

NASCIMENTOS DOS FLIP-FLOPS – IMPLEMENTAÇÕES DOS TIPOS D, JK, T, RS A PARTIR DE LATCH PRIMITIVOS – NAND E NOR

a) Implementação de um F/F tipo D a partir do Latch primitivo

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NAND

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
1	X	0 → 0
0	1	0 → 1
1	0	1 → 0
X	1	1 → 1

D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

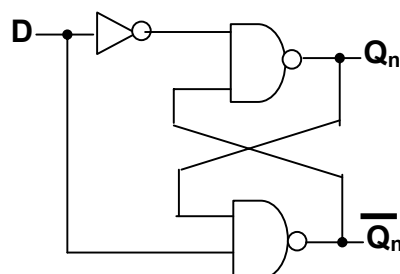
D	0	1
Q_n 0	1	0
1	1	X

$S = \bar{D}$

D	0	1
Q_n 0	X	1
1	0	1

$C = D$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



IMPLEMENTAÇÃO F/F TIPO D SÍNCRONO

A implementação do F/F tipo D síncrono, é realizada pela tabela de estados com o clock.

Tabela de estados do F/Ftipo D, síncrono borda de subida

CLK	D	Q _n	Q _{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

A implementação da lógica de saída para o LATCH é mostrada a seguir

CLK \ D	00	01	11	10
0	1	1	0	1
1	X	X	X	1

CLK \ D	00	01	11	10
0	X	X	1	X
1	1	1	1	0

$$S = \overline{D} + \overline{CLK}$$

$$C = D + \overline{CLK}$$

Colocando em termos de blocos NE, fica :

$$S = \overline{D \cdot CLK} \quad C = \overline{\overline{D} \cdot CLK}$$

O circuito final, fica :

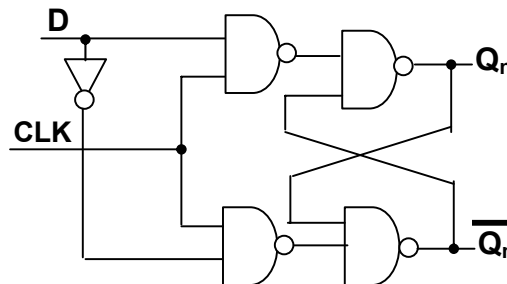


Tabela de estados do F/Ftipo D, síncrono borda de descida

CLK	D	Q _n	Q _{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

A implementação da lógica de saída para o LATCH é mostrada a seguir

CLK \ D	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	X	X	X

CLK \ D	00	01	11	10
0	X	1	X	X
1	0	1	1	1

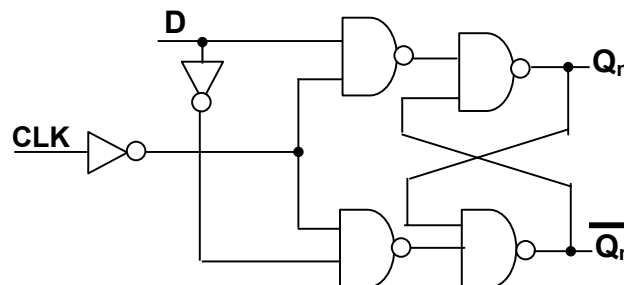
$$S = \overline{D} + CLK$$

$$C = D + CLK$$

Colocando em termos de blocos NE, fica :

$$S = \overline{\overline{D} \cdot CLK} \quad C = \overline{\overline{D} \cdot CLK}$$

O circuito final, fica :



c) Implementação do F/F JK, a partir do LATCH primitivo.

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NAND

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
1	X	0 → 0
0	1	0 → 1
1	0	1 → 0
X	1	1 → 1

J	K	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

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do

Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

		JK			
		00	01	11	10
Q _n	0	1	1	0	0
	1	X	1	1	X

$$S = \bar{J} + Q_n$$

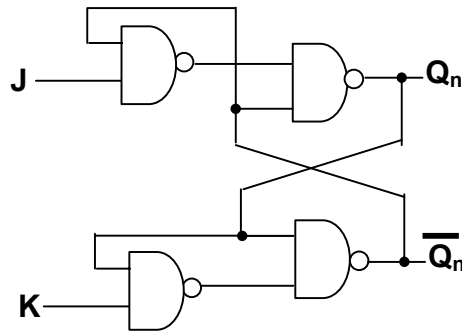
		JK			
		00	01	11	10
Q _n	0	X	X	1	1
	1	1	0	0	1

$$C = \bar{K} + \bar{Q}_n$$

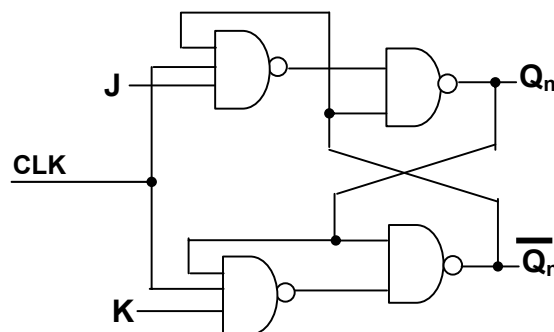
Em termos de blocos NE, fica :

$$S = J\bar{Q}_n \quad \text{e} \quad C = \bar{K}Q_n$$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



A implementação do F/F JK com clock, fica :



c) Implementação do F/F T, a partir do LATCH primitivo.

