



COMPUTER ENGINEERING



**UIT**  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

# NHẬP MÔN MẠCH SỐ

## CHƯƠNG 6: MẠCH TUẦN TỰ - BỘ ĐẾM





# Nội dung

## ■ Bộ đếm bất đồng bộ (Asynchronous counters)

- ☐ Hệ số của bộ đếm (MOD number)
- ☐ Bộ đếm lên/xuống (Up/ Down counters)
- ☐ Phân tích và thiết kế bộ đếm bất đồng bộ
- ☐ Delay của mạch (Propagation delay)

## ■ Bộ đếm đồng bộ (Synchronous counters)

- ☐ Phân tích bộ đếm đồng bộ (Analyze synchronous counters)
- ☐ Thiết kế bộ đếm đồng bộ (Design synchronous counter)

## ■ Thanh ghi (Register)



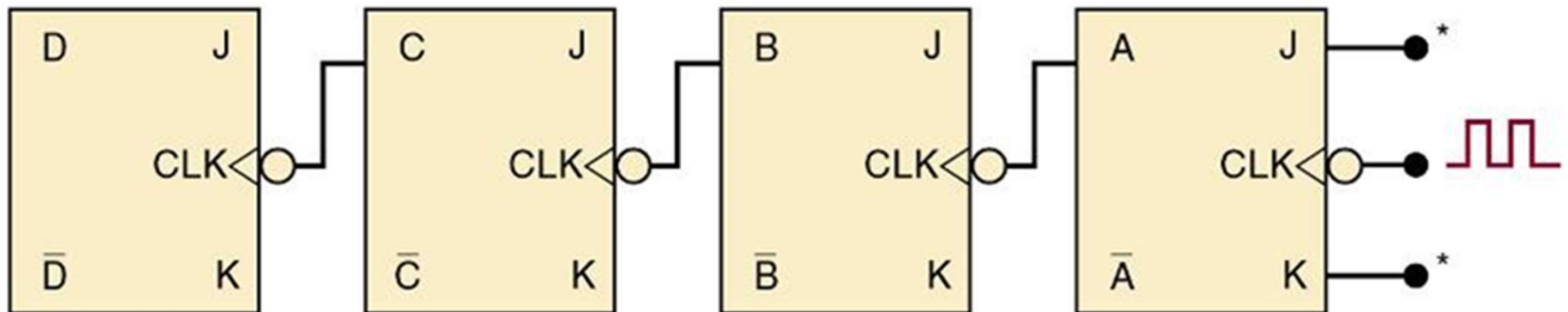
# Bộ đếm bất đồng bộ

Xem xét hoạt động của bộ đếm 4-bit bên dưới

- Clock chỉ được kết nối đến chân CLK của **FF A**
- *J và K của tất cả FF đều bằng 1*
- Ngõ ra Q của FF A kết nối với chân CLK của FF B, tiếp tục kết nối như vậy với FF C, D.
- Ngõ ra của các FF **D, C, B và A** tạo thành bộ đếm 4-bit binary với D có trọng số cao nhất (MSB)

J	K	CLK	Q	QN
0	0		last Q	last QN
0	1		0	1
1	0		1	0
1	1		last QN	last Q

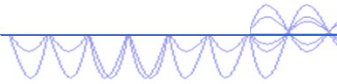
Bảng sự thật FF-J\_K



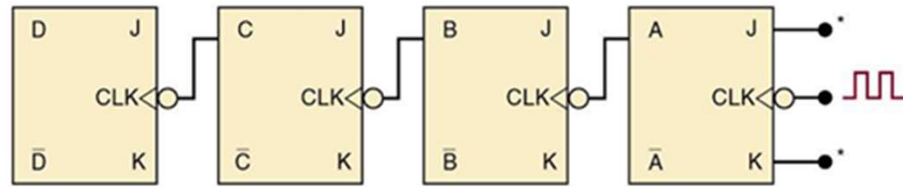
**Note:** \* tất cả ngõ vào J và K của các FF được đưa vào mức 1



