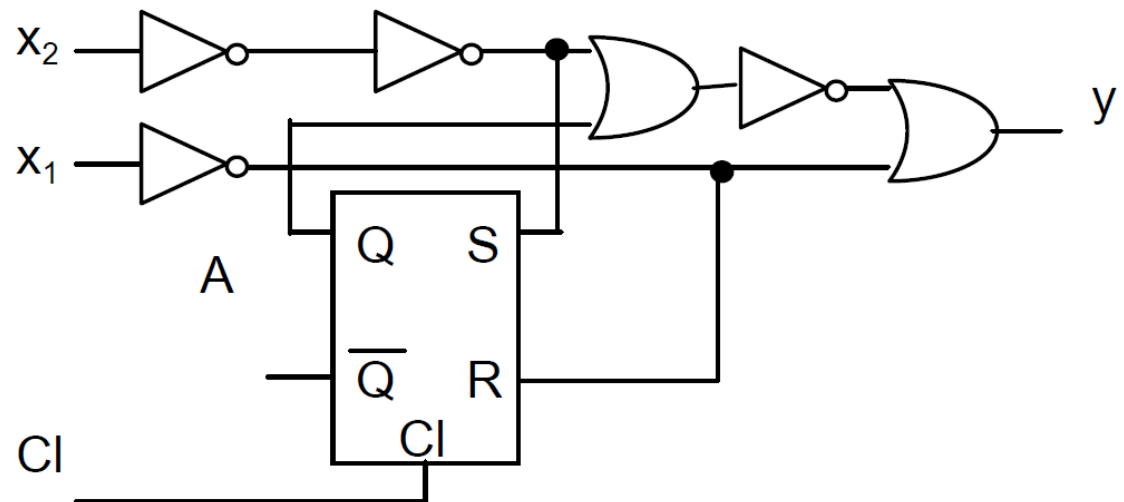
TT cũ A	Trạng thái mới A'			$S_A$			$R_A$		
	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1	$x_2x_1$ 0 0	$x_2x_1$ 0 1	$x_2x_1$ 1 1
0	0	0	1	0	0	1	x	x	0
1	0	1	1	0	x	x	1	0	0

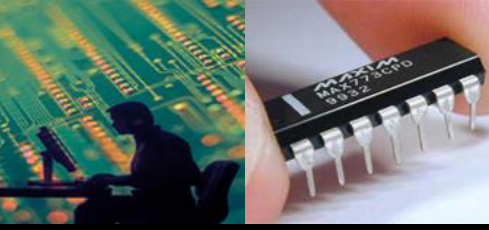


$$S_A = x_2$$

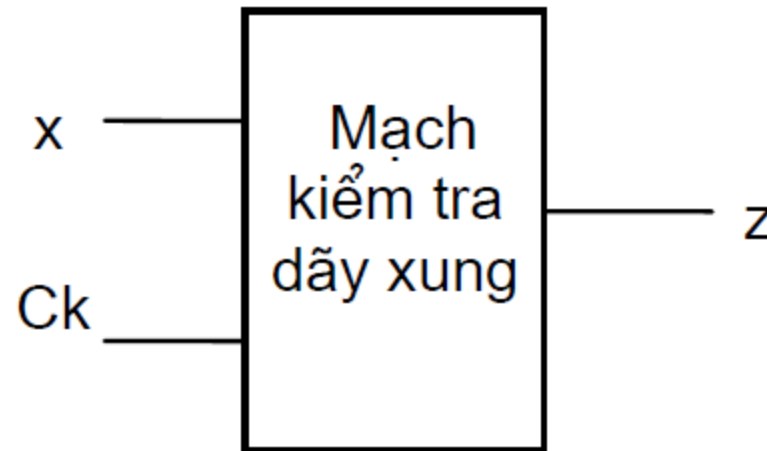
$$R_A = \overline{x_1}$$

$$y = \overline{x_1} + \overline{x_2} \cdot \overline{A} =$$
$$\Rightarrow y = \overline{x_1} + \overline{(x_2 + A)}$$