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NAND

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
1	X	0 → 0
0	1	0 → 1
1	0	1 → 0
X	1	1 → 1

T	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

T \ Q_n	0	1
0	1	0
1	X	1

$$S = \bar{T} + Q_n$$

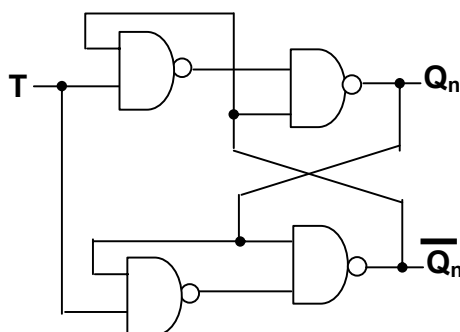
T \ Q_n	0	1
0	X	1
1	1	0

$$C = \bar{T} + \bar{Q}_n$$

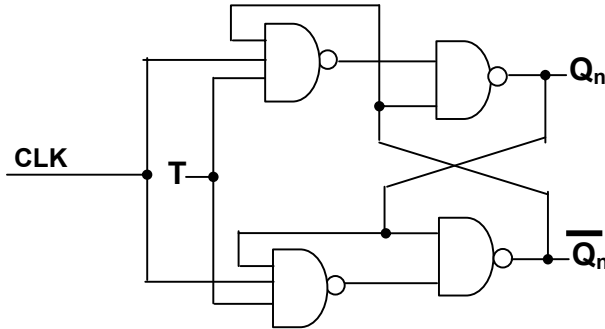
Em termos de blocos NE, fica :

$$S = T\bar{Q}_n \quad \text{e} \quad C = \bar{T}Q_n$$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



A implementação do F/F T com clock, fica :



b) Implementação de um F/F tipo D a partir do Latch primitivo

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NOR

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
0	X	0 → 0
1	0	0 → 1
0	1	1 → 0
X	0	1 → 1

D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

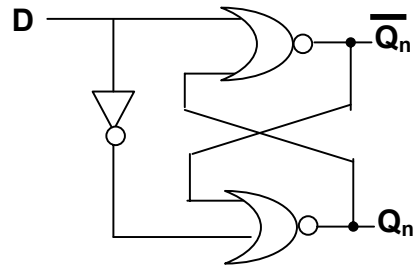
D	0	1
Q_n 0	0	1
1	0	X

$S = D$

D	0	1
Q_n 0	X	0
1	1	0

$C = \bar{D}$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



IMPLEMENTAÇÃO F/F TIPO D SÍNCRONO

A implementação do F/F tipo D síncrono, é realizada pela tabela de estados com o clock.

Tabela de estados do F/Ftipo D, síncrono borda de subida

CLK	D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

A implementação da lógica de saída para o LATCH é mostrada a seguir

CLK	D	00	01	11	10
0	0	0	0	1	0
1	X	X	X	X	0

CLK	D	00	01	11	10
0	X	X	0	X	X
1	0	0	0	0	1

$$S = D.CLK$$

$$C = \bar{D}.CLK$$

Colocando em termos de blocos NOR, fica :

$$S = D.CLK$$

$$C = \bar{D}.CLK$$

O circuito final, fica :

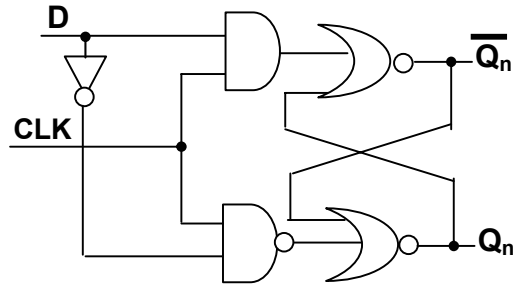


Tabela de estados do F/F tipo D, síncrono borda de descida

CLK	D	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

A implementação da lógica de saída para o LATCH é mostrada a seguir

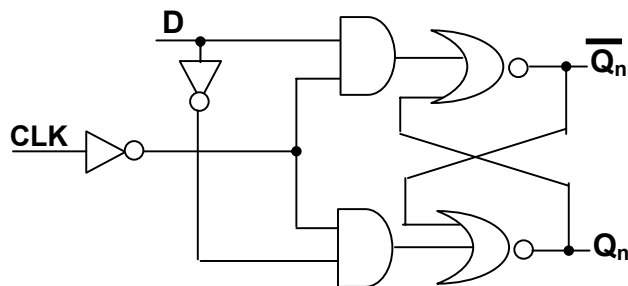
CLK \ D	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	0	X	X	X

$$S = D \cdot \overline{CLK}$$

CLK \ D	00	01	11	10
0	X	0	X	X
1	1	0	0	0

$$C = \overline{D} \cdot \overline{CLK}$$

O circuito final, fica :



c) Implementação do F/F JK, a partir do LATCH primitivo.