# Bộ đếm bất đồng bộ



J	K	CLK	Q	QN
0	0		last Q	last QN
0	1		0	1
1	0		1	0
1	1		last QN	last Q

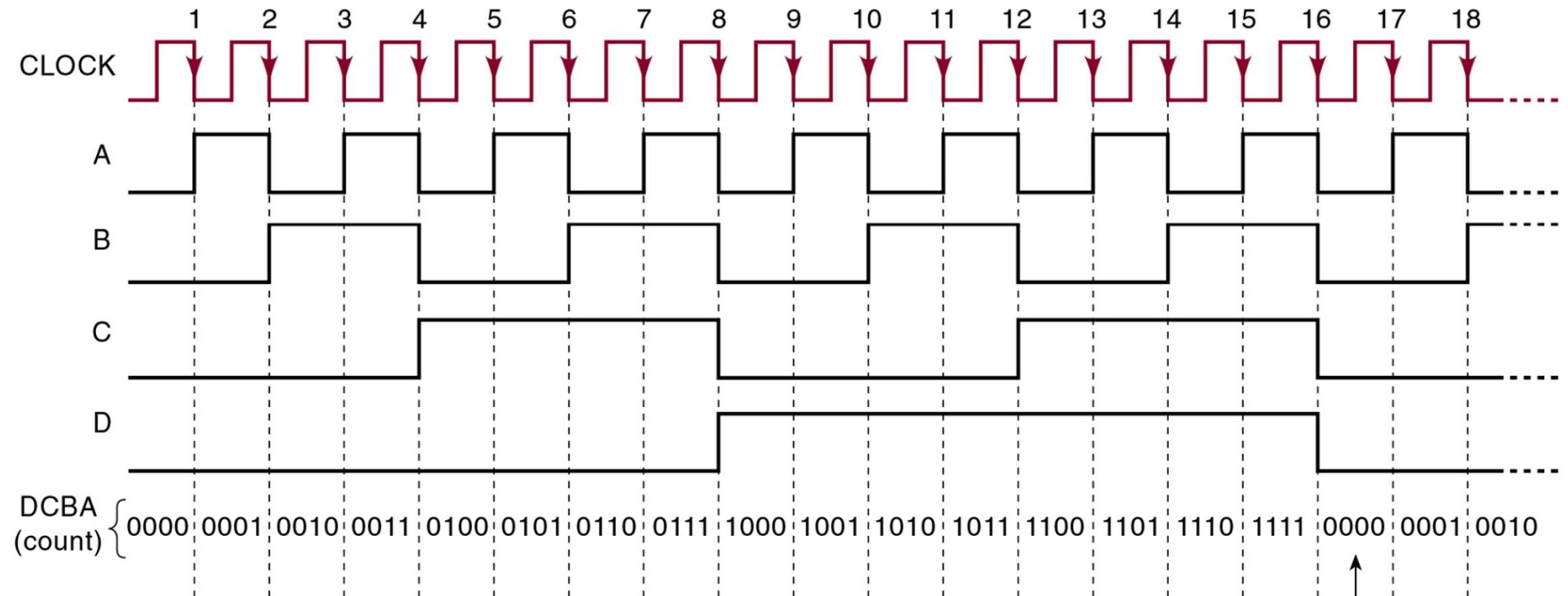


\* tắt cả ngõ vào J và K của các FF được đưa vào mức 1

Sau cạnh xuống của *xung CLK thứ 16*, bộ đếm sẽ quay trở lại trạng thái ban đầu

DCBA = 0000

Bảng sự thật FF-J\_K





# Bộ đếm bất đồng bộ



- Các FFs không thay đổi trạng thái đồng bộ với xung Clock

Trong ví dụ ở slide trước,

Chỉ FF A mới thay đổi tại cạnh xuống của xung Clock ,

FF B phải đợi FF A thay đổi trạng thái trước khi nó có thể lật,

FF C phải đợi FF B thay đổi, tương tự với FF D phải đợi FF C

→ Có trì hoãn (delay) giữa các FF liên tiếp nhau

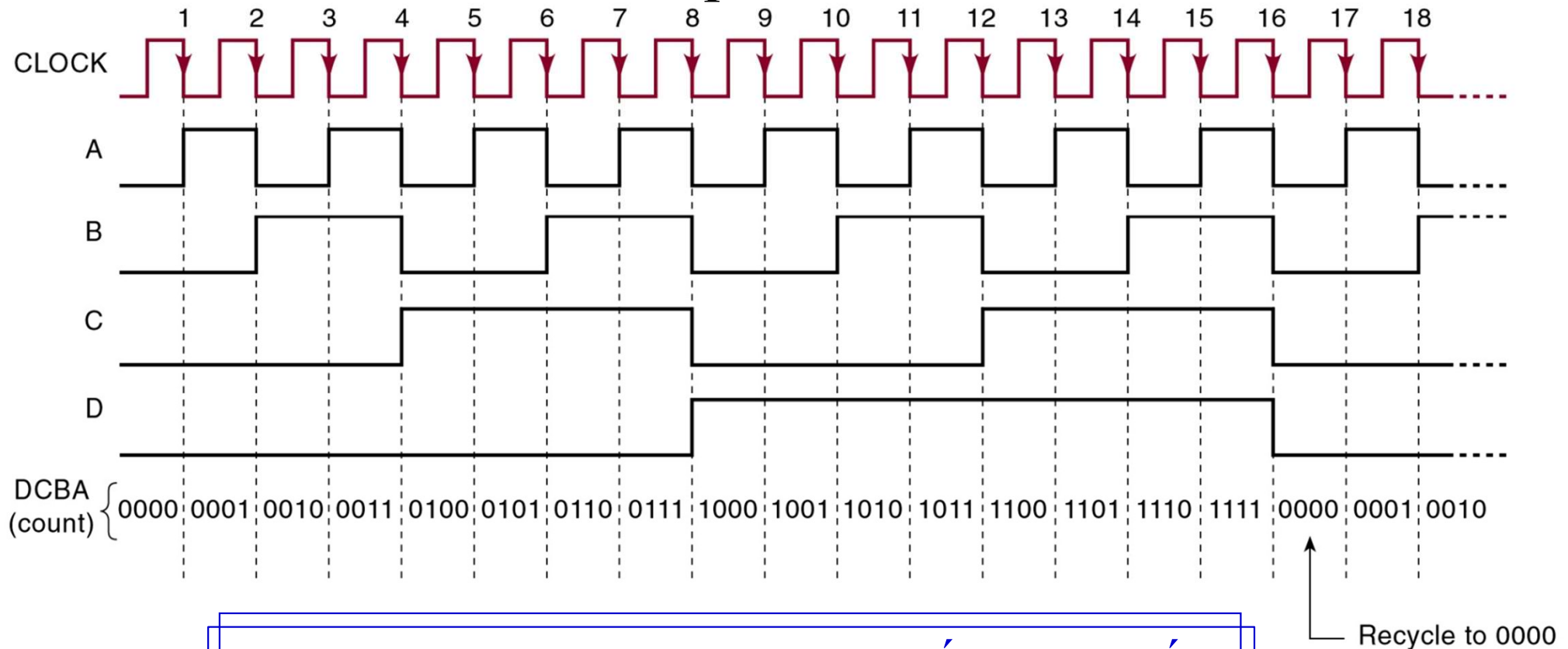
- Chỉ FF có trọng số thấp nhất mới kết nối với xung Clock
- Bộ đếm trên còn được gọi là *bộ đếm tích lũy trì hoãn* (**ripple counter**)



# Hệ số của bộ đếm (MOD number)

COMPUTER ENGINEERING

- **Hệ số của bộ đếm** là *số trạng thái khác nhau* của bộ đếm trước khi bộ đếm lặp lại chu trình đếm



Thêm vào Flip-flop sẽ tăng hệ số của bộ đếm



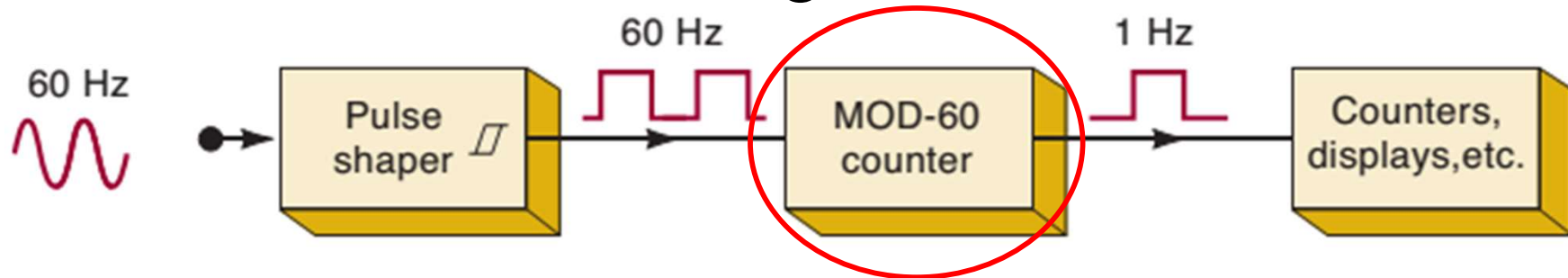
## Ví dụ

- Cần bao nhiêu FF cho bộ đếm 1000 sản phẩm?



