

3.3. FLIP – FLOP (FF)

3.3.1. Khái niệm

Flip-Flop (viết tắt là FF) là mạch dao động đa hài hai trạng thái bền, được xây dựng trên cơ sở các cổng logic và hoạt động theo một bảng trạng thái cho trước.

3.3.2. Phân loại

Có hai cách phân loại:

- Phân loại theo tín hiệu điều khiển.
- Phân loại theo chức năng.

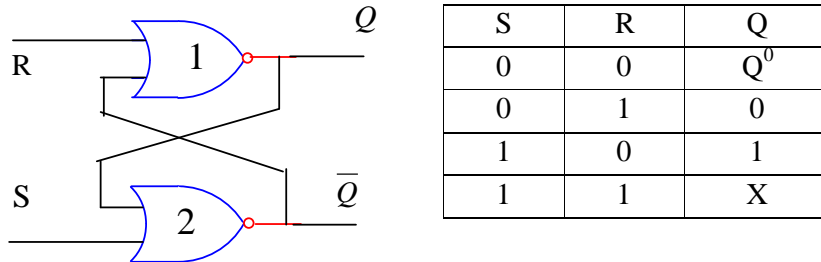
1. Phân loại FF theo tín hiệu điều khiển đồng bộ

Gồm có hai loại:

- Không có tín hiệu điều khiển đồng bộ (FF không đồng bộ).
- Có tín hiệu điều khiển đồng bộ (FF đồng bộ).

a. FF không đồng bộ

Dạng 1: RSFF không đồng bộ dùng cổng NOR (sơ đồ hình 3.43)



Hình 3.43. RSFF không đồng bộ sử dụng cổng NOR và bảng trạng thái

Dựa vào bảng chân trị của cổng NOR để giải thích hoạt động của sơ đồ mạch này:

- $S = 0, R = 1 \Rightarrow Q = 0$. $Q=0$ hồi tiếp về cổng NOR 2 nên cổng NOR 2 có hai ngõ vào bằng 0 $\Rightarrow \bar{Q} = 1$. Vậy, $Q = 0$ và $\bar{Q} = 1$.
- $S = 1, R = 0 \Rightarrow \bar{Q} = 0$. $\bar{Q}=0$ hồi tiếp về cổng NOR 1 nên cổng NOR 1 có hai ngõ vào bằng 0 $\Rightarrow Q = 1$. Vậy, $Q = 1$ và $\bar{Q} = 0$.
- Giả sử ban đầu: $S = 0, R = 1 \Rightarrow Q = 0$ và $\bar{Q} = 1$.

Nếu tín hiệu ngõ vào thay đổi thành: $S = 0, R = 0$ (R chuyển từ 1 \rightarrow 0) ta có:

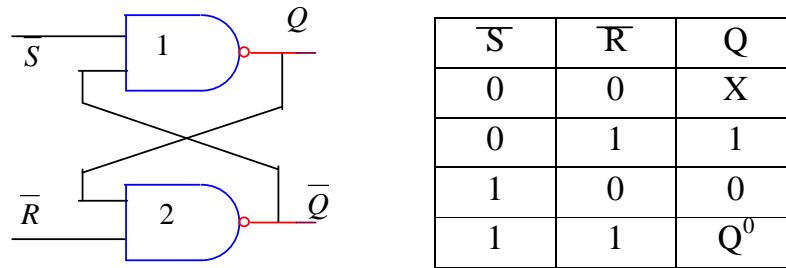
- + $S = 0$ và $Q = 0 \Rightarrow \bar{Q} = 1$
- + $R = 0$ và $\bar{Q} = 1 \Rightarrow Q = 0 \Rightarrow$ RSFF giữ nguyên trạng thái cũ trước đó.

- Giả sử ban đầu: $S = 1, R = 0 \Rightarrow Q = 1$ và $\bar{Q} = 0$.

Nếu tín hiệu ngõ vào thay đổi thành: $R = 0, S = 0$ (S chuyển từ 1 \rightarrow 0) ta có:

- + $R = 0$ và $\bar{Q} = 0 \Rightarrow Q = 1$
- + $S = 0$ và $Q = 1 \Rightarrow \bar{Q} = 0 \Rightarrow$ RSFF giữ nguyên trạng thái cũ trước đó.

Dạng 2: RSFF không đồng bộ dùng cổng NAND (sơ đồ hình 3.44)



Hình 3.44. RSFF không đồng bộ sử dụng cổng NAND và bảng trạng thái

Dựa vào bảng chân trị của cổng NAND:

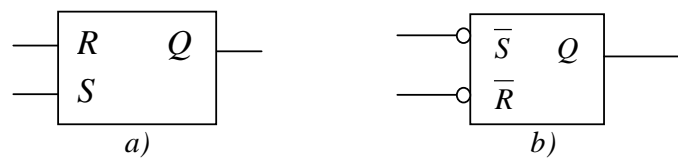
$$y = \begin{cases} 0 & \forall x_i = 1 \\ 1 & \exists x_i = 0 \end{cases}$$

Ta có:

- $\bar{S} = 0, \bar{R} = 1 \Rightarrow Q = 1$. $Q = 1$ hồi tiếp về cổng NAND 2 nên cổng NAND 2 có hai ngõ vào bằng 1 vậy $\bar{Q} = 0$.
- $\bar{S} = 0, \bar{R} = 1 \Rightarrow \bar{Q} = 1$. $\bar{Q} = 1$ hồi tiếp về cổng NAND 1 nên cổng NAND 1 có hai ngõ vào bằng 1 vậy $Q = 0$.
- $\bar{S} = \bar{R} = 0 \Rightarrow \bar{Q} = Q = 1$ đây là trạng thái cấm.
- $\bar{S} = \bar{R} = 1$: Giả sử trạng thái trước đó có $Q = 1, \bar{Q} = 0 \Rightarrow$ hồi tiếp về cổng NAND 1 nên cổng NAND 1 có một ngõ vào bằng 0 vậy $Q = 1 \Rightarrow$ RSFF giữ nguyên trạng thái cũ.

Như vậy gọi là FF không đồng bộ bởi vì chỉ cần một trong hai ngõ vào S hay R thay đổi thì ngõ ra cũng thay đổi theo.

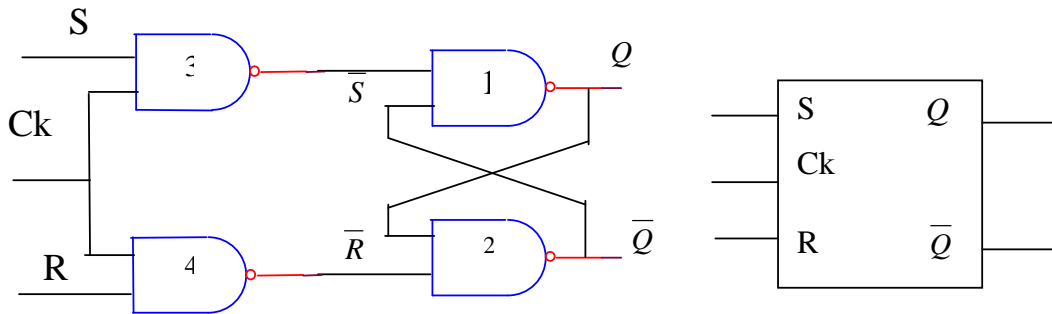
Về mặt ký hiệu, các RSFF không đồng bộ được ký hiệu như sau:



Hình 3.45. Ký hiệu các FF không đồng bộ
a. R,S tác động mức 1 - b. R,S tác động mức 0

b. FF đồng bộ

Xét sơ đồ RSFF đồng bộ với sơ đồ mạch, ký hiệu và bảng trạng thái hoạt động như hình 3.46. Trong đó: Ck là tín hiệu điều khiển đồng bộ hay tín hiệu đồng hồ (Clock). Khảo sát hoạt động của mạch:



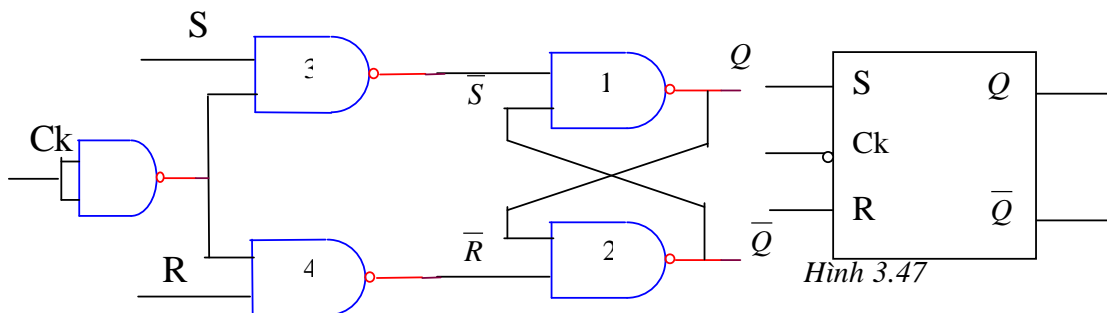
Hình 3.46. RSFF đồng bộ: Sơ đồ logic và ký hiệu

- Ck = 0: cổng NAND 3 và 4 khóa không cho dữ liệu đưa vào. Vì cổng NAND 3 và 4 đều có ít nhất một ngõ vào Ck = 0 $\Rightarrow \bar{S} = \bar{R} = 1 \Rightarrow Q = Q^0$: RSFF giữ nguyên trạng thái cũ.
- Ck = 1: cổng NAND 3 và 4 mở. Ngõ ra Q sẽ thay đổi tùy thuộc vào trạng thái của S và R.

- + S = 0, R = 0 $\Rightarrow \bar{S} = 1, \bar{R} = 1 \Rightarrow Q = Q^0$
- + S = 0, R = 1 $\Rightarrow \bar{S} = 1, \bar{R} = 0 \Rightarrow Q = 0$
- + S = 1, R = 0 $\Rightarrow \bar{S} = 0, \bar{R} = 1 \Rightarrow Q = 1$
- + S = 1, R = 1 $\Rightarrow \bar{S} = 0, \bar{R} = 0 \Rightarrow Q = X$

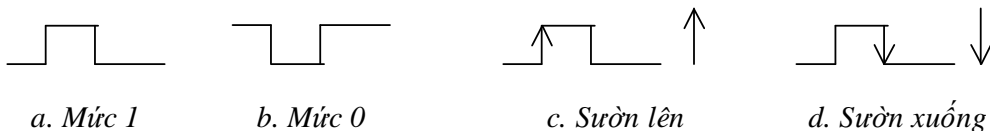
S	R	Ck	Q
X	X	0	Q^0
0	0	1	Q^0
0	1	1	0
1	0	1	1
1	1	1	X

Trong trường hợp này tín hiệu đồng bộ Ck tác động mức 1. Trong trường hợp Ck tác động mức 0 thì ta mắc thêm cổng đảo như sau (hình 3.47):



Tùy thuộc vào mức tích cực của tín hiệu đồng bộ Ck, chúng ta có các loại tín hiệu điều khiển:

- Ck điều khiển theo mức 1.
- Ck điều khiển theo mức 0.
- Ck điều khiển theo sườn lên (sườn trước).
- Ck điều khiển theo sườn xuống (sườn sau).

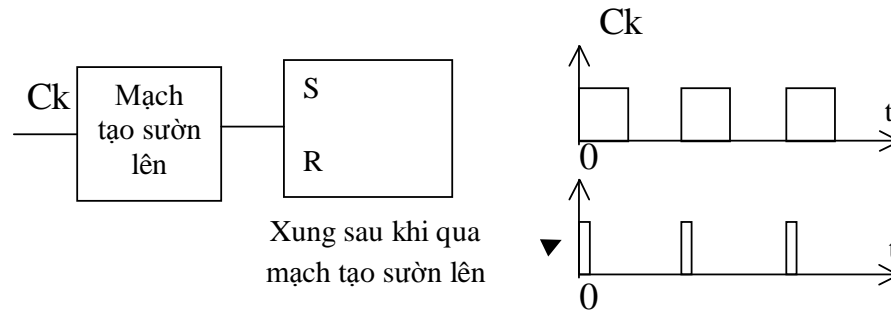


Hình 3.48. Các loại tín hiệu điều khiển Ck khác nhau

Xét FF có Ck điều khiển theo sườn lên (sườn trước):

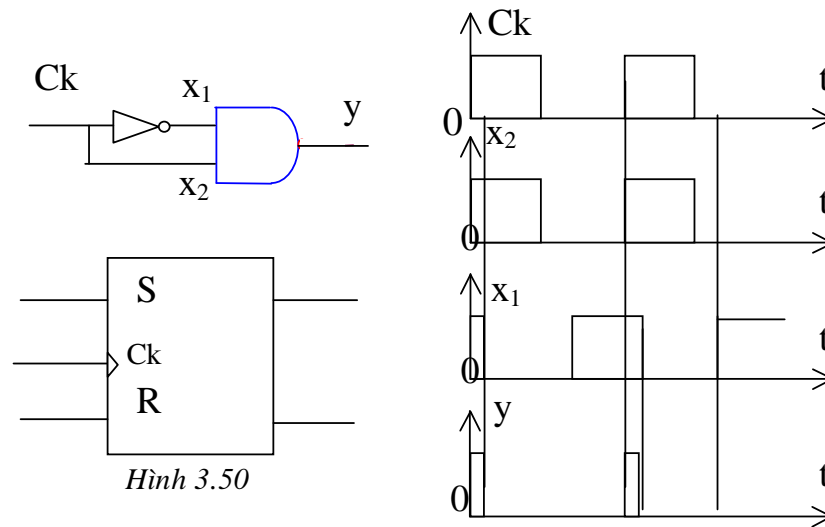
Sườn lên và mức logic 1 có mối quan hệ với nhau, vì vậy mạch tạo sườn lên là mạch cải tiến của mạch tác động theo mức logic 1.

Sườn lên thực chất là một xung dương có thời gian tồn tại rất ngắn. Để cải tiến các FF tác động theo mức logic 1 thành FF tác động theo sườn lên ta mắc vào trước FF đó một mạch tạo sườn lên như hình 3.49.



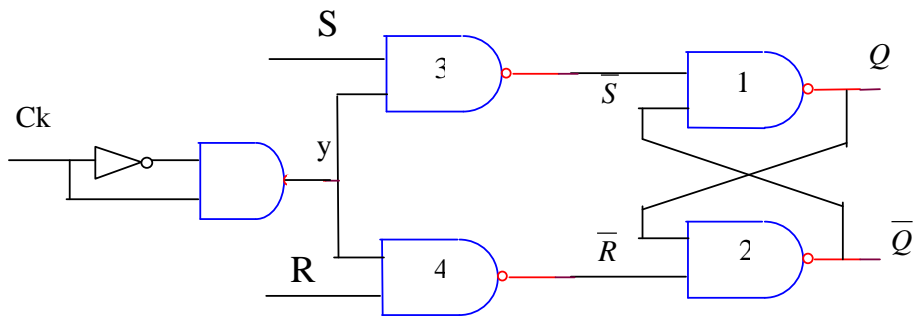
Hình 3.49. Sơ đồ khối FF tác động theo sườn lên và dạng sóng

Ở mạch tạo sườn người ta lợi dụng thời gian trễ của tín hiệu khi đi qua phần tử logic. Đối với mạch tạo sườn người ta lợi dụng thời gian trễ của tín hiệu khi đi qua cổng NOT.