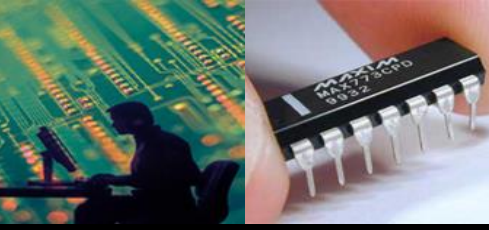




# Ví dụ: Trang 200 (giáo trình)



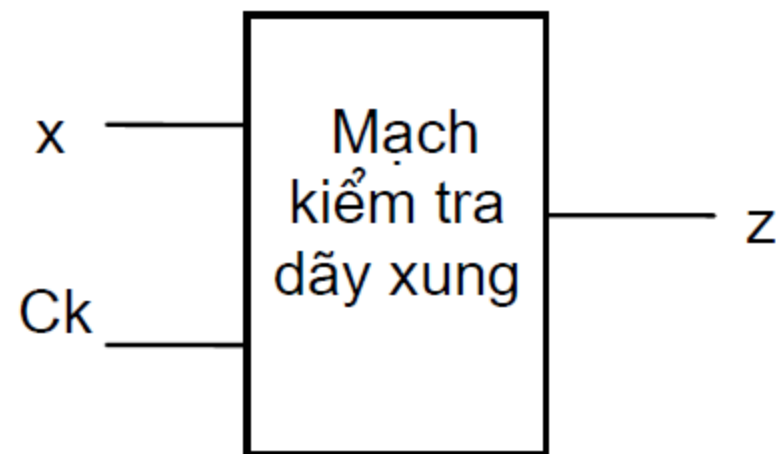


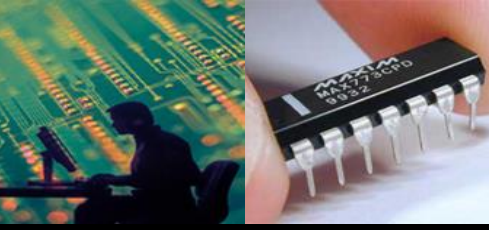


# Ví dụ tổng hợp mạch dây không đồng bộ (trang 202, 204 giáo trình)



- Thiết kế một mạch tuần tự đồng bộ để kiểm tra dãy tín hiệu vào ở dạng nhị phân có độ dài bằng 3 được đưa vào liên tiếp trên đầu vào x, đồng bộ với xung nhịp Ck. Nếu dãy 3 bit tín hiệu vào có dạng 010, 011, 110 hay 111 thì đầu ra  $z = 1$ , còn lại  $z = 0$ .





# Phân tích mạch tuần tự

- Bước 1. Phân tích sơ đồ

Trên sơ đồ mạch, xác định chức năng của các phần tử, mối liên hệ giữa các phần tử. Xác định số đầu vào, đầu ra đặc điểm của các đầu vào ra đó của mạch. Xác định số trạng thái trong có thể có của mạch từ số phần tử nhớ.

- Bước 2. Xây dựng các phương trình hàm ra và hàm kích

Việc xây dựng được các phương trình của hệ hàm ra và hàm kích được thực hiện trên phần mạch tổ hợp, nên việc thực hiện tương tự như khi phân tích mạch tổ hợp. Từ sơ đồ mạch ta viết được các phương trình hệ hàm ra và hàm kích.

- Bước 3. Lập bảng trạng thái và bảng ra của mạch

Từ hệ các phương trình hàm ra của mạch, ta xây dựng được bảng ra.

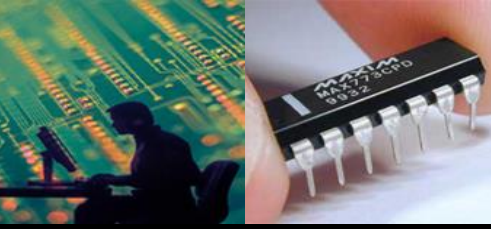
Từ hệ hàm kích và phương trình đặc trưng của FF được sử dụng làm phần tử nhớ trong mạch, thay thế các giá trị và rút ra được bảng trạng thái của mạch.