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NOR

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
0	X	0 → 0
1	0	0 → 1
0	1	1 → 0
X	0	1 → 1

J	K	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

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

JK \ Q_n	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	X	0	0	X

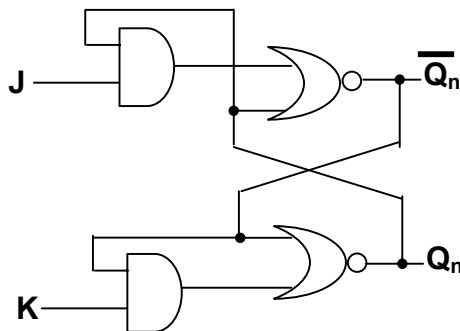
$$S = J \cdot \bar{Q}_n$$

$$S = J \bar{Q}_n \quad \text{e} \quad C = K Q_n$$

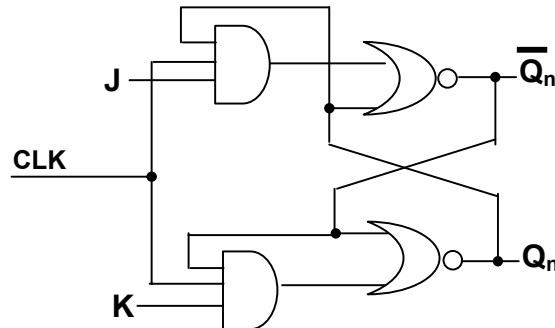
JK \ Q_n	00	01	11	10
0	X	X	0	0
1	0	1	1	0

$$C = K \cdot Q_n$$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



A implementação do F/F JK com clock, fica :



c) Implementação do F/F T, a partir do LATCH primitivo.

Inicialmente partimos da tabela de transição do LATCH primitivo e a tabela de estados do F/F a ser implementado.

LATCH - NOR

S	C	$Q_n \rightarrow Q_{n+1}$
0	X	0 → 0
1	0	0 → 1
0	1	1 → 0
X	0	1 → 1

T	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A lógica a ser implementada, deve-se proceder da seguinte forma para cada célula do mapa de Karnaugh, existe a mesma linha na tabela de estados do F/F desejado. Encontrar a linha e verificar qual o estado futuro. Daí ir para a tabela de transição do Latch e pegar a transição correspondente. Em seguida preencher os mapas de acordo com a transição correspondente no LATCH.

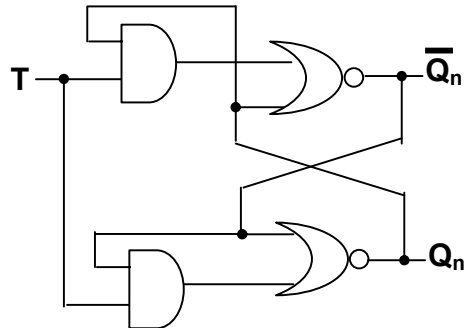
		T	
		0	1
Q_n	0	0	1
	1	X	0

$$S = T \cdot \bar{Q}_n$$

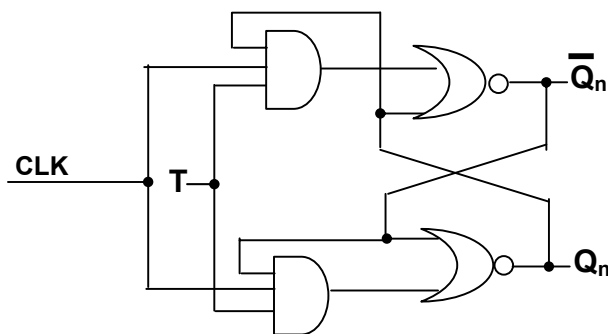
		T	
		0	1
Q_n	0	X	0
	1	0	1

$$C = T \cdot Q_n$$

A implementação do F/F usando o bloco primitivo latch, temos :



A implementação do F/F T com clock, fica :



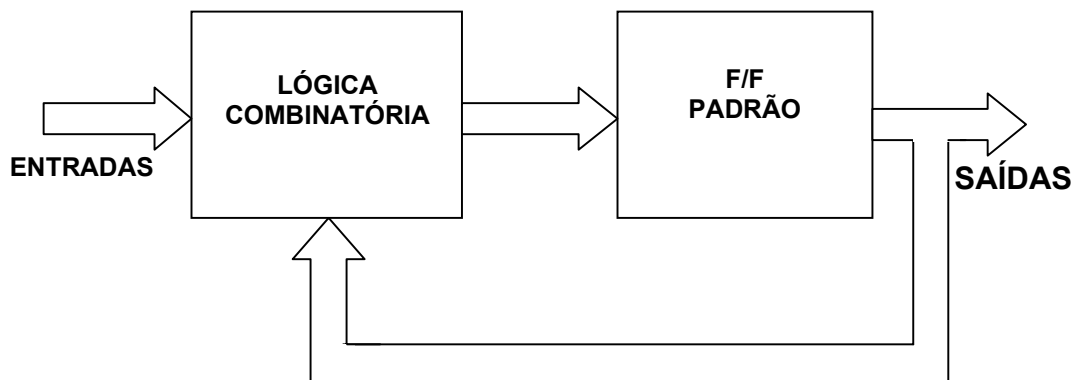
Obs.: A próxima etapa é considerar os F/Fs como blocos primitivos e utilizá-los na implementação de contadores registradores etc...

TRANSFORMAÇÃO DE FLIP-FLOPS

A conversão de um tipo de F/F em outro tipo é útil somente na falta deste, mas o exercício de conversão que descreve como criar :

- Uma tabela de estados presente e futuro e saída,
- Uma tabela de transição do F/F,
- A lógica combinatória de conversão do F/F.