Hình 3.50

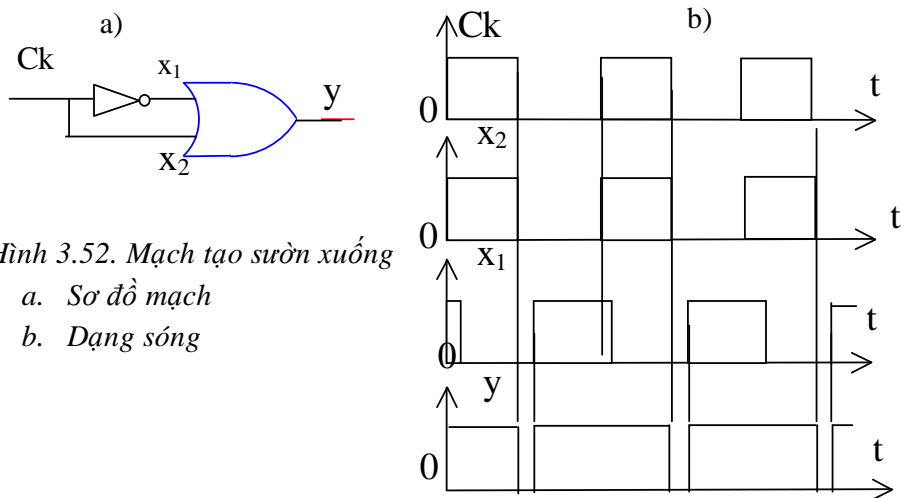
Xét sơ đồ mạch tạo sườn lên và dạng sóng như hình 3.50 : Mạch tạo sườn lên gồm một cổng AND 2 ngõ vào và một cổng NOT. Tín hiệu x_1 từ cổng NOT được đưa đến cổng AND cùng với tín hiệu x_2 đi trực tiếp ($x_2 = Ck$). Do tính chất trễ của tín hiệu Ck khi đi qua cổng NOT nên x_1 bị trễ một khoảng thời gian, vì vậy tín hiệu ngõ ra của cổng AND có dạng một xung dương rất hẹp với thời gian tồn tại chính bằng thời gian trễ (trễ truyền đạt) của cổng NOT. Xung dương hẹp này được đưa đến ngõ vào đồng bộ của FF điều khiển theo mức logic 1. Tại các thời điểm có sườn lên của tín hiệu xung nhịp Ck sẽ xuất hiện một xung dương tác động vào ngõ vào đồng bộ của FF điều khiển ngõ ra Q thay đổi trạng thái theo các ngõ vào. Sơ đồ mạch FF có tín hiệu Ck điều khiển theo sườn lên như hình 3.51.



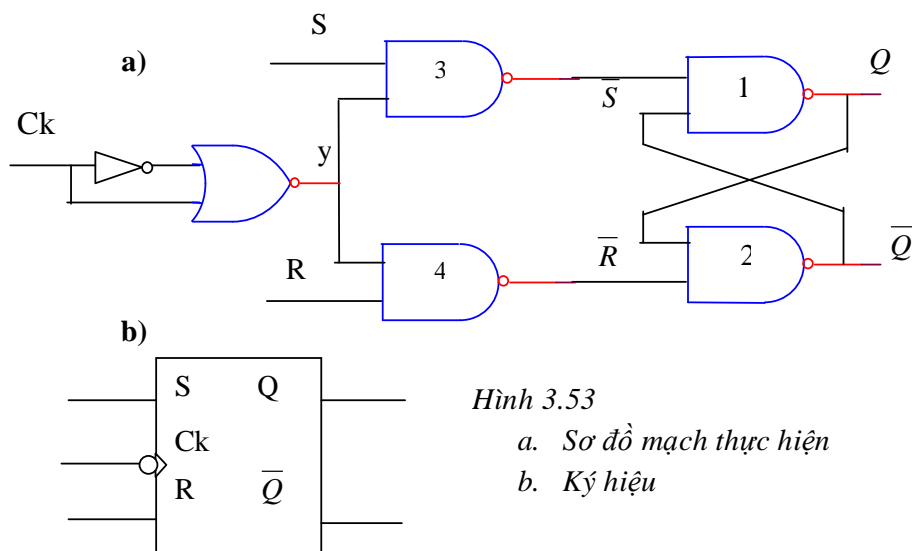
Hình 3.51. FF có tín hiệu Ck điều khiển theo sườn lên

Xét FF có Ck điều khiển theo sườn xuống (sườn sau):

Mạch tạo sườn xuống là mạch cải tiến tác động mức logic 0. Sơ đồ mạch và dạng sóng được cho ở hình 3.52. Trên hình 3.53 là ký hiệu trên sơ đồ mạch và sơ đồ thực hiện Flip-Flop tác động theo sườn xuống.



Hình 3.52. Mạch tạo sườn xuống
a. Sơ đồ mạch
b. Dạng sóng



Hình 3.53
a. Sơ đồ mạch thực hiện
b. Ký hiệu

(Sinh viên tự giải thích hoạt động của các mạch này).

Ý nghĩa của tín hiệu đồng bộ Ck:

Đối với các FF đồng bộ, các ngõ ra chỉ thay đổi trạng thái theo ngõ vào DATA khi xung Ck tồn tại mức 1 (đối với FF tác động mức 1), hoặc xung Ck tồn tại mức 0 (đối với FF tác động mức 0), hoặc xung Ck ở sườn lên (đối với FF tác động sườn lên), xung Ck ở sườn xuống (đối với FF tác động sườn xuống), còn tất cả các trường hợp khác của Ck thì ngõ ra không thay đổi trạng thái theo các ngõ vào mặc dù lúc đó các ngõ vào có thay đổi trạng thái.

Phương pháp điều khiển theo kiểu chủ tớ (Master - Slaver):

Đối với phương pháp này khi xung Ck tồn tại mức logic 1 dữ liệu sẽ được nhập vào FF, còn khi Ck tồn tại mức logic 0 thì dữ liệu chứa trong FF được xuất ra ngoài.

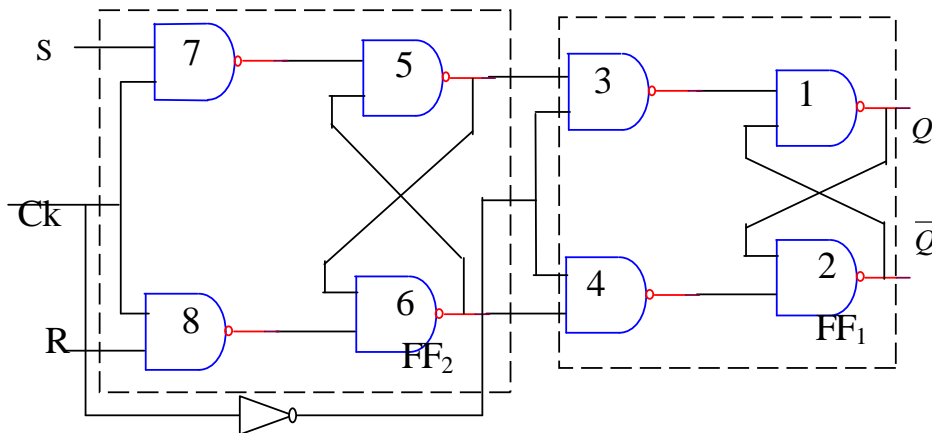
Về mặt cấu tạo bên trong gồm 2 FF: một FF thực hiện chức năng chủ (Master) và một FF thực hiện chức năng tớ (Slaver).

Hoạt động của FF điều khiển theo kiểu chủ/tớ: (hình 3.54)

+ Ck = 1: FF2 mở, dữ liệu được nhập vào FF2. Qua cổng đảo Ck = 0 (FF1 khóa nên giữ nguyên trạng thái cũ trước đó).

+ Ck = 0: FF2 khóa nên giữ nguyên trạng thái cũ trước đó. Qua cổng đảo Ck = 1 (FF1 mở, dữ liệu được xuất ra ngoài).

Chú ý: Tín hiệu Ck có thể được tạo ra từ mạch dao động đa hài không trạng thái bền.

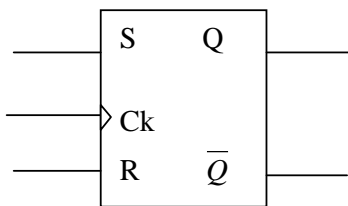


Hình 3.54. Phương pháp điều khiển theo kiểu chủ tớ

3.3.2.2. Phân loại FF theo chức năng

a. RSFF

Đó là FF có các ngõ vào và ngõ ra ký hiệu như hình vẽ.



Hình 3.55. Ký hiệu RSFF

Trong đó:

- S, R : các ngõ vào dữ liệu.
- Q, \bar{Q} : các ngõ ra.
- Ck : tín hiệu xung đồng bộ

Gọi S^n và R^n là trạng thái ngõ vào Data ở xung Ck thứ n.

Q^n , Q^{n+1} là trạng thái của ngõ ra Q ở xung Ck thứ n và thứ (n+1).