## Ví dụ

### ■ Các bước để làm một đồng hồ số



### ■ Cần bao nhiêu FF cho bộ đếm có hệ số đếm 60 (MOD-60)?





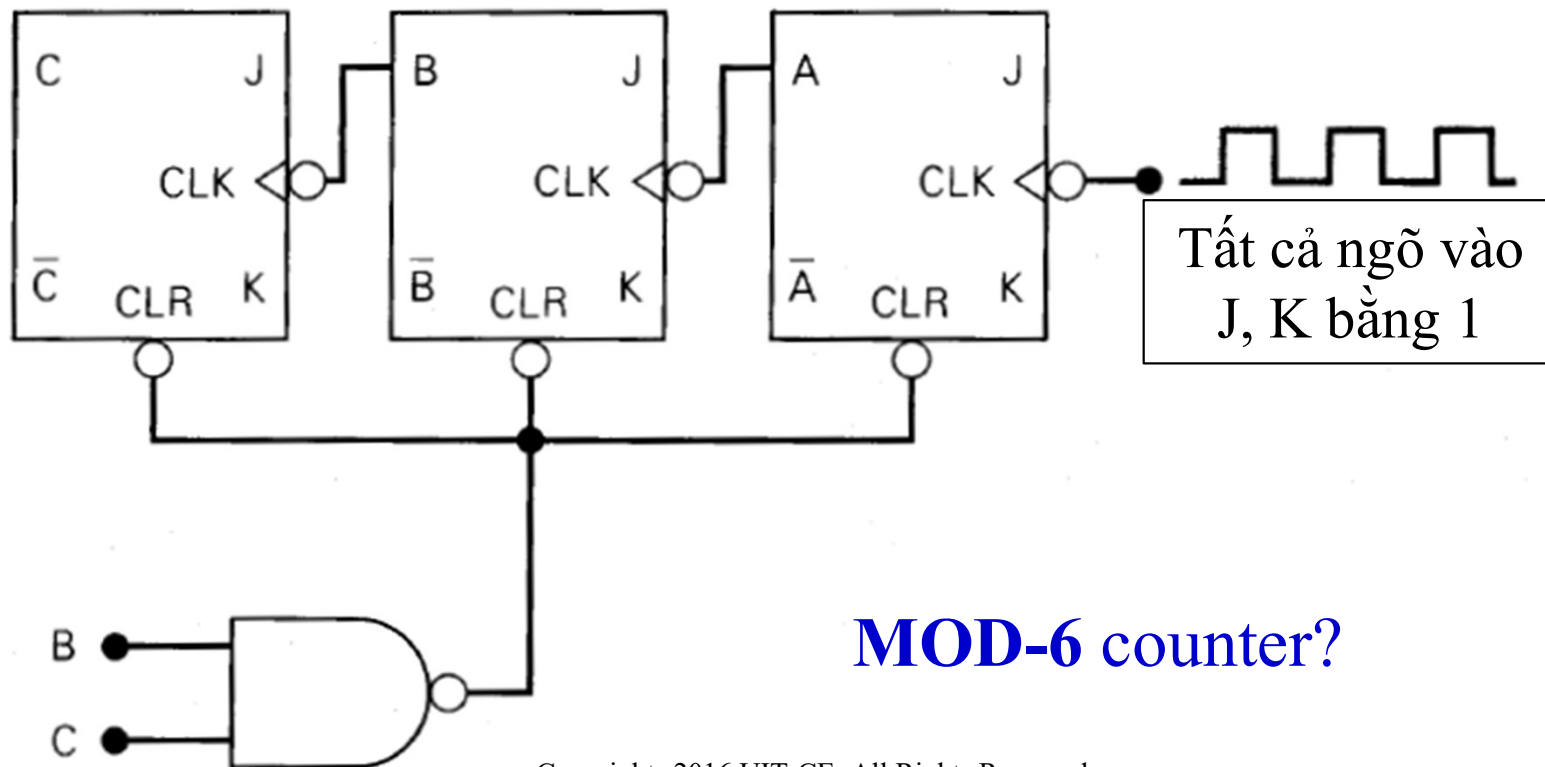
# Câu hỏi thảo luận

1. Đúng hay sai? Trong một bộ đếm bất đồng bộ, tất cả các FF thay đổi trạng thái tại cùng một thời điểm
2. Giả sử bộ đếm trong ví dụ 1 đang có giá trị  $DCBA = 0101$ . Giá trị bộ đếm sẽ bằng bao nhiêu sau 27 xung clock tiếp theo?
3. Hệ số bộ đếm trong ví dụ 1 bằng bao nhiêu nếu 3 FF được thêm vào bộ đếm?



# Bộ đếm có hệ số bộ đếm $< 2^N$

- Bộ đếm bất đồng bộ thông thường giới hạn hệ số bộ đếm bằng  $2^N$  (Hệ số đếm lớn nhất với  $N$  flip-flop được sử dụng)
- Xét bộ đếm với mạch cho bên dưới



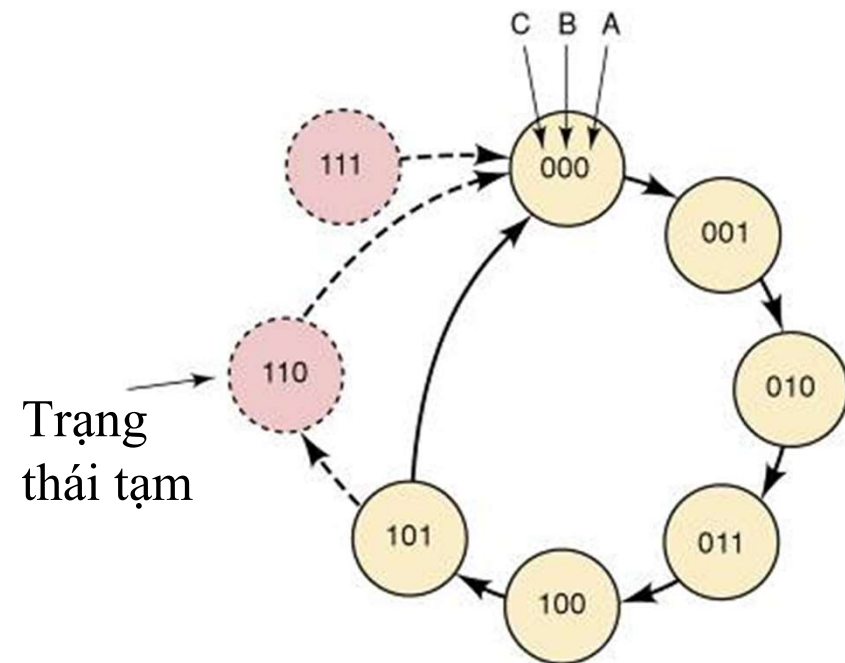
**MOD-6 counter?**





# Bộ đếm có hệ số bộ đếm $< 2^N$

## Giản đồ chuyển trạng thái của bộ đếm MOD-6



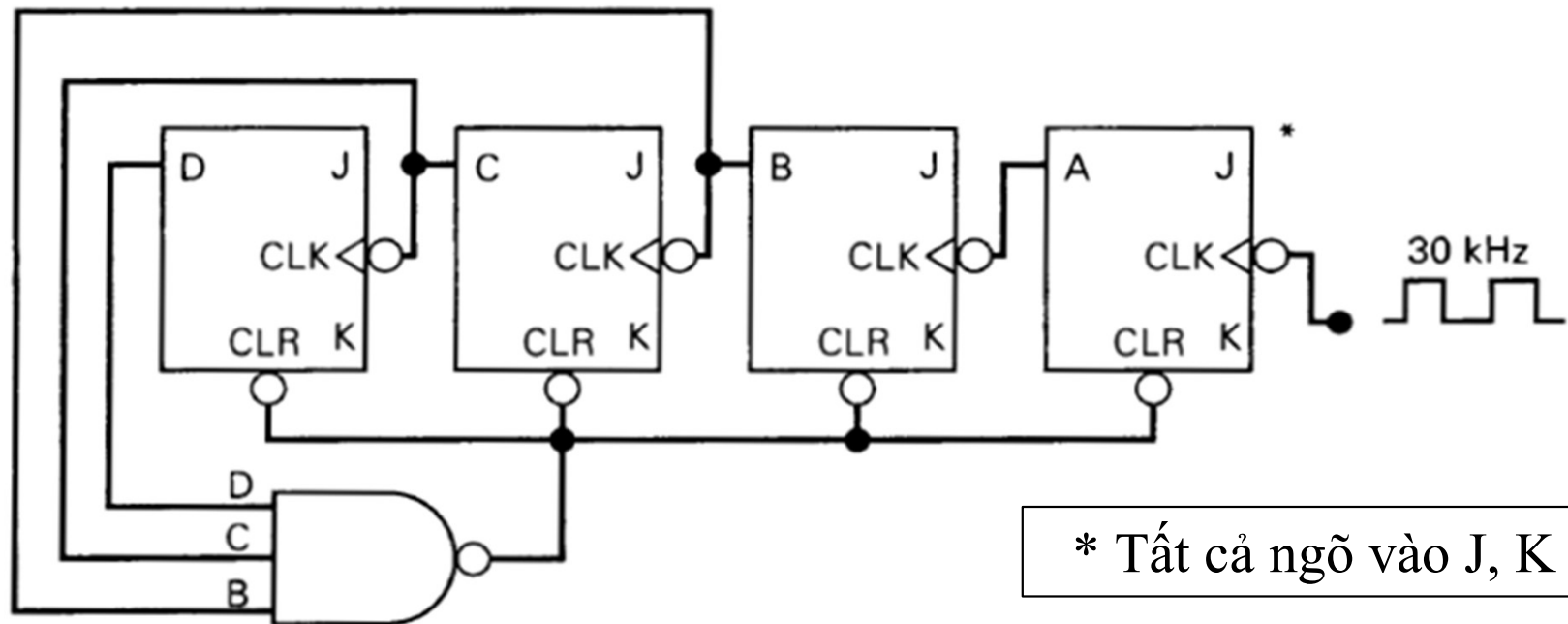
- **Mỗi vòng tròn nét liền** chỉ một trạng thái thực sự của bộ đếm
- **Mỗi vòng tròn nét đứt** chỉ một trạng thái tạm của bộ đếm
- **Mũi tên nét liền** chỉ sự chuyển trạng thái giữa 2 trạng thái thực
- **Mũi tên nét đứt** chỉ sự chuyển từ trạng thái thực sang trạng thái tạm hoặc ngược lại