O circuito de conversão de F/F é mostrado no diagrama de bloco a seguir.



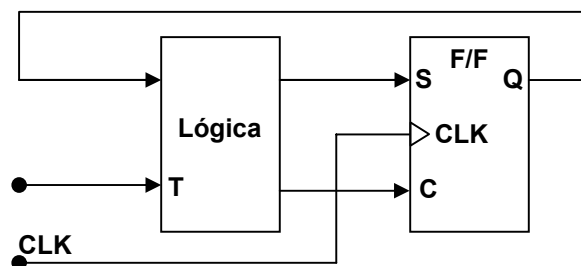
Como primeiro exemplo, vamos transformar o F/F tipo SC em um F/F tipo T. O procedimento para implementação é segundo os itens a seguir :

- Identificar o F/F padrão;
- Montar as tabelas de estados de cada um dos F/Fs;
- Montar a tabela de transição do F/F desejado;
- Construir a tabela da verdade ou mapa K para síntese das variáveis de saída; da lógica combinatória de acionamento do F/F padrão;
- Síntese das variáveis de saída da lógica combinatória;
- Circuito final de implementação do F/F desejado.

No exemplo o procedimento conforme o item a) é identificado pelo enunciado que diz transformar o F/F tipo SC, assim o F/F tipo SC é o padrão.

Toda implementação digital, o melhor procedimento é entender o que se pede e daí um esquema em bloco de representação do problema, poderá auxiliar na solução e no encaminhamento do problema.

- Esquema em bloco de representação do problema.



a) O F/F padrão é o tipo SC;
 Para o item b) a montagem das tabelas dos F/Fs parte das tabelas simplificadas dos F/Fs T e SC. A tabela a seguir mostra as tabelas simplificadas dos F/Fs.

TABELA X.1 Simplificada dos F/Fs T e SC.

T	Q_{n+1}		S	C	Q_{n+1}
0	Q_0		0	0	Q_n
1	$\neg Q_0$		0	1	0
-	-		1	0	1
-	-		1	1	P

A seguir o item c) mostra as tabelas expandidas dos F/Fs tipo T e SC.

b) Tabela completa de estados dos F/Fs tipo T e SC.

b.1) Tipo T

TABELA X.2

T	Q_n	Q_{n+1}
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

b.2) Tipo SC

TABELA X.3

S	C	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	P
1	1	1	P

Para a implementação da tabela de transição, parte-se da tabela expandida. Observando-se a tabela expandida do F/F tipo SC, tomamos as colunas de Q_n e Q_{n+1} . Montamos uma nova tabela com linhas das transição de $0 \rightarrow 0$, $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 0$ e de $1 \rightarrow 1$ e para cada destas linhas observamos o valor da entrada SC para que exista esta condição. Caso a tabela expandida seja por exemplo para 8 linhas, sendo 2 variáveis de entrada e assim apresenta duas linhas para cada linha de transição.

c) Tabela de transição do F/F tipo SC padrão.

TABELA X.4

S	C	$Q_0 \rightarrow Q_n$
0	X	$0 \rightarrow 0$
1	0	$0 \rightarrow 1$
0	1	$1 \rightarrow 0$
X	0	$1 \rightarrow 1$

d) Implementação da lógica combinatória

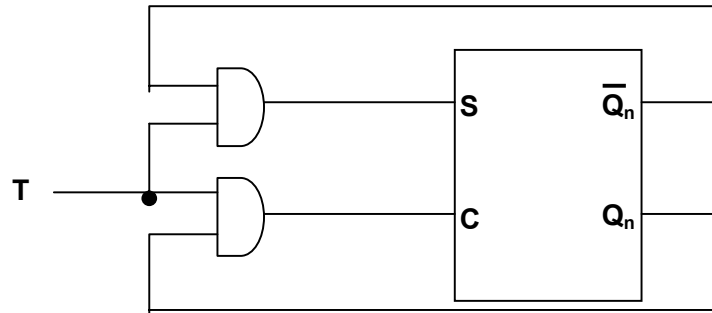
	0	1
Q_n 0	0	1
1	x	0

	0	1
Q_n 0	x	0
1	0	1

$$S = T\bar{Q}_n$$

$$C = TQ_n$$

e) Circuito do F/F TIPO T, implementado com F/F do tipo SC.



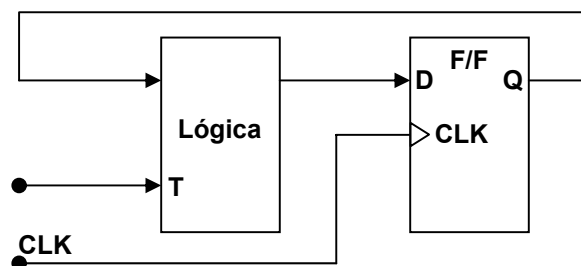
Como segundo exemplo, vamos transformar o F/F tipo D em um F/F tipo T. O procedimento para implementação é segundo os itens a seguir :

- Identificar o F/F padrão;
- Montar as tabelas de estados de cada um dos F/Fs;
- Montar a tabela de transição do F/F desejado;
- Construir a tabela da verdade ou mapa K para síntese das variáveis de saída; da lógica combinatória de acionamento do F/F padrão;
- Síntese das variáveis de saída da lógica combinatória;
- Circuito final de implementação do F/F desejado.