Lúc đó ta có bảng trạng thái mô tả hoạt động của RSFF:

S^n	R^n	Q^{n+1}
0	0	Q^n
0	1	0
1	0	1
1	1	X

Lưu ý rằng trạng thái khi cả 2 ngõ vào $S = R = 1$ lúc đó cả 2 ngõ ra có cùng mức logic, đây là trạng thái cấm của RSFF (thường được ký hiệu X).

Tiếp theo chúng ta sẽ đi xây dựng bảng đầu vào kích của RSFF. **Bảng đầu vào kích gồm 2 phần, phần bên trái liệt kê ra các yêu cầu** cần chuyển đổi của FF, và phần bên phải là các điều kiện tín hiệu đầu vào kích cần đảm bảo để đạt được các sự chuyển đổi ấy. Nếu các điều kiện đầu vào được đảm bảo thì FF sẽ chuyển đổi theo đúng yêu cầu. Thực chất bảng đầu vào kích của FF là sự khai triển bảng trạng thái của FF.

Ta viết lại bảng trạng thái của RSFF ở dạng khai triển như sau:

S^n	R^n	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	X
1	1	1	X

Trong bảng này, tín hiệu ngõ ra ở trạng thái tiếp theo (Q^{n+1}) sẽ phụ thuộc vào tín hiệu các ngõ vào data (S, R) và tín hiệu ngõ ở ra trạng thái hiện tại (Q^n).

Từ bảng khai triển trên ta xây dựng được bảng đầu vào kích cho RSFF:

Q^n	Q^{n+1}	S^n	R^n
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	0

Cũng từ bảng trạng thái khai triển ta có thể tìm được phương trình logic của RSFF bằng cách lập sơ đồ Karnaugh như sau:

Q^{n+1}		$Q^n S^n R^n$			
		00	01	11	10
0		0	0	X	1
1		1	0	X	1

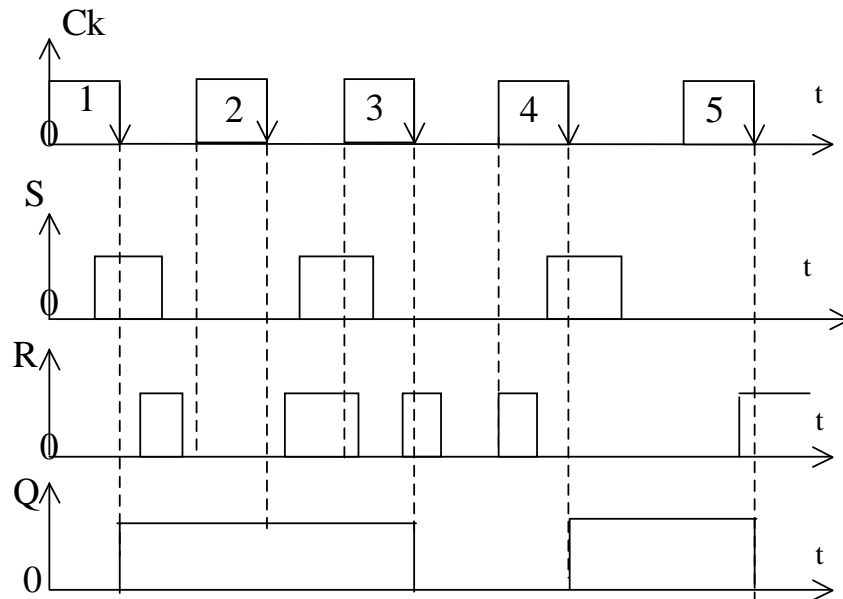
Từ bảng Karnaugh này ta có phương trình logic của RSFF:

$$Q^{n+1} = S^n + \overline{R^n} Q^n$$

Vì điều kiện của RSFF là $S.R=0$ nên ta có phương trình logic của RSFF được viết đầy đủ như sau:

$$\begin{cases} Q^{n+1} = S^n + \overline{R}^n Q^n \\ SR=0 \end{cases}$$

Dạng sóng minh họa hoạt động của RSFF trên hình 3.56:



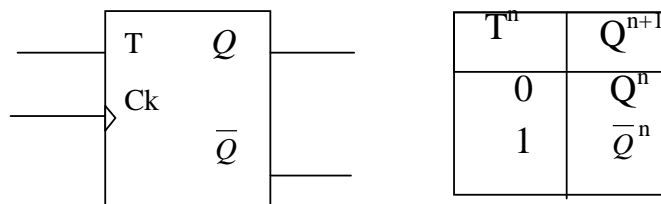
Hình 3.56. Đồ thị thời gian dạng sóng RSFF

b. TFF

TFF là FF có ngõ vào và ngõ ra ký hiệu và bảng trạng thái hoạt động như hình vẽ (hình 3.57):

Trong đó:

- T: ngõ vào dữ liệu
- Q, \overline{Q} : các ngõ ra
- Ck: tín hiệu xung đồng bộ.



Hệnh 3.57. Ký hiấu TFF vài báíng trấng thấi hoấu

Gọi T^n là trạng thái của ngõ vào DATA T ở xung Ck thứ n.

Gọi Q^n , Q^{n+1} là trạng thái của ngõ ra ở xung Ck thứ n và (n+1).

Lúc đó ta có bảng trạng thái hoạt động khai triển của TFF.

Từ bảng trạng thái này ta có nhận xét:

- + Khi $T=0$: mỗi khi có xung Ck tác động ngõ ra Q giữ nguyên trạng thái cũ trước đó.
- + Khi $T=1$: mỗi khi có xung Ck tác động ngõ ra Q đảo trạng thái.

T^n	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Từ bảng trạng thái khai triển của TFF ta tìm được bảng đầu vào kích của TFF như sau:

Q^n	Q^{n+1}	T^n
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Phương trình logic của TFF:

$$Q^{n+1} = \overline{T^n} \cdot Q^n + T^n \cdot \overline{Q^n} \quad (\text{dạng chính tắc 1})$$

Hoặc: $Q^{n+1} = (T^n + Q^n)(\overline{T^n} + \overline{Q^n}) \quad (\text{dạng chính tắc 2}).$

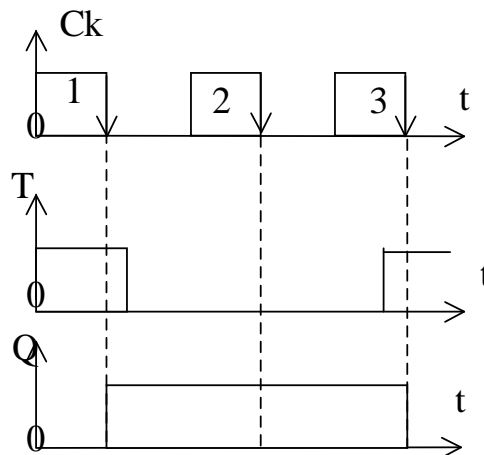
Viết gọn hơn:

$$Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n$$

(SV có thể lập Karnaugh và tối thiểu hóa để tìm phương trình logic của TFF).

Trên hình 3.58 minh họa đồ thị thời gian dạng sóng của TFF.

- Tín hiệu ra Q đầu tiên luôn luôn ở mức logic 0
- Tín hiệu Ck(1) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu T dưới mức logic 1. Theo bảng trạng thái : $T^0 = 1$ và $Q^0 = 0 \Rightarrow Q^1 = \overline{Q^0} = 1$.
- Tín hiệu Ck(2) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu T dưới mức logic 0. Theo bảng trạng thái : $T^1 = 0$ và $Q^1 = 1 \Rightarrow Q^2 = Q^1 = 1$ (Giữ nguyên trạng thái trước đó).
- Tín hiệu Ck(3) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu T dưới mức logic 1. Theo bảng trạng thái: $T^2 = 1$ và $Q^2 = 1 \Rightarrow Q^3 = \overline{Q^2} = 0$.



Hình 3.58

Trường hợp ngõ vào T luôn luôn bằng 1 (luôn ở mức logic 1):

Ck

1

2

3

4

5

t

Khi $T=1$ thì dạng sóng ngõ ra Q được cho trên hình vẽ. Ta có nhận xét rằng chu kỳ của ngõ ra Q bằng 2 lần chu kỳ tín hiệu xung Ck nên tần số của ngõ ra là:

$$f_Q = \frac{f_{CK}}{2}$$

Vậy, khi $T=1$ thì TFF giữ vai trò mạch chia tần số xung vào Ck .