- Bước 4. Đồ hình trạng thái

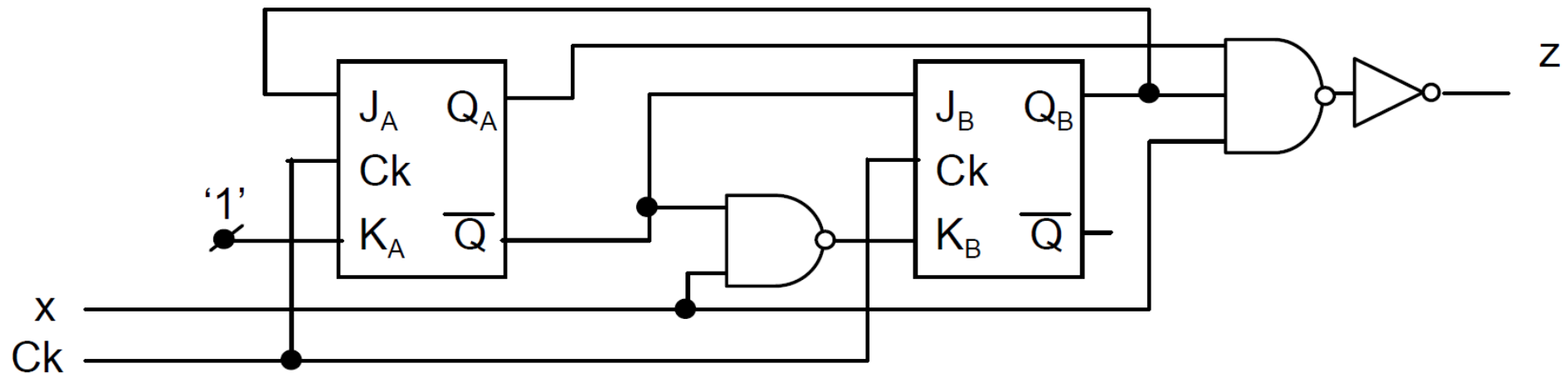
Xây dựng đồ hình trạng thái của mạch từ các bảng ra và bảng chuyển trạng thái,

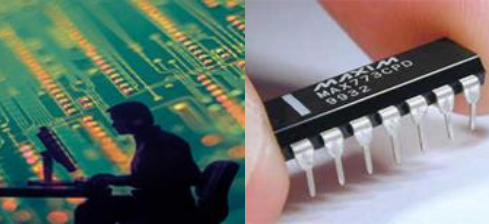
- Bước 5. Chức năng của mạch

Phân tích đồ hình trạng thái của mạch, rút ra được chức năng của mạch và mối quan hệ logic của các tín hiệu.