- Không có mũi tên chỉ đến trạng thái **111** vì trong chu trình của bộ đếm không có trạng thái nào chuyển đến trạng thái này
- Trạng thái **111** có thể xuất hiện khi bật nguồn (power-up)



## Ví dụ

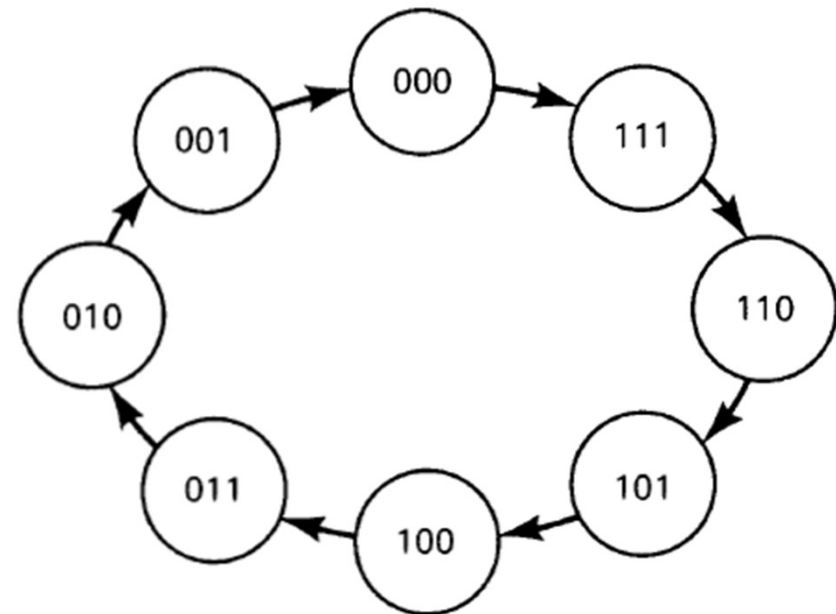
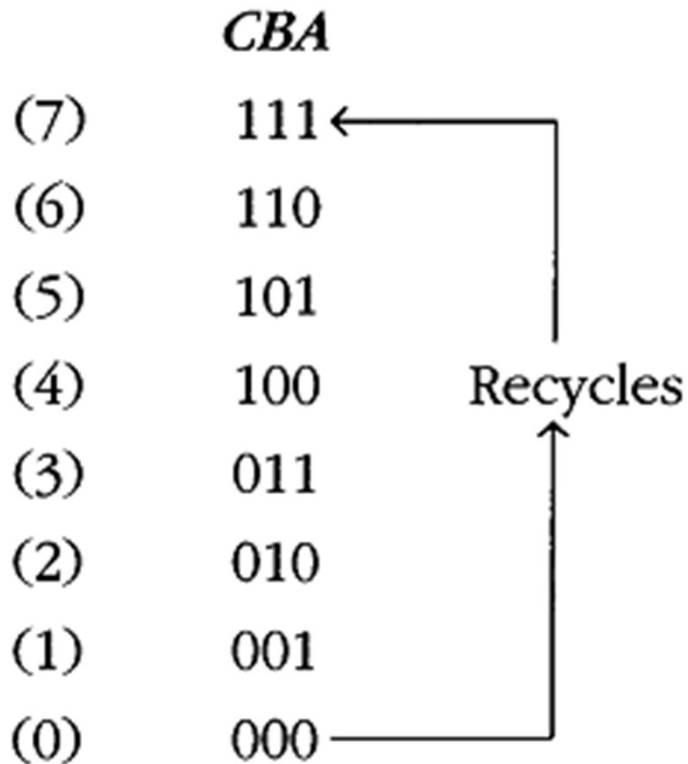
- Xác định hệ số bộ đếm (MOD number) của mạch đếm bên dưới?
- Xác định tần số tại ngõ ra D?





# Bộ đếm bất đồng bộ - Đếm xuống

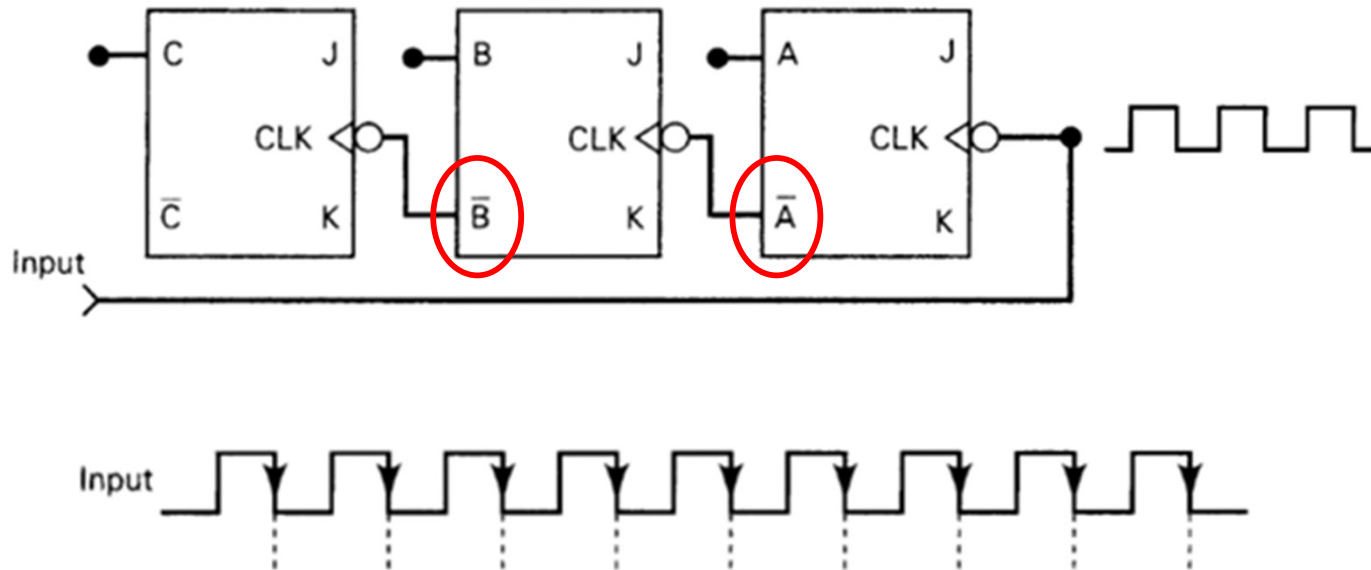
- Bộ đếm xuống bất đồng bộ được xây dựng gần giống với bộ đếm lên bất đồng bộ