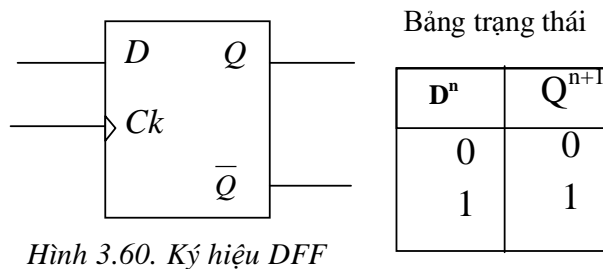
Tổng quát: Ghép nối tiếp n TFF với nhau sao cho ngõ ra của TFF trước sẽ nối với ngõ vào của TFF đứng sau (Ck_{i+1} nối với Q_i) và lúc bấy giờ tất cả các ngõ vào DATA T ở tất cả các TFF đều giữ mức logic 1, lúc đó tần số tín hiệu ngõ ra sẽ là:

$$f_{Q_n} = \frac{f_{CK}}{2^n}$$

với Q_n là tín hiệu ngõ ra của TFF thứ n ; f_{CK} là tần số xung clock ở ngõ vào đồng bộ TFF đầu tiên.

c. DFF

DFF là FF có ngõ vào và ngõ ra ký hiệu như hình 3.60.



Trong đó: D là ngõ vào dữ liệu. Q, \bar{Q} : các ngõ ra. Ck : tín hiệu xung đồng bộ.

Gọi D^n là trạng thái của ngõ vào DATA D ở xung Ck thứ n .

Gọi Q^n, Q^{n+1} là trạng thái của ngõ ra ở xung Ck thứ n và $(n+1)$.

Khai triển bảng trạng thái của DFF để tìm bảng đầu vào kích của DFF, ta có:

D^n	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

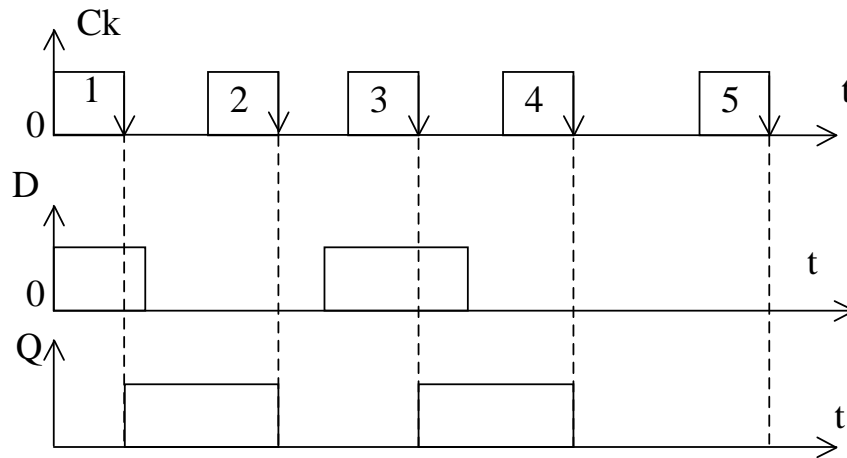
Bảng đầu vào kích của DFF:

Q^n	Q^{n+1}	D^n
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Phương trình logic của DFF:

$$Q^{n+1} = D^n$$

Trên hình 3.61 là đồ thị thời gian dạng sóng của DFF:



Hình 3.61. Đồ thị thời gian dạng sóng của DFF

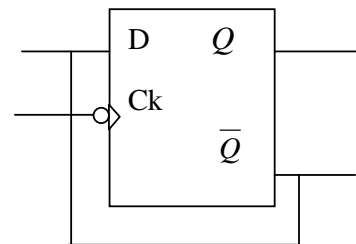
Giải thích dạng sóng của tín hiệu trên hình 3.61:

- Tín hiệu ra Q đầu tiên luôn luôn ở mức logic 0, $Q^0 = 0$
- Tín hiệu Ck(1) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D dưới mức logic 1. Theo bảng trạng thái ta có: $D^0 = 1 \Rightarrow Q^1 = 1$
- Tín hiệu Ck(2) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D dưới mức logic 0. Theo bảng trạng thái ta có: $D^1 = 0 \Rightarrow Q^2 = 0$
- ..v..v..

DFF đóng vai trò mạch chia tần số:

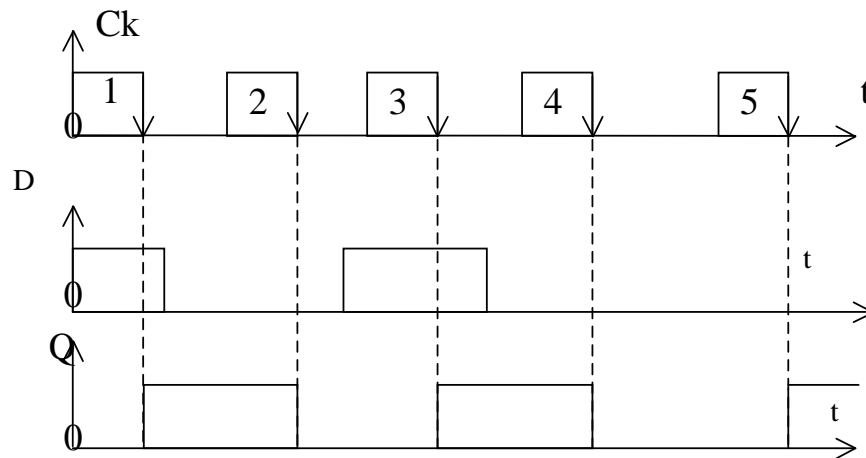
Trên hình 3.62 là sơ đồ mạch DFF thực hiện chức năng chia tần số. Ở mạch này ngõ ra \bar{Q} được nối ngược trở về ngõ vào D.

- Tín hiệu ra Q^0 đầu tiên luôn ở mức logic 0:
 $Q^0 = 0 \Rightarrow \bar{Q}^0 = D^1 = 1$
- Tín hiệu Ck(1) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D^1 dưới mức logic 1. $D^1 = 1 \Rightarrow Q^1 = 1 \Rightarrow \bar{Q}^1 = D^2 = 0$.
- Tín hiệu Ck(2) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D^2 dưới mức logic 0. $D^2 = 0 \Rightarrow Q^2 = 0 \Rightarrow \bar{Q}^2 = D^3 = 1$.
- Tín hiệu Ck(3) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D^3 dưới mức logic 1. $D^3 = 1 \Rightarrow Q^3 = 1 \Rightarrow \bar{Q}^3 = D^4 = 0$.



Hình 3.62.

- Tín hiệu Ck(4) điều khiển theo sườn xuống nhìn tín hiệu D⁴ dưới mức logic 0. $\Rightarrow Q^4 = 0$
..v..v..



Hình 3.63. Đồ thị thời gian dạng sóng mạch hình 3.62

Nhận xét về tần số ngõ ra:

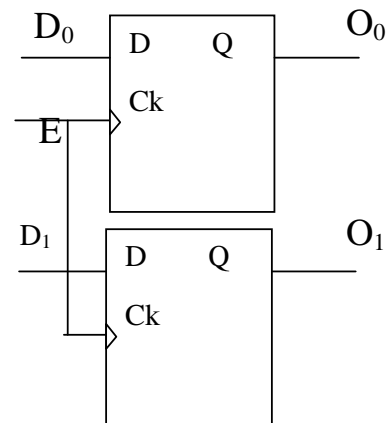
$$f_Q = \frac{f_{CK}}{2} \Rightarrow \text{DFF giữ vai trò như mạch chia tần số.}$$

Ứng dụng của DFF:

- Dùng DFF để chia tần số.
- Dùng DFF để lưu trữ dữ liệu để chế tạo các bộ nhớ và thanh ghi.
- Dùng DFF để chốt dữ liệu.

Trên hình 3.64 là sơ đồ mạch ứng dụng DFF để chốt dữ liệu. Hoạt động của mạch như sau:

- E=1: O₀ = D₀, O₁ = D₁ nên tín hiệu được đưa đến các FF.
- E=0: O₀ = D₀, O₁ = D₁ \rightarrow chốt dữ liệu trở lại.