No exemplo o procedimento conforme o item a) é identificado pelo enunciado que diz transformar o F/F tipo D, assim o F/F tipo D é o padrão.

Toda implementação digital, o melhor procedimento é entender o que se pede e daí um esquema em bloco de representação do problema, poderá auxiliar na solução e no encaminhamento do problema.

1) Esquema em bloco de representação do problema.



a) O F/F padrão é o tipo D;

Para o item b) a montagem das tabelas dos F/Fs parte das tabelas simplificadas dos F/Fs T e D. A tabela a seguir mostra as tabelas simplificadas dos F/Fs.

TABELA X.1 Simplificada dos F/Fs T e D.

T	Q_n		D	Q_n
0	Q_0		0	0
1	$\neg Q_0$		1	1

A seguir o item c) mostra as tabelas expandidas dos F/Fs tipo T e D.

b) Tabela completa de estados dos F/Fs tipo T e D.

b.1) Tipo T

TABELA X.2

T	Q_0	Q_n
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

b.2) Tipo D

TABELA X.3

D	Q_0	Q_n
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Para a implementação da tabela de transição, parte-se da tabela expandida. Observando-se a tabela expandida do F/F tipo D, tomamos as colunas de Q_0 e Q_n . Montamos uma nova tabela com linhas das transição de $0 \rightarrow 0$, $0 \rightarrow 1$, $1 \rightarrow 0$ e de $1 \rightarrow 1$ e para cada destas linhas observamos o valor da entrada D para que exista esta condição. Caso a tabela expandida seja por exemplo para 8 linhas, sendo 2 variáveis de entrada e assim apresenta duas linhas para cada linha de transição, o valor das entradas deve ser montadas observando qual das duas variáveis deve ser mantida fixa e qual das 2 variáveis pode ser irrelevante. Existem casos onde as 02 variáveis devem ser mantidas com os seus verdadeiros valores e não irrelevantes. Todos esses casos serão aqui analisados e discutidos com exemplos reais. A tabela a seguir mostra a implementação da tabela de transição do F/F tipo D, montado conforme o procedimento acima. Toda a tabela de transição apresenta 04 linhas de transições, conforme é mostrada a tabela X.2.

Por exemplo a transição de $0 \rightarrow 0$, observando a tabela expandida do F/F tipo D, a condição que leva a esta condição é $D = 0$ e no caso $1 \rightarrow 1$, $D = 1$, mas para o caso onde a linha de transição é de $1 \rightarrow 0$, o $D = 0$ e a linha de transição de $0 \rightarrow 1$, $D = 1$. Notar que a tabela expandida equivale à tabela de transição, mudando somente a forma de apresentação da tabela.

c) Tabela de transição do F/F tipo D padrão.

TABELA X.4

D	$Q_0 \rightarrow Q_n$
0	$0 \rightarrow 0$
1	$0 \rightarrow 1$
0	$1 \rightarrow 0$
1	$1 \rightarrow 1$

A partir da montagem da tabela de transição, está pronto para a implementação da lógica de saída de acionamento da variável D do F/F padrão. Deverá ser construída uma tabela da verdade ou um mapa Karnaugh onde as variáveis de entrada serão as variáveis do F/F desejado, no caso a variável T e o estado de saída do F/F Q_0 . Em circuitos síncronos sempre as tabelas serão montados a partir das variáveis de entrada e dos valores passados representados pelas saídas dos F/Fs (Q_0, Q_1, \dots, Q_n). No exemplo a seguir somente um F/F e portanto uma única variável de estado Q_0 , onde as colunas são as variáveis de entrada e as linhas os estados dos F/Fs, no caso, somente uma variável T e um estado Q_0 .

d) Lógica combinatória de implementação do F/F

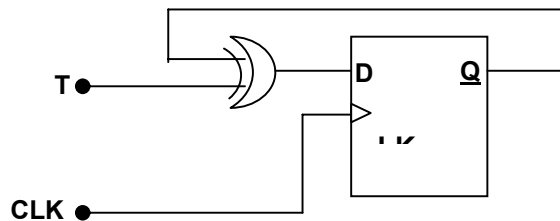
T	0	1
0	0	1
1	1	0

A expressão de saída D será minimizando o mapa de Karnaugh e assim fica :

$$e) D = \overline{T}Q + T\overline{Q} = T \oplus Q \Rightarrow \text{Para } T = 1, \text{ temos } D = \overline{Q} .$$

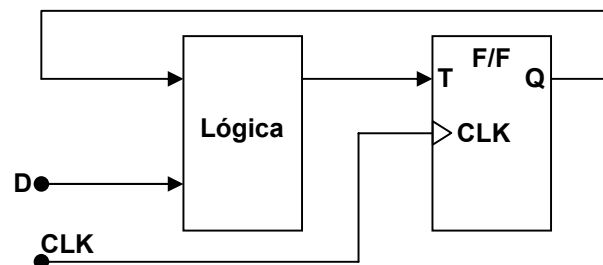
O circuito será montado a partir da expressão realizada no item 5), considerando o F/F padrão tipo D.

f) Circuito final de implementação do F/F tipo D a partir do F/F tipo D.