Lưu đồ chuyển trạng thái của bộ đếm xuống **MOD-8**



# Bộ đếm bất đồng bộ - Đếm xuống

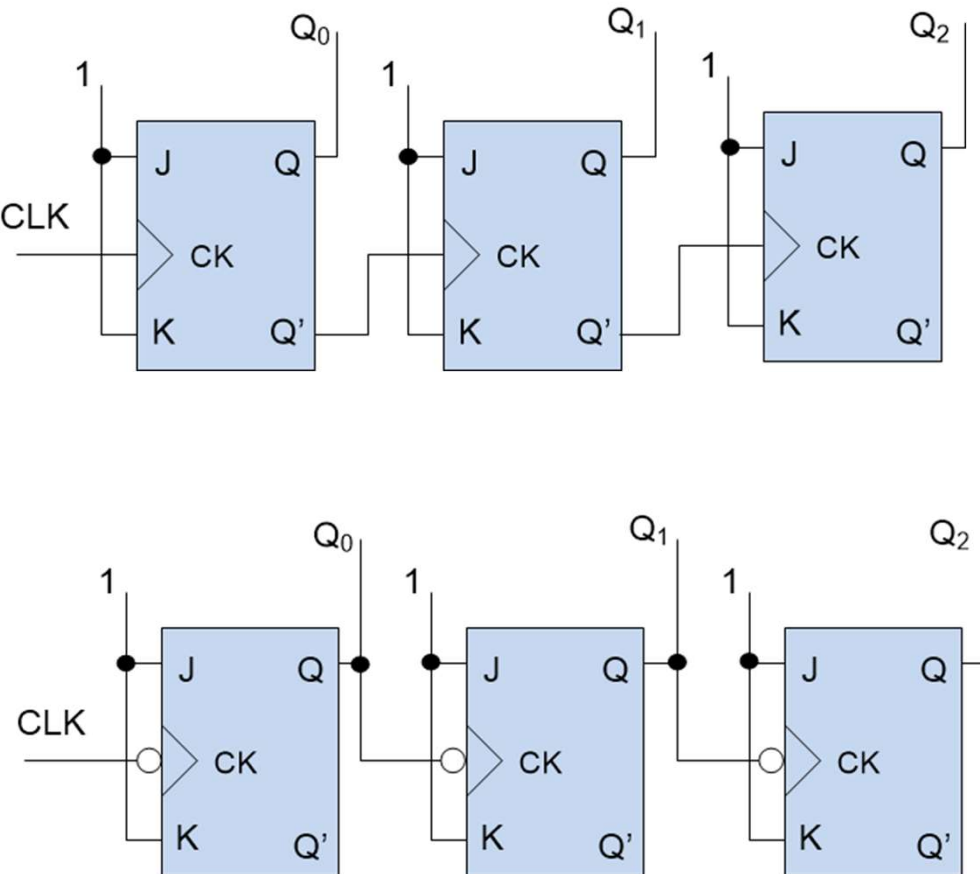


\* Tất cả ngõ vào J, K bằng 1

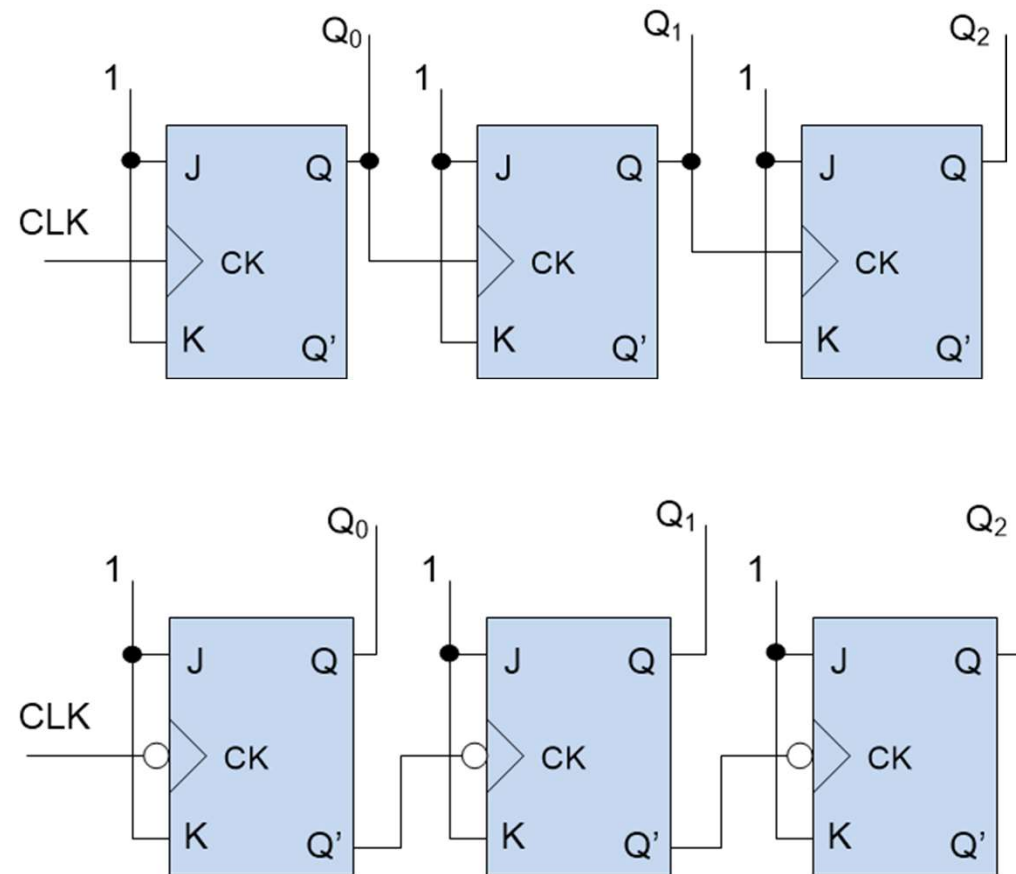


# Một vài ví dụ bộ đếm lên/đếm xuống bất đồng bộ

## Đếm lên



## Đếm xuống



**Chú ý:** Q0 có trọng số nhỏ nhất (LSB)  
Q2 có trọng số lớn nhất (MSB)





# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

- **Ví dụ:** Thiết kế bộ đếm lên bất đồng bộ **MOD-5** dùng FF-T có xung clock kích cạnh xuống, ngõ vào *Preset* và *Clear* tích cực cao. Biết rằng trạng thái ban đầu của bộ đếm là 5. Những trạng thái không có trong chu trình đếm sẽ được đưa về giá trị trạng thái đếm là 5.
- Bước 1: Tìm số flip-flop cần dùng nhỏ nhất thỏa yêu cầu bài toán