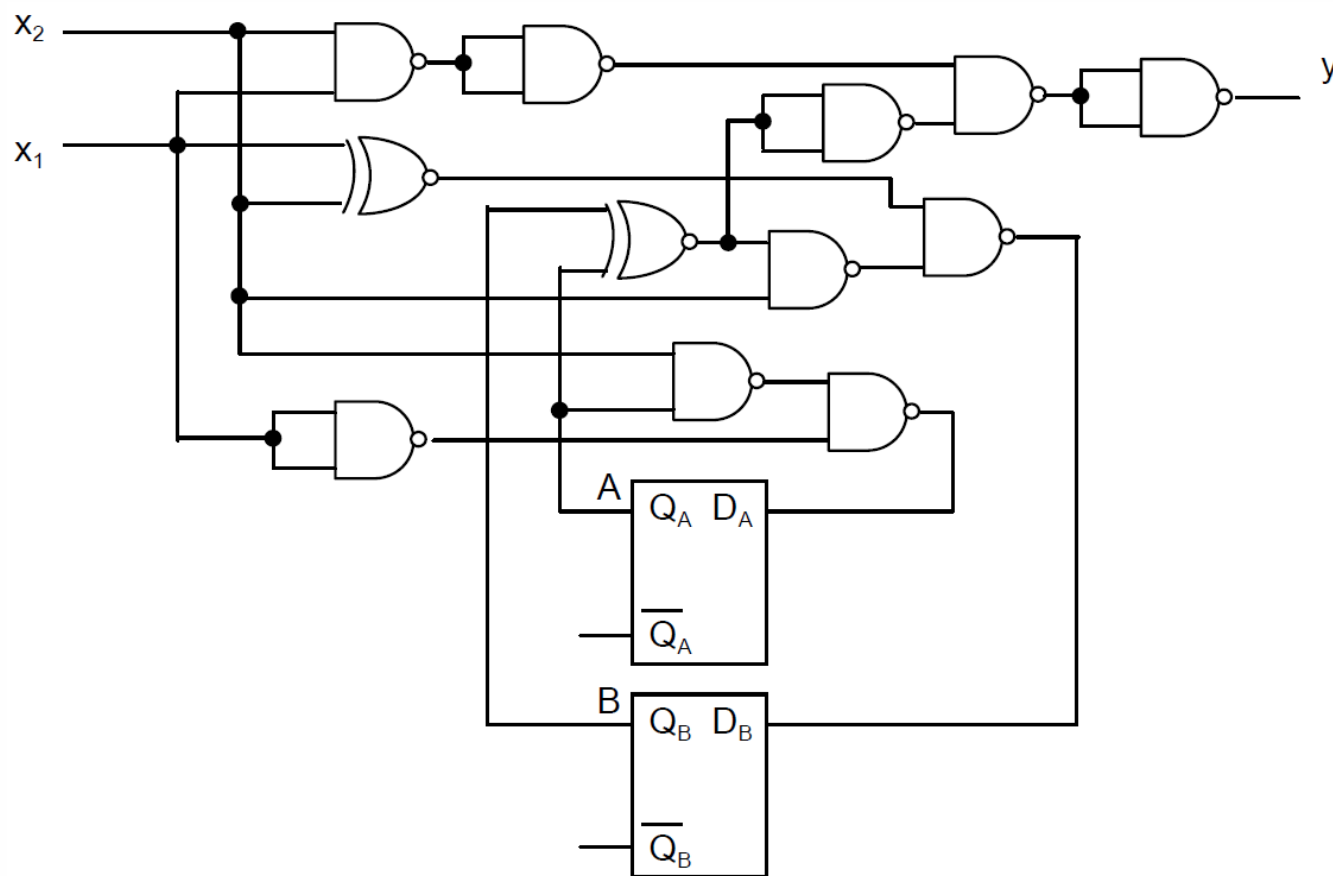


# Ví dụ Phân tích mạch tuần tự đồng bộ



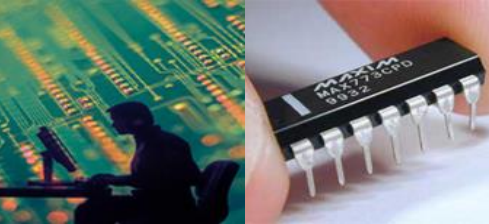


# Ví dụ phân tích mạch tuần tự không đồng bộ (tham khảo)



$$y = x_2 \cdot x_1 \cdot (A \oplus B)$$

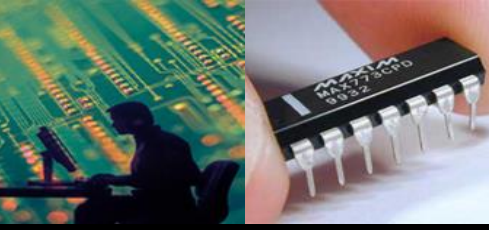
$$\begin{cases} D_A = \overline{\overline{x_1} \cdot \overline{x_2}} \cdot A = x_1 + x_2 \cdot A \\ D_B = \overline{(\overline{x_2} \oplus \overline{x_1})} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{(A \oplus B)} = (x_2 \oplus x_1) + \overline{x_2} \cdot (A \oplus B) \end{cases}$$