Como segundo exemplo pode-se realizar a transformação do F/F tipo T em um F/F do tipo D. Aproveitar-se á do exemplo anterior as tabelas de estados dos F/Fs tipo T e D. A montagem do esquema em bloco de representação do problema é montada a seguir.

1) Esquema em bloco de representação do problema.



Segue daqui os procedimentos para a solução do problema. Os procedimentos de a) até f), serão realizados.

- a) O F/F padrão é o tipo T;
- b) A tabela de estados é as apresentadas no exemplo anterior;
- c) A tabela de transição do F/F padrão é apresentada a seguir.

TABELA X.4

T	$Q_0 \rightarrow Q_n$
0	0 → 0
1	0 → 1
1	1 → 0
0	1 → 1

A tabela de transição do F/F tipo T, foi montada da seguinte forma, observando a tabela expandida do F/F tipo T, vemos 04 linhas de transições e assim se rearranjando a tabela expandida agrupando-se as colunas Q_0 e Q_n , para cada linha de transição existe o valor digital assumido para esta condição para a variável T e assim para $Q_0 = Q_n$, valor de será $T = 0$, vemos que o valor futuro da saída do F/F assume o valor atual de sua saída ou seja não há mudança de estado e assim $T = 0$ para estas duas linhas de transições. Para $Q_n = /Q_0$, o valor de $T = 1$ e assim existe mudança de estado.

A partir da tabela de transição o passo a seguir é montar a lógica de acionamento do F/F padrão. A tabela a seguir, mapa de Karnaugh com a variável de entrada D nas colunas e o estado interno Q do F/F.

d) Montagem do mapa de Karnaugh

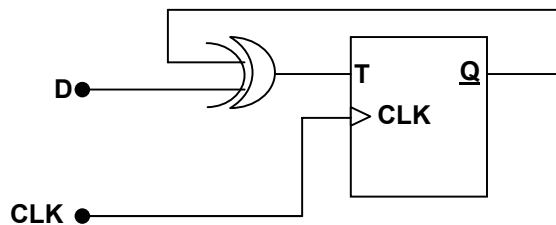
D	0	1
0	0	1
1	1	0

Do mapa de Karnaugh retira-se a função minimizada de T, conforme a seguir :

e) A expressão $T = D \oplus Q$ e igualmente no exemplo passado para $D = 1 \Rightarrow T = \neg Q$.

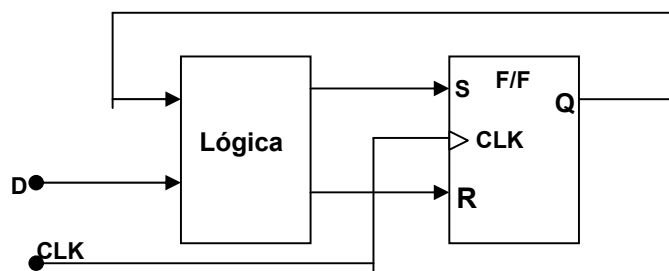
O circuito a seguir mostra a implementação do F/F tipo D implementado a partir do F/F padrão tipo T.

f) Circuito final de implementação do F/F tipo D a partir do F/F tipo D.



A seguir o próximo exemplo de transformação do F/F RS em F/F tipo D. Da mesma forma nos exemplos anteriores o esquema de representação em bloco do problema vai orientar todos os passos para a implementação final.

1) Esquema de representação em bloco do F/F.



O próximo passo é responder o item a), onde o F/F padrão é o F/F RS. Assim a seguir montamos a tabela expandida do F/F RS, a partir da tabela simplificada apresentada a seguir.

b) Tabela simplificada e expandida do F/F RS.

b.1) Tabela simplificada do F/F RS

TABELA – Simplificada do F/F RS

R	S	Q _n
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	Proibido

b.2) Tabela expandida do F/F RS.

TABELA – Expandida do F/F RS

R	S	Q ₀	Q _n
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	Proibido
1	1	1	Proibido

A seguir a partir da tabela de estados do F/F RS montamos a tabela de transição. Notar que neste caso a tabela de transição terá 04 linhas de transição e duas entradas para R e S. Como a tabela expandida possui 8 linhas, para cada linha de transição escolhida na tabela de transição terá 2 linhas na tabela expandida. Como não se usará as linhas proibidas, deve-se usar a condição apresentada na tabela expandida para as entradas R e S. Por exemplo a primeira linha de transição de 0 → 0, as condições de R e S na tabela expandida corresponde a 1.a e 5.a linha da tabela, verificar que Q₀ é “0” e Q_n é “0”, o valor de S nas 02 linhas citadas é o mesmo, ou seja não muda e assim este é o valor que deve ser mantido