$$(2^N \geq X)$$

Ta có:  $2^3 \geq 5$  (MOD-5)  $\rightarrow$  Sử dụng 3 FF

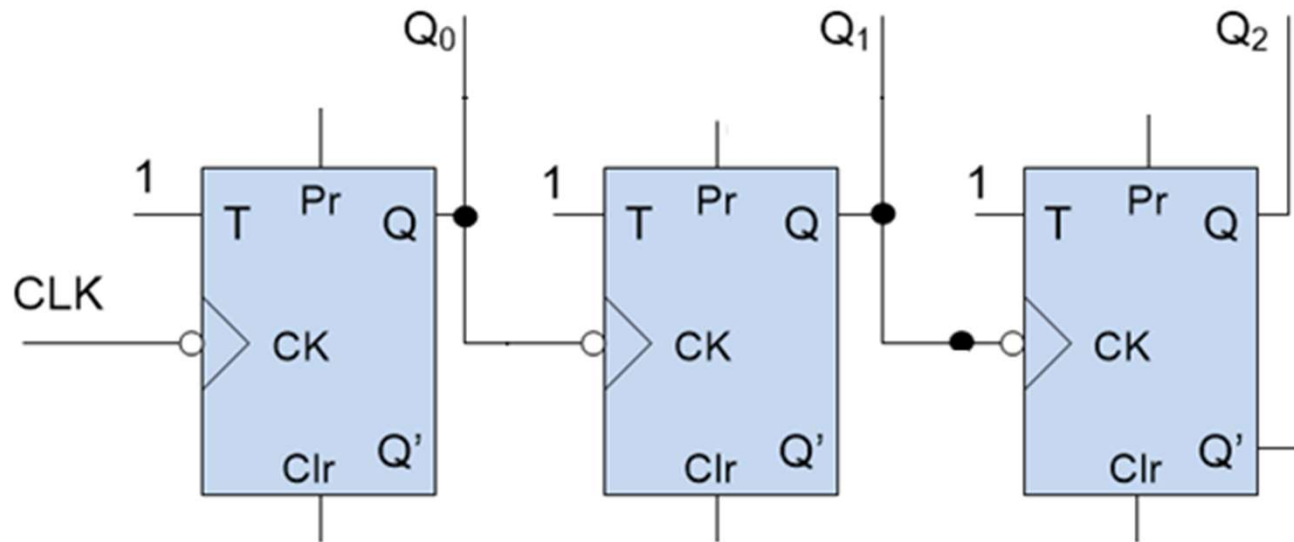


# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

- Bước 1: Tìm số flip-flop cần dùng nhỏ nhất thỏa yêu cầu bài toán

$$(2^N \geq X)$$

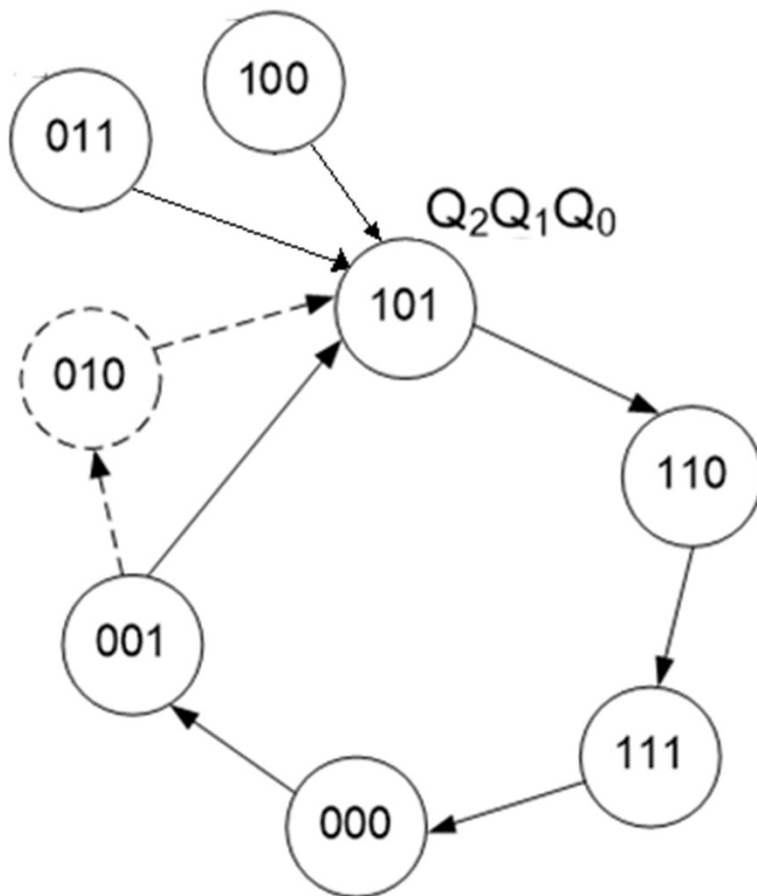
Ta có:  $2^3 \geq 5$  (MOD-5)  $\rightarrow$  Sử dụng 3 FF





# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

## ■ Bước 2: Vẽ lưu đồ chuyển trạng thái của bộ đếm



- Trạng thái Reset của bộ đếm:  
 $Q_2Q_1Q_0 = 010$
- Trạng thái không có trong chu trình đếm  $Q_2Q_1Q_0 = 011, 100$
- **Trạng thái sau reset** của bộ đếm  $Q_2Q_1Q_0 = 101$



# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

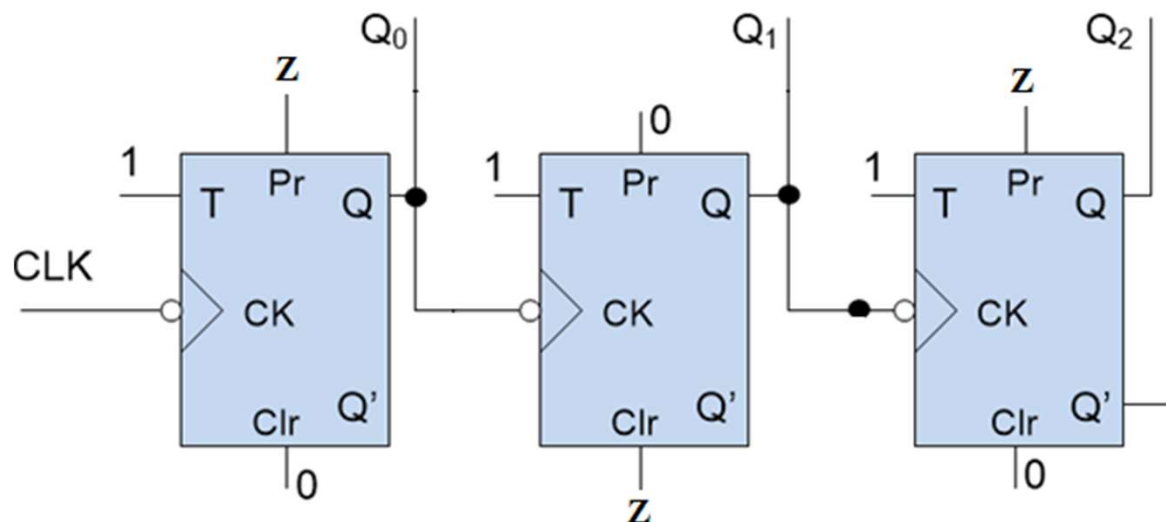
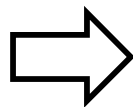
## ■ Bước 3: Thiết kế mạch Reset của bộ đếm

□ Trường hợp 1:  $2^N = X$   $\rightarrow$  Mạch không bị Reset  $\rightarrow$  bỏ qua bước 3

□ Trường hợp 2:  $2^N \geq X$

➤ Dựa vào **trạng thái sau Reset** của bộ đếm ta tạo ra tín hiệu điều khiển **Z** đưa vào cổng Preset và cổng Clear thích hợp

**Trạng thái sau reset của bộ đếm**  
 $Q_2 Q_1 Q_0 = 101$





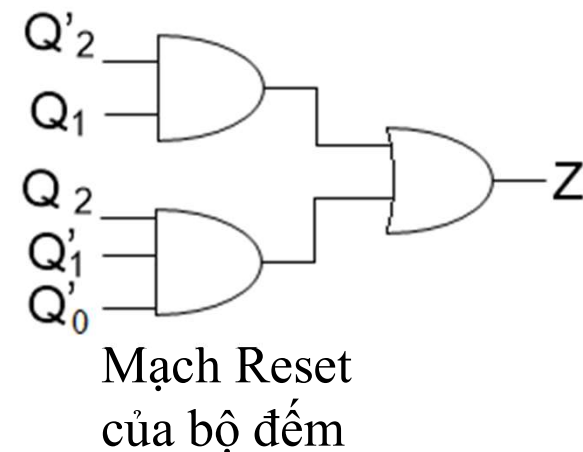
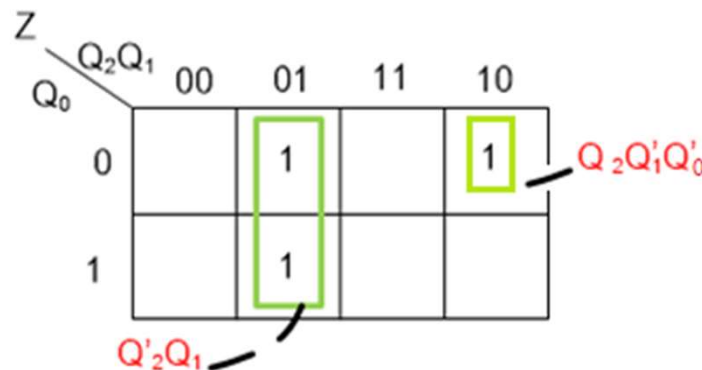
# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