Hình 3.64. Chốt dữ liệu dùng DFF

d. JKFF

JKFF là FF có ngõ vào và ngõ ra ký hiệu như hình vẽ :

Trong đó:

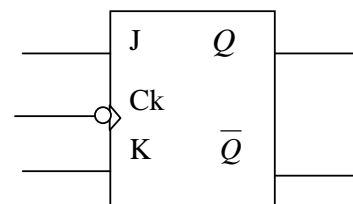
- J, K là các ngõ vào dữ liệu.
- Q, \bar{Q} là các ngõ ra.
- Ck là tín hiệu xung đồng bộ.

Gọi Jⁿ, Kⁿ là trạng thái ngõ vào J, K ở xung Ck thứ n.

Gọi Qⁿ, Qⁿ⁺¹ là trạng thái ngõ ra Q ở xung Ck thứ n và (n+1).

Lúc đó ta có bảng trạng thái mô tả hoạt động của JKFF:

J	K	Q ⁿ⁺¹
0	0	Q ⁿ
0	1	0
1	0	1
1	1	\bar{Q}^n



Hình 3.65. JKFF

Phương trình logic của JKFF:

$$Q^{n+1} = J^n \overline{Q^n} + \overline{K^n} \cdot Q^n$$

Từ bảng trạng thái ta thấy JKFF khắc phục được trạng thái cấm của RSFF, khi J=K=1 ngõ ra ở trạng thái kế tiếp đảo mức logic so với ngõ ra ở trạng thái hiện tại.

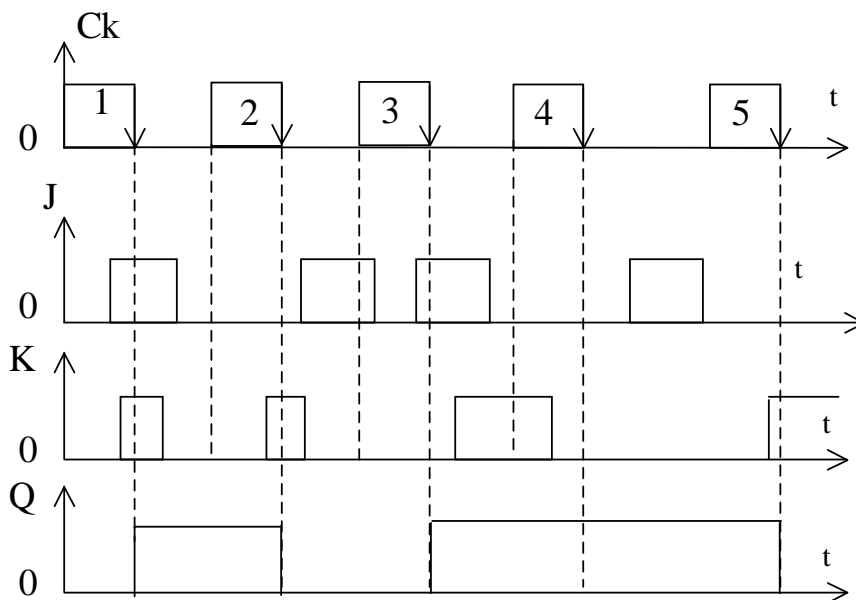
Để tìm bảng đầu vào kích của JKFF ta khai triển bảng trạng thái như sau:

J^n	K^n	Q^n	Q^{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

Từ bảng khai triển trên ta xây dựng được bảng đầu vào kích cho JKFF như sau:

Q^n	Q^{n+1}	S^n	R^n
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

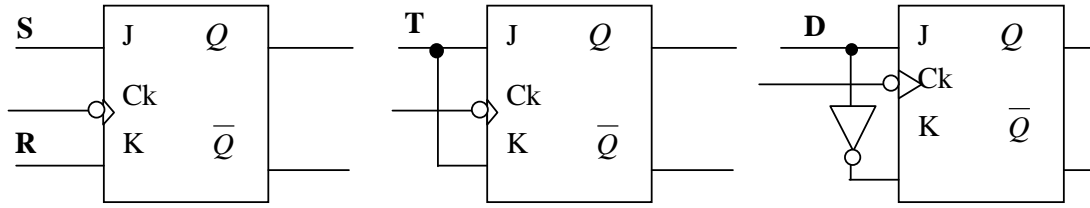
Đồ thị thời gian dạng sóng của JKFF:



Hình 3.66. Đồ thị thời gian dạng sóng JKFF

Nhận xét quan trọng: JKFF là mạch điện có chức năng thiết lập trạng thái 0, trạng thái 1, chuyển đổi trạng thái và duy trì trạng thái căn cứ vào các tín hiệu đầu vào J, K và xung nhịp đồng bộ Ck. Như vậy có thể nói JKFF là một FF rất vạn năng.

Trong thực tế, chúng ta có thể dùng JKFF để thực hiện chức năng của các FF khác: JKFF thay thế cho RSFF, JKFF thực hiện chức năng của TFF và DFF, các sơ đồ thực hiện được trình bày trên hình 3.67:



Hình 3.67. Dùng JKFF thực hiện chức năng của RSFF, TFF, DFF

Trên cơ sở khảo sát về 4 loại FF phân chia theo chức năng, chúng ta có thể xây dựng một bảng đầu vào kích tổng hợp cho cả 4 loại FF như sau:

Q^n	Q^{n+1}	S^n	R^n	J^n	K^n	T^n	D^n
0	0	0	X	0	X	0	0
0	1	1	0	1	X	1	1
1	0	0	1	X	1	1	0
1	1	X	0	X	0	0	1

3.3.3. Sự chuyển đổi lẫn nhau giữa các loại FF

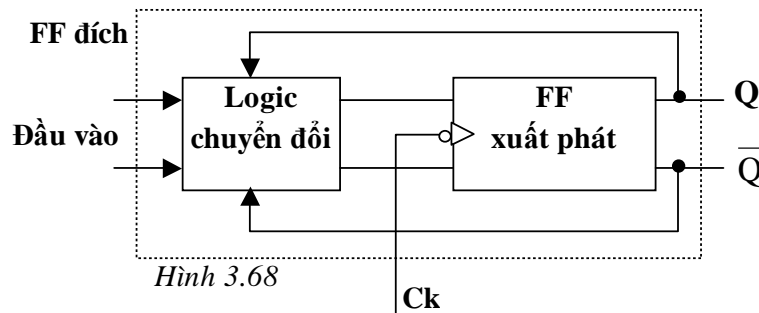
Đa số FF trên thị trường là loại JK, D trong khi kỹ thuật số yêu cầu tất cả các loại FF. Nếu biết cách chuyển đổi giữa các loại FF với nhau thì có thể phát huy tác dụng của loại FF sẵn có.

Trên thực tế, có thể chuyển đổi qua lại giữa các loại FF khác nhau. Có 2 phương pháp để thực hiện chuyển đổi giữa các loại FF:

- phương pháp biến đổi trực tiếp.
- phương pháp dùng bảng đầu vào kích và bảng Karnaugh.

a. Phương pháp biến đổi trực tiếp:

Đây là phương pháp sử dụng các định lý, tiên đề của đại số Boole để tìm phương trình logic tín hiệu kích thích đối với FF xuất phát. Sơ đồ khối thực hiện phương pháp này như sau (hình 3.68):



Hình 3.68

TFF chuyển đổi thành DFF, RSFF, JKFF:

- TFF \rightarrow RSFF:

$$\text{RSFF có pt: } \begin{cases} Q^{n+1} = S^n + \overline{R}^n Q^n & (1) \\ S^n R^n = 0 & (\text{điều kiện của RSFF}) \end{cases}$$

$$\text{TFF có pt: } Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n \quad (2)$$

So sánh (1) và (2) ta có:

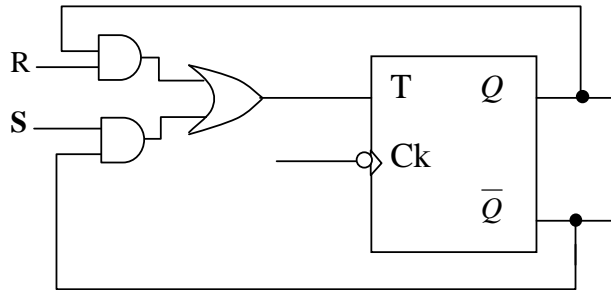
$$S^n + \overline{R^n} Q^n = T^n \oplus Q^n$$