S = 0 e no entanto R pôde variar “0” na 1.a linha e “1” na 5.a linha, enfim se a variável pode variar então não se depende dela, assim R pode ser irrelevante, mas depende sim de S = 0. Para as outras linhas deve-se usar o mesmo procedimento e quando não for possível adota-se o valor real das variáveis para aquela condição. Por exemplo na 2.a linha da tabela de transição de 0 → 1, só existe na tabela expandida a 3.a linha e assim adota-se os mesmos valores para as entradas R = 0 e S =1. Seguindo o mesmo procedimento para a 3.a linha da tabela de transição de 1 → 0, os valores das entradas R = 1 e S = 0. Por fim a 4.a linha da tabela de transição volta a ter duas linhas da tabela expandida, a 2.a e 4.a linhas. Os valores de R e S seguem a mesma forma de análise adotada na 1.a linha da tabela de transição ou seja a variável que não muda de valor é a variável dependente e nesse caso R = 0 e a variável S pode ser irrelevante pois varia nas 02 linhas sendo “0” na 2.a linha e “1” na 4.a linha. A seguir apresentamos a tabela de transição do F/F RS.

c) Tabela de transição do F/F RS

TABELA – Transição do F/F RS

R	S	$Q_0 \rightarrow Q_n$
X	0	0 → 0
0	1	0 → 1
1	0	1 → 0
0	X	1 → 1

A partir da tabela de transição o passo a seguir é montar a lógica de acionamento do F/F RS para a construção do F/F tipo D. O número de colunas da tabela ou mapa de Karnaugh será correspondente a variável D ou seja 02 colunas e 02 linhas para o estado interno do F/F “0 e 1”. A seguir apresentamos a montagem do mapa de Karnaugh para implementação da lógica.

d) Lógica de acionamento ou mapa de Karnaugh do F/F.

D	0	1
X	0	0
1	1	0

$$R = /D$$

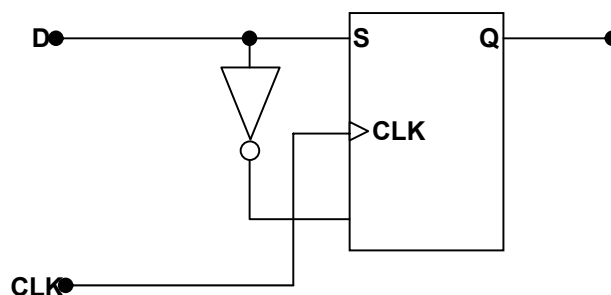
D	0	1
0	0	1
0	0	X

$$S = D$$

e) A expressão $R = /D$ e $S = D$ está pronta para implementação da lógica.

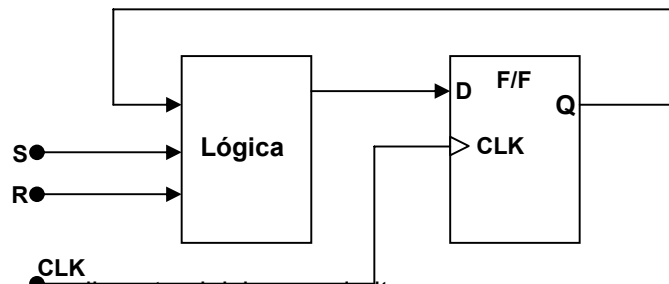
A seguir implementaremos o circuito correspondente usando as expressões R e S do item e).

f) O circuito lógico correspondente ao F/F tipo D a partir do F/F RS é como a seguir.



O próximo exemplo de transformação de F/F, vamos implementar a partir do F/F padrão tipo D um F/F tipo RS. Vamos seguir o mesmo procedimento anterior usando como item 1 o esquema de representação em bloco do problema.

1) Esquema de representação em bloco do problema.



Seguindo-se os procedimentos inicia-se pelo item :

- a) O F/F padrão é o tipo D.
- b) Do exercício anterior a tabela expandida de estados do F/F RS é a seguir :

TABELA – Expandida do F/F RS

R	S	Q ₀	Q _n
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	Proibido
1	1	1	Proibido

A seguir monta-se a tabela de transição do F/F.

- c) Tabela de transição do F/F padrão é conforme exemplo anterior.

TABELA X.4

D	Q ₀ → Q _n
0	0 → 0
1	0 → 1
0	1 → 0
1	1 → 1

A seguir monta-se o mapa de Karnaugh, com as entradas da lógica R e S e função de saída D.

- d) Mapa de Karnaugh para implementação das saídas da lógica de acionamento.

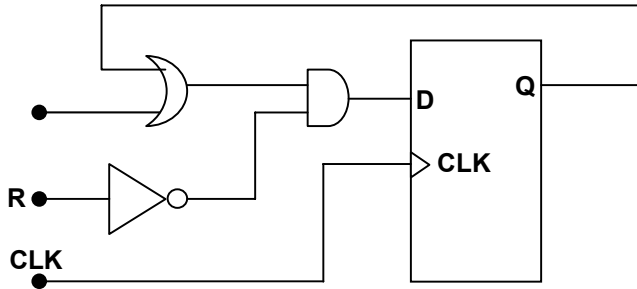
RS	00	01	11	10
0	1	X	0	
1	1	X	0	

De acordo com o mapa K, retiramos a função de saída D.

e) Funções de saída da lógica

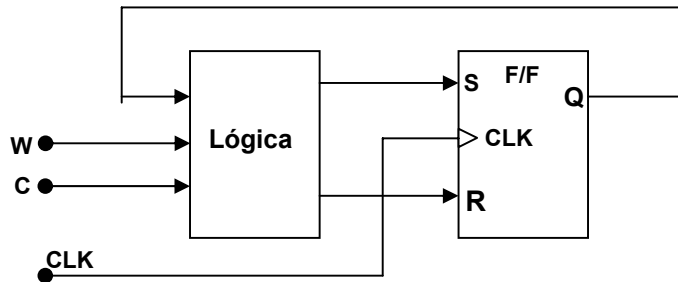
$$D = \overline{R} S + \overline{R} Q.$$

A partir da expressão de saída, implementa-se o circuito F/F Rs partindo do F/F D.