## □ Sử dụng bìa Karnaugh để rút gọn:

- Vì cổng **PR** và **CLR** là tích cực mức cao nên tín hiệu điều khiển **Z** sẽ là mức cao.
- Trạng thái Reset của bộ đếm sẽ tạo ra tín hiệu điều khiển **Z bằng mức cao (“1”)**
- Những trạng thái không có trong chu trình đếm sẽ tạo ra tín hiệu điều khiển **Z bằng mức cao (“1”)**

- Trạng thái Reset của bộ đếm:  
 **$Q_2Q_1Q_0 = 010$**

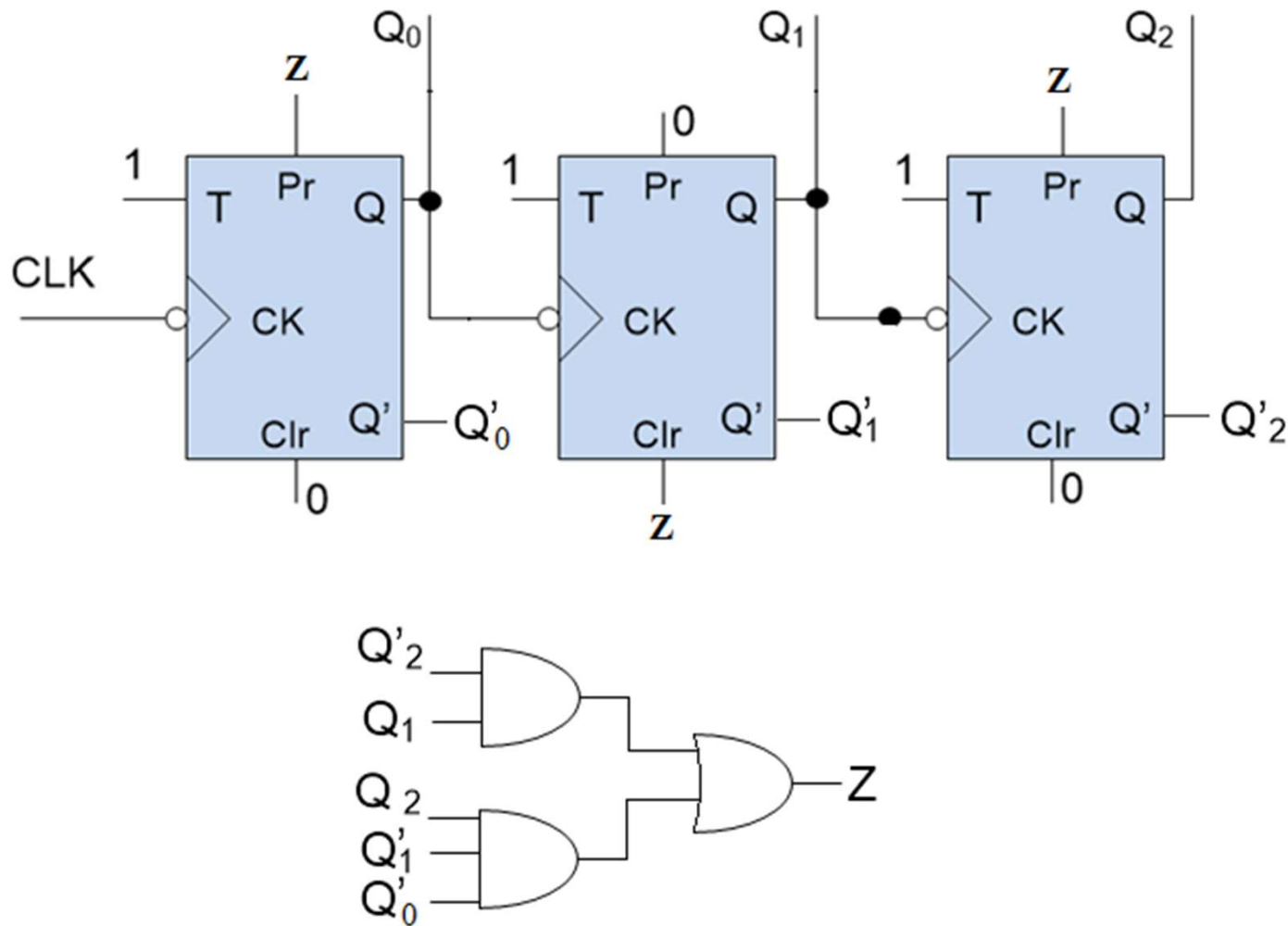
- Trạng thái không có trong chu trình đếm  **$Q_2Q_1Q_0 = 011, 100$**





# Thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-X

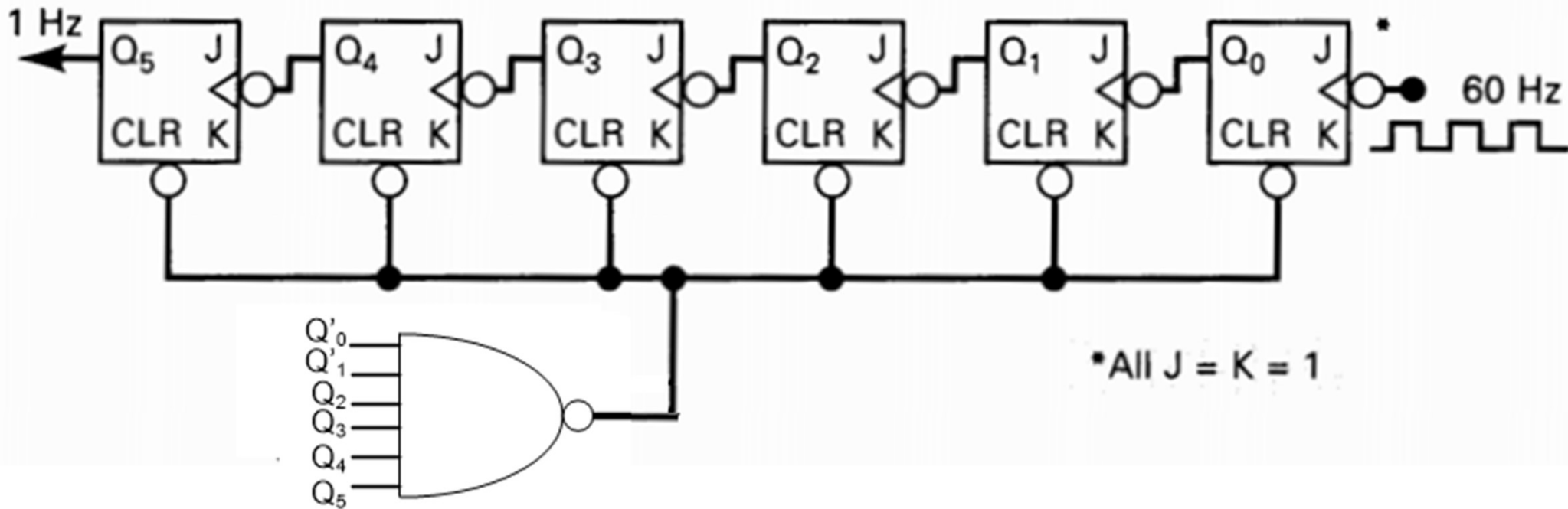
## □ Bước 4: Vẽ mạch cần thiết kế





# Ví dụ

## ■ Thiết kế bộ đếm MOD-60 trong ví dụ 3





## Ví dụ

- Sử dụng **FF-T** để thiết kế bộ đếm bất đồng bộ MOD-10 đếm từ giá trị 0 đến 9. Biết rằng FF sử dụng kích cạnh xuống, ngõ vào Pr và Clr tích cực mức thấp