Theo tính chất của phép toán XOR, ta có:

$$\begin{aligned} T^n &= Q^n \oplus (S^n + \overline{R^n} Q^n) = Q^n (\overline{S^n + \overline{R^n} Q^n}) + \overline{Q^n} (S^n + \overline{R^n} Q^n) \\ &= Q^n \overline{S^n} R^n + S^n \overline{Q^n} = Q^n \overline{S^n} R^n + S^n \overline{Q^n} + S^n R^n = Q^n R^n + S^n \overline{Q^n} \end{aligned}$$

Vậy: $T^n = Q^n R^n + S^n \overline{Q^n}$

Sơ đồ mạch thực hiện:



Hình 3.69. Chuyển đổi TFF thành RSFF

- TFF → DFF:

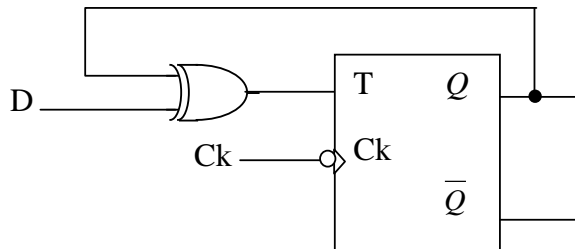
DFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = D^n$

TFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n$

Đồng nhất 2 phương trình: $D^n = T^n \oplus Q^n$

Theo tính chất của phép XOR ta suy ra: $T^n = D^n \oplus Q^n$

Sơ đồ mạch thực hiện:

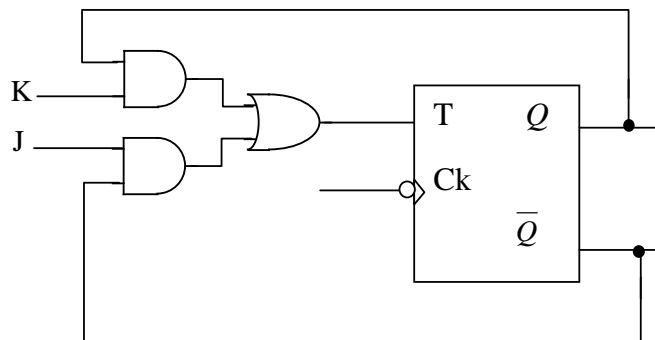


Hình 3.70. Chuyển đổi TFF thành DFF

- TFF → DFF: Thực hiện biến đổi hoàn toàn tương tự (như trường hợp chuyển đổi từ TFF sang RSFF) ta có logic chuyển đổi:

$$T^n = K^n Q^n + J^n \overline{Q^n}$$

Sơ đồ mạch chuyển đổi từ TFF sang JKFF



Hình 3.71. Chuyển đổi TFF thành JKFF

DFF chuyển đổi thành TFF, RSFF, JKFF:

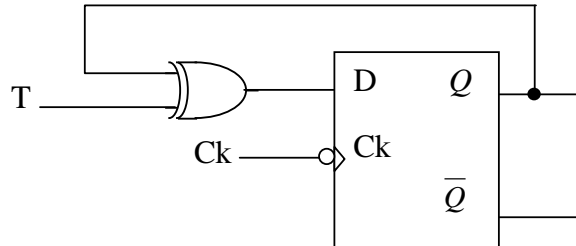
- DFF → TFF:

DFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = D^n$

TFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n$

Đồng nhất 2 phương trình ta có: $D^n = T^n \oplus Q^n$

Sơ đồ mạch thực hiện chuyển đổi (hình 3.72):



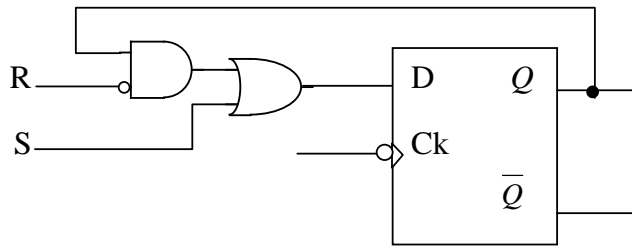
Hình 3.72. Chuyển đổi DFF thành TFF

- DFF → RSFF:

RSFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = S^n + \overline{R^n} Q^n$

Đồng nhất với phương trình của DFF ta có: $D^n = S^n + \overline{R^n} Q^n$

Sơ đồ mạch thực hiện chuyển đổi:



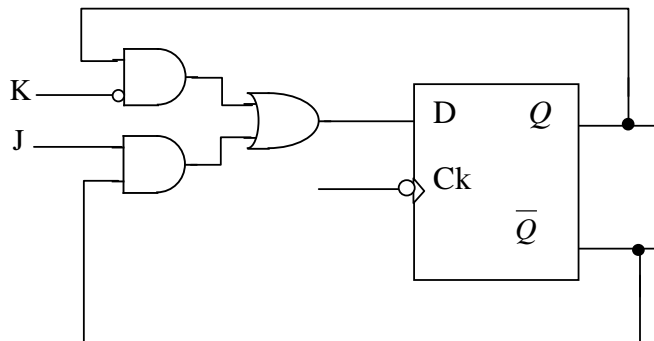
Hình 3.73. Chuyển đổi từ DFF sang RSFF

- DFF → JKFF:

Hoàn toàn tương tự ta có logic chuyển đổi từ DFF sang JKFF:

$$D^n = J^n \overline{Q^n} + \overline{K^n} Q^n$$

Sơ đồ mạch chuyển đổi trên hình 3.74:



Hình 3.74. Chuyển đổi DFF thành JKFF

RSFF chuyển đổi thành TFF, DFF, JKFF:

$$\text{RSFF có pt: } \begin{cases} Q^{n+1} = S^n + \overline{R^n} Q^n \\ S^n R^n = 0 \quad (\text{điều kiện của RSFF}) \end{cases}$$

Khi thực hiện chuyển đổi từ RSFF sang các FF khác cần kiểm tra điều kiện ràng buộc của RSFF đó là: $R^n S^n = 0$.

- RSFF → TFF:

TFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n$

Đồng nhất với phương trình của RSFF ta có:

$$S^n + \overline{R}^n Q^n = T^n \oplus Q^n = T^n \overline{Q}^n + \overline{T}^n Q^n$$

Từ biểu thức này, nếu ta đồng nhất:

$$\begin{cases} S^n = T^n \overline{Q}^n \\ R^n = T^n \end{cases}$$

thì suy ra:

$$S^n R^n = T^n \overline{Q}^n . T^n = T^n \overline{Q}^n \neq 0$$

nên không thỏa mãn điều kiện của RSFF.

Thực hiện biến đổi tiếp:

$$S^n + \overline{R}^n Q^n = T^n \overline{Q}^n + \overline{T}^n Q^n = T^n \overline{Q}^n + \overline{T}^n Q^n + \overline{Q}^n Q^n$$

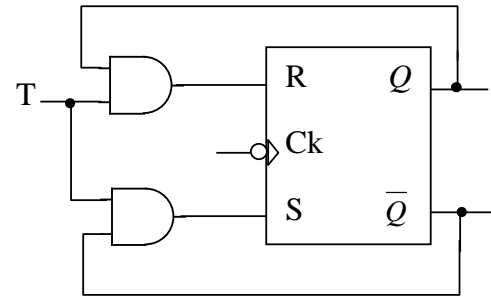
$$S^n + \overline{R}^n Q^n = T^n \overline{Q}^n + (\overline{T}^n + \overline{Q}^n) Q^n = T^n \overline{Q}^n + \overline{T}^n \overline{Q}^n Q^n$$

Đồng nhất 2 vế ta có:

$$\begin{cases} S^n = T^n \overline{Q}^n \\ R^n = T^n Q^n \end{cases}$$

thỏa mãn điều kiện: $R^n S^n = 0$.

Sơ đồ thực hiện: hình 3.75.