Exemplo transformar o F/F RS em um F/F WC, descrito na tabela da verdade abaixo.

1) Esquema de representação em bloco do F/F.



b) Tabela simplificada e expandida do F/F RS.

b.1) Tabela simplificada do F/F WC

TABELA – Simplificada do F/F WC

W	C	Q _n
0	0	Q ₀
0	1	/Q ₀
1	0	1
1	1	0

b.2) Tabela expandida do F/F WC.

TABELA – Expandida do F/F WC

W	C	Q ₀	Q _n
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

A seguir a partir da tabela de estados do F/F WC montamos a tabela de transição. Notar que neste caso a tabela de transição terá 04 linhas de transição e duas entradas para W e C. Como a tabela expandida possui 8 linhas, para cada linha de transição escolhida na tabela de transição terá 2 linhas na tabela expandida. Como não existe linhas proibidas, deve-se usar a condição apresentada na tabela expandida para as entradas W e C. Por exemplo a primeira linha de transição de 0 → 0, as condições de W e C, na tabela expandida corresponde a 1.a e 7.a linha da tabela, verificar que Q₀ é “0” e Q_n é “0”, o valor de W e C nas 02 linhas citadas são diferentes, ou seja mudam e assim este a condição correta é W = C. Nesse caso pode-se usar irrelevante para W e C, porém no mapa K não se pode na minimização adotar um valor para W diferente para C, assim para evitar erros adota-se o mesmo valor para W e C ou W = C = 0, ou W = C = 1.

Para as outras linhas deve-se usar o mesmo procedimento e quando não for possível adota-se o valor real das variáveis para aquela condição. Por exemplo na 2.a linha da tabela de transição de 0 → 1, existe na tabela expandida a 3.a e 5.a linhas e assim diferente da primeira linha de transição W é o contrário de C, assim usando o mesmo conceito, adota-se W = 0 e C = 1 ou W = 1 e C = 0. Seguindo-se o mesmo procedimento para a 3.a linha da tabela de transição de 1 → 0, os valores das entradas W = X e C = 1. Por fim a 4.a linha da tabela de transição volta a ter duas linhas da tabela expandida, a 2.a e 6.a linhas. Os valores de W e C seguem a mesma forma de análise adotada na 3.a linha da tabela de transição ou seja a variável que não muda de valor é a variável dependente e nesse caso C = 0 e a variável W pode ser irrelevante pois varia nas 02 linhas sendo “0” na 2.a linha e “1” na 6.a linha. A seguir apresentamos a tabela de transição do F/F WC.

c) Tabela de transição do F/F WC

TABELA – Transição do F/F WC

W	C	Q ₀ → Q _n
1	1	0 → 0
1	0	0 → 1
X	1	1 → 0
X	0	1 → 1

A partir da tabela de transição o passo a seguir é montar a lógica de acionamento do F/F RS para a construção do F/F tipo WC. O número de colunas da tabela ou mapa de Karnaugh será correspondente a variável WC ou seja 04 colunas e 02 linhas para o estado interno do F/F “0 e 1”. A seguir apresentamos a montagem do mapa de Karnaugh para implementação da lógica.

d) Lógica de acionamento ou mapa de Karnaugh do F/F.

WC	00	01	11	10
	X	0	X	0
	1	1	1	0

$$R = CQ$$

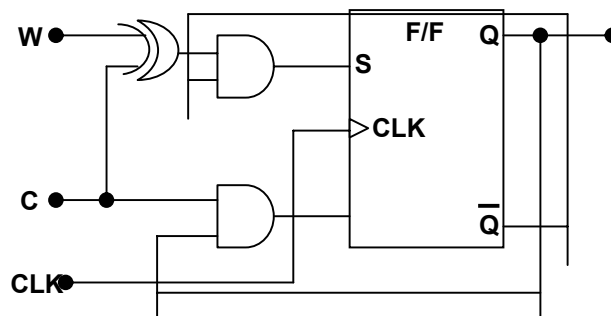
WC	00	01	11	10
	0	1	0	1
	0	0	0	X

$$S = /Q (W \oplus C)$$

e) A expressão $R = CQ$ e $S = /Q (W \oplus C)$ está pronta para implementação da lógica.

A seguir implementaremos o circuito correspondente usando as expressões R e S do item e).

f) O circuito lógico correspondente ao F/F tipo D a partir do F/F RS é como a seguir.



Problemas.

1. Transformar o F/F JK em um F/F T.
2. Transformar o F/F RS em um F/F JK.
3. Transformar o F/F WC em um F/F JK.
4. Transformar o F/F JK em um F/F D.
5. Transformar o F/F LC em um F/F tipo D, dado a tabela da verdade do LC. (Vide tabela do WC, invertendo a primeira linha da tabela da verdade com a 4.a linha).
6. Transformar o F/F LC em um F/F WC.

Referências :

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.