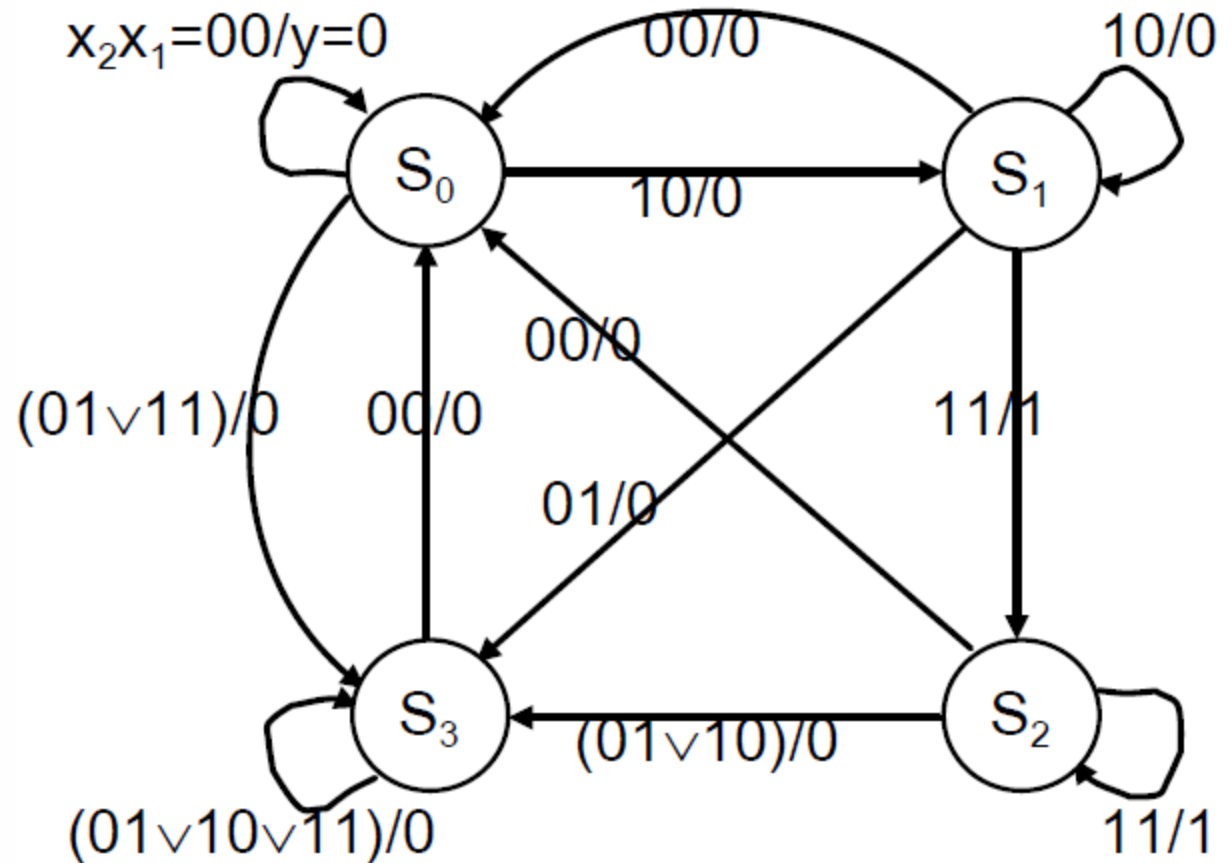
TT cũ AB	Trạng thái mới – A'B'			
	$x_2x_1$ 00	$x_2x_1$ 01	$x_2x_1$ 11	$x_2x_1$ 10
00	00/0	11/0	11/0	01/0
01	00/0	11/0	10/1	01/0
10	00/0	11/0	10/1	11/0
11	00/0	11/0	11/0	11/0



TT cũ	Trạng thái mới			
	$x_2x_1$ 00	$x_2x_1$ 01	$x_2x_1$ 11	$x_2x_1$ 10
$S_0$	$S_0/0$	$S_3/0$	$S_3/0$	$S_1/0$
$S_1$	$S_0/0$	$S_3/0$	$S_2/1$	$S_1/0$
$S_2$	$S_0/0$	$S_3/0$	$S_2/0$	$S_3/0$
$S_3$	$S_0/0$	$S_3/0$	$S_3/1$	$S_3/0$



# Đồ hình trạng thái



- Đầu ra  $y = 1$  khi tổ hợp vào có chuyển biến:  $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11$