Hình 3.75. Chuyển đổi RSFF sang TFF

- RSFF → DFF: $Q^{n+1} = D^n$

Đồng nhất 2 phương trình: $S^n + \overline{R}^n Q^n = D^n$

Thực hiện biến đổi:

$$S^n + \overline{R}^n Q^n = D^n = D^n (Q^n + \overline{Q}^n) = D^n Q^n + D^n \overline{Q}^n \quad (a)$$

Mặt khác biểu thức của RSFF có thể biến đổi như sau:

$$\begin{aligned} S^n + \overline{R}^n Q^n &= S^n (Q^n + \overline{Q}^n) + \overline{R}^n Q^n = S^n Q^n + S^n \overline{Q}^n + \overline{R}^n Q^n \\ &= S^n Q^n (R^n + \overline{R}^n) + S^n \overline{Q}^n + \overline{R}^n Q^n \\ &= S^n Q^n \overline{R}^n + S^n \overline{Q}^n + \overline{R}^n Q^n \\ &= \overline{R}^n Q^n (1 + S^n) + S^n \overline{Q}^n \\ &= \overline{R}^n Q^n + S^n \overline{Q}^n \end{aligned} \quad (b)$$

Từ (a) và (b) ta có:

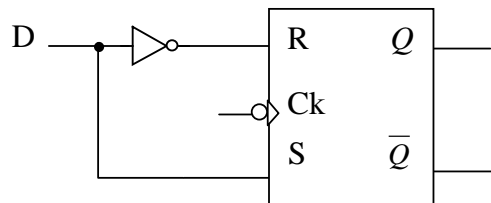
$$D^n Q^n + D^n \overline{Q}^n = \overline{R}^n Q^n + S^n \overline{Q}^n$$

Đồng nhất 2 vế suy ra:

$$\begin{cases} S^n = D^n \\ R^n = \overline{D}^n \end{cases}$$

thỏa mãn điều kiện $R^n S^n = 0$.

Sơ đồ thực hiện: hình 3.76.



Hình 3.76. RSFF → DFF

- RSFF → JKFF:

Đồng nhất 2 phương trình logic của RSFF và JKFF ta có:

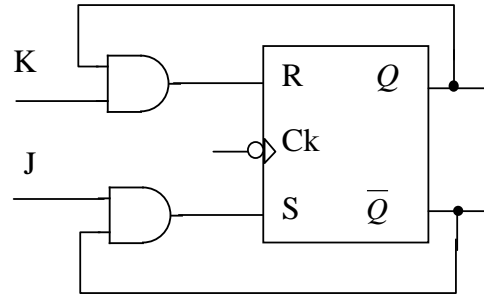
$$\begin{aligned} Q^{n+1} &= S^n + \overline{R}^n Q^n = J^n \overline{Q}^n + \overline{K}^n Q^n \\ &= J^n \overline{Q}^n + \overline{K}^n Q^n + Q^n \overline{Q}^n = J^n \overline{Q}^n + (\overline{K}^n + Q^n) Q^n = J^n \overline{Q}^n + \overline{K}^n Q^n \end{aligned}$$

So sánh ta có:

$$\begin{cases} S^n = J^n \overline{Q}^n \\ R^n = K^n Q^n \end{cases}$$

thỏa mãn điều kiện của RSFF.

Sơ đồ thực hiện: hình 3.77.



Hình 3.77. RSFF → JKFF

JKFF chuyển đổi thành TFF, DFF, RSFF:

Như đã trình bày ở trên, JKFF là một FF vạn năng, có thể dùng JKFF để thay thế cho RSFF hoặc dùng JKFF thực hiện chức năng DFF, TFF. Sơ đồ thực hiện các mạch này như ở hình 3.67. Phần này tập trung chứng minh các biểu thức logic chuyển đổi từ JKFF sang các FF khác.

JKFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = J^n \overline{Q}^n + \overline{K}^n Q^n$

- JKFF → TFF:

TFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = T^n \oplus Q^n = T^n \overline{Q}^n + \overline{T}^n Q^n$

So sánh với phương trình của JKFF ta suy ra logic chuyển đổi:

$$\begin{cases} J^n = T^n \\ K^n = T^n \end{cases}$$

- JKFF → DFF:

DFF có phương trình logic: $Q^{n+1} = D^n$

Viết lại biểu thức này ta có: $Q^{n+1} = D^n = D^n (Q^n + \overline{Q}^n) = D^n Q^n + D^n \overline{Q}^n$

So sánh với biểu thức của JKFF ta có logic chuyển đổi:

$$\begin{cases} J^n = D^n \\ K^n = \overline{D}^n \end{cases}$$

- JKFF → RSFF:

Đối với RSFF có phương trình logic đã tìm được ở công thức (b):

$$Q^{n+1} = S^n + \overline{R}^n Q^n = S^n \overline{Q}^n + \overline{R}^n Q^n \quad (b)$$

So sánh với phương trình logic của JKFF ta có logic chuyển đổi:

$$\begin{cases} J^n = S^n \\ K^n = R^n \end{cases}$$

b. Phương pháp dùng bảng đầu vào kích và bảng Karnaugh:

Trong phương pháp này, các đầu vào dữ liệu (data) của FF ban đầu là hàm ra với các biến là trạng thái ngõ ra Q^n và các đầu vào data của FF cần chuyển đổi. Để thực hiện chuyển đổi ta dựa vào bảng tín hiệu đầu vào kích của các FF và lập bảng Karnaugh, thực hiện tối giản để tìm logic chuyển đổi. Bảng tín hiệu đầu vào kích tổng hợp như sau:

Q^n	Q^{n+1}	S^n	R^n	J^n	K^n	T^n	D^n
0	0	0	X	0	X	0	0
0	1	1	0	1	X	1	1
1	0	0	1	X	1	1	0
1	1	X	0	X	0	0	1

Xét các trường hợp cụ thể:

- chuyển đổi từ JKFF \rightarrow TFF : $J = f(T, Q^n)$ và $K = f(T, Q^n)$
- chuyển đổi từ JKFF \rightarrow DFF : $J = f(D, Q^n)$ và $K = f(D, Q^n)$
- chuyển đổi từ JKFF \rightarrow RSFF : $J = f(S, R, Q^n)$ và $K = f(S, R, Q^n)$
- chuyển đổi từ RSFF \rightarrow TFF : $R = f(T, Q^n)$ và $S = f(T, Q^n)$
- chuyển đổi từ RSFF \rightarrow DFF : $R = f(D, Q^n)$ và $S = f(D, Q^n)$
- chuyển đổi từ RSFF \rightarrow JKFF : $R = f(J, K, Q^n)$ và $S = f(J, K, Q^n)$
- chuyển đổi từ TFF \rightarrow DFF : $T = f(D, Q^n)$
- chuyển đổi từ TFF \rightarrow RSFF : $T = f(R, S, Q^n)$
- chuyển đổi từ TFF \rightarrow JKFF : $T = f(J, K, Q^n)$
- chuyển đổi từ DFF \rightarrow TFF : $D = f(T, Q^n)$
- chuyển đổi từ DFF \rightarrow RSFF : $D = f(R, S, Q^n)$
- chuyển đổi từ DFF \rightarrow JKFF : $D = f(J, K, Q^n)$

Ví dụ 1: Chuyển đổi từ JKFF \rightarrow DFF dùng phương pháp bảng.

Ta có các hàm cần tìm:

$$J = f(D, Q^n) \text{ và } K = f(D, Q^n)$$

Dựa vào bảng đầu vào kích tổng hợp ta lập bảng Karnaugh:

		D	
		0	1
Q ⁿ	0	0	1
	1	X	X

$J = D$

		D	
		0	1
Q ⁿ	0	X	X
	1	1	0

$K = \overline{D}$

Tối giản theo dạng chính tắc 1 ta có: $J = D$ và $K = \overline{D}$.

Ví dụ 2: Chuyển đổi từ JKFF \rightarrow RSFF dùng phương pháp bảng.

Ta có các hàm cần tìm:

$$J = f(S, R, Q^n)$$

$$K = f(S, R, Q^n)$$

Dựa vào bảng đầu vào kích tổng hợp lập bảng Karnaugh (xem bảng).

Tối giản theo dạng chính tắc 1 ta có: $J = S$ và $K = R$.

		SR			
		00	01	11	10
Q ⁿ	0	0	0	X	1
	1	X	X	X	X

$J = S$

		SR			
		00	01	11	10
Q ⁿ	0	X	X	X	X
	1	0	1	X	0

$K = R$