# Delay của bộ đếm bất đồng bộ



- Các FFs không thay đổi trạng thái đồng bộ với xung Clock

Trong các bộ đếm bất đồng bộ:

Chỉ FF A mới thay đổi tại cạnh lên/xuống của xung Clock ,

FF B phải đợi FF A thay đổi trạng thái trước khi nó có thể lật,

FF C phải đợi FF B thay đổi, tương tự với FF D phải đợi FF C

→ Có trì hoãn (delay) giữa các FF liên tiếp nhau

- Chỉ FF có trọng số thấp nhất (FF A) mới kết nối với xung Clock
- Bộ đếm trên còn được gọi là *bộ đếm tích lũy trì hoãn* (**ripple counter**)



# Delay của bộ đếm bất đồng bộ

- Bộ đếm tích lũy trì hoãn có thiết kế đơn giản. Tuy nhiên, hạn chế của bộ đếm là delay của FF trước được tích lũy đến FF sau
  - Delay của toàn mạch lớn
  - Bộ đếm này không phù hợp cho các thiết kế hoạt động ở tần số cao
- Để mạch hoạt động đúng thì **chu kì** của xung Clock phải lớn hơn tổng Delay của mạch

$$T_{\text{clock}} \geq N \times t_{\text{pd}}$$

$T_{\text{clock}}$ : chu kì xung Clock

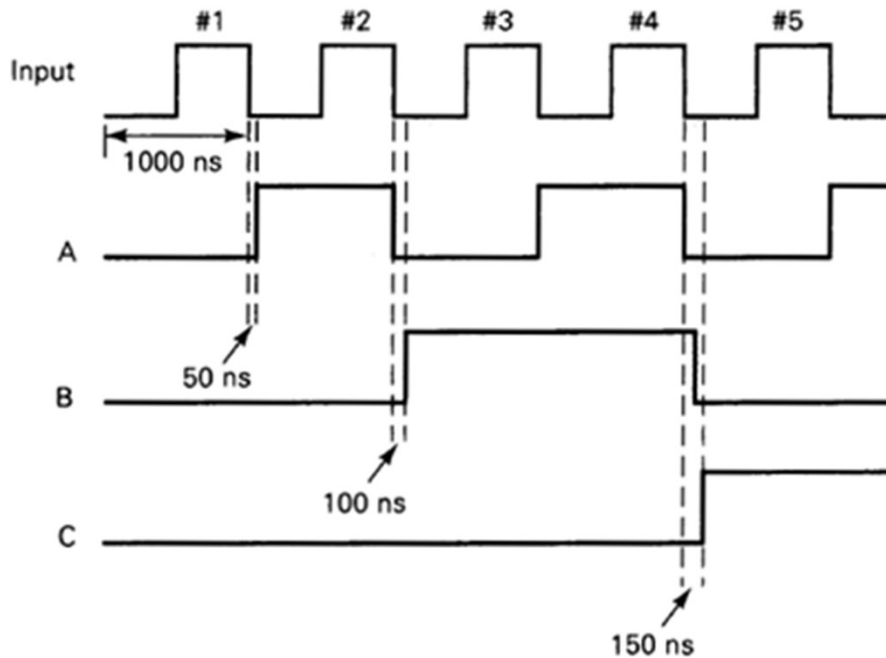
$N$ : số FF của mạch

$T_{\text{pd}}$ : delay của một FF

→ Tần số tối đa của mạch:  $F_{\text{max}} = 1/(N \times t_{\text{pd}})$



# Delay của bộ đếm bất đồng bộ

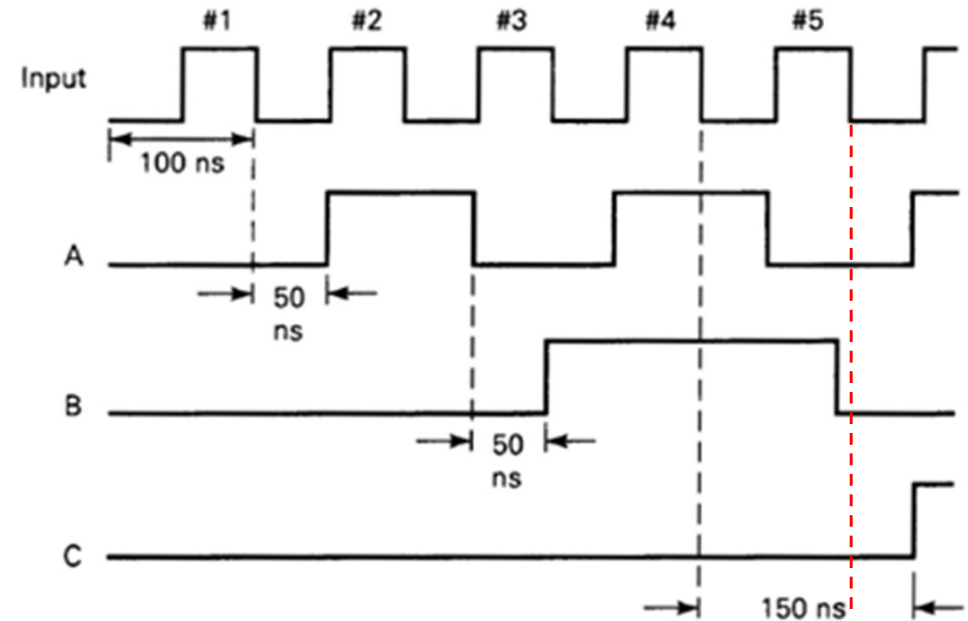


■  $T=1000\text{ns}$

■  $t_{pd}=50\text{ns}$

→  $T \geq 3 \times t_{pd}$

**Bộ đếm hoạt động đúng**



Trạng thái CBA = 100  
không xuất hiện

•  $T=100\text{ns}$

•  $t_{pd}=50\text{ns}$

→  $T < 3 \times t_{pd}$

**Bộ đếm hoạt động sai**



# Delay của bộ đếm bất đồng bộ



- Bộ đếm bất đồng bộ sẽ không hữu ích khi hoạt động ở tần số cao, đặc biệt khi bộ đếm sử dụng nhiều flip-flop.
- Tuy nhiên, vì tính đơn giản trong thiết kế, bộ đếm bất đồng bộ vẫn được sử dụng trong các mạch không đòi hỏi tần số cao.



# Câu hỏi thảo luận?

1. Bộ đếm thanh ghi dịch cần nhiều FF hơn bộ đếm Binary thông thường với cùng hệ số bộ đếm (MOD number)?
2. Bộ đếm thanh ghi dịch cần mạch giải mã phức tạp hơn bộ đếm Binary thông thường?
3. Làm sao để chuyển đổi bộ đếm vòng tròn sang bộ đếm Johnson?
4. Đúng hay Sai?
  - a) Ngõ ra của bộ đếm vòng tròn luôn luôn là xung vuông
  - b) Mạch giải mã cho bộ đếm Johnson đơn giản hơn bộ đếm Binary thông thường?
  - c) Bộ đếm vòng tròn và Johnson là bộ đếm đồng bộ?
5. Cần bao nhiêu FF để thiết kế bộ đếm vòng tròn MOD-16? Bộ đếm Johnson MOD-16?



# Tóm tắt nội dung chương học

- Qua Phần 2 - Chương 6, sinh viên cần nắm những nội dung chính sau:
  - Phương pháp thiết kế mạch tuần tự: các bộ đếm bất đồng bộ
  - Kiểm chứng thiết kế bằng vẽ giản đồ xung
  - Ưu và khuyết điểm của bộ đếm bất đồng bộ



COMPUTER ENGINEERING



**UIT**  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

# Thảo luận?

