

Lojik Devreler

Doç. Dr. Fatih Evran
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Düzce Üniversitesi

Sayıc

Saat işaretinin her etkin kenarında belli bir sekansta sayım yapan sayıcılar eşzamanlı ardışıl devre olarak tasarlanırlar.

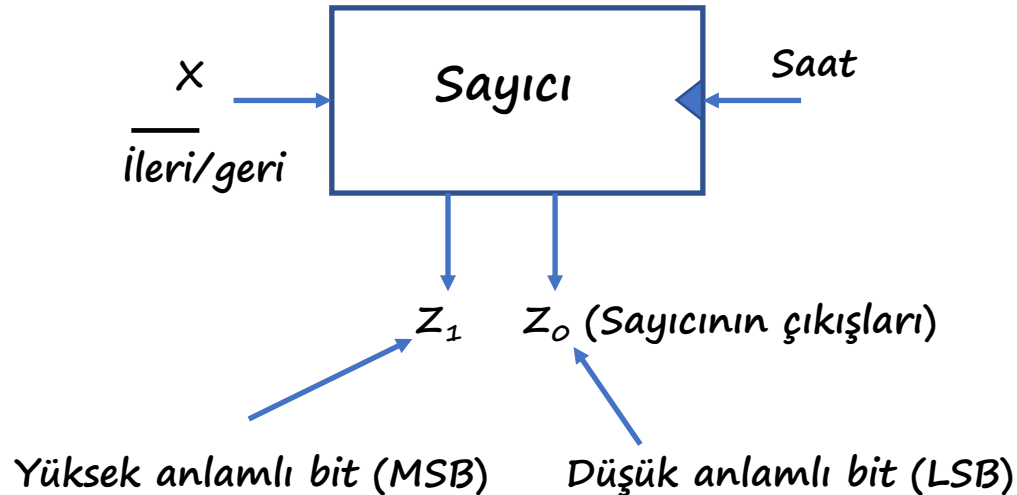
Sayıc

Çıkışlar durum değışkenlerinden doğrudan elde edilir (Çıkış = Durum, $O = S$).

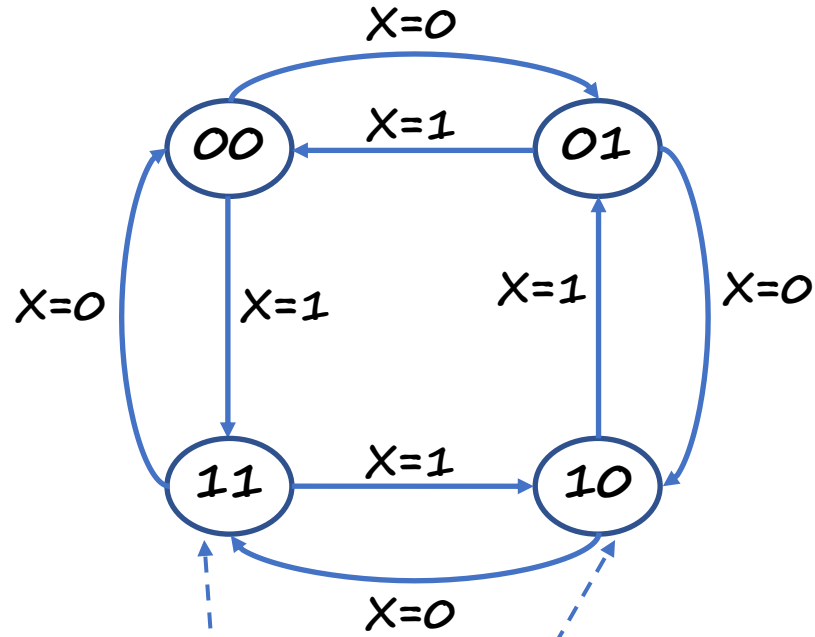
Örnek:

Aşağıda blok diyagramı gösterilen, bir adet denetim girişine (X) sahip senkron sayıcıyı tasarlayınız. Sayıcı, doğal ikili sayı sisteminde 0-1-2-3 düzeninde sayacaktır. 3'ten 0'a geri dönelecektir.

$X=0$ olduğunda sayım ileriye doğru, $X=1$ olduğunda geriye doğru yapılacaktır.



Durum diyagramı:



Durum değişkenleri ile çıkışlar aynı değerlere sahiptir ($0 = S$).

Durum tablosu hazırlanır.



Durum tablosu:

Şimdiki Durum	Girişler	Gelecek Durum
	X	
00	0	01
00	1	11
01	0	10
01	1	00
11	0	00
11	1	10
10	0	11
10	1	01

Durum tablosunun aynı zamanda bir Karnaugh diyagramı olması için durumlar satırlara Gray koduna göre yerleştirilmiştir.

Sayıcının D flip-flopları ile tasarlanması:

Şimdiki Durum		Giriş	Gelecek Durum		FF girişleri	
Q_1	Q_0	X	Q_1	Q_0	D_1	D_0
0	0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0
1	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	1

Hatırlatma:

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

DFF karakteristik denklemi:

$$Q(t+1)=D$$

Flip-flop denklemlerinin bulunması:

		$Q_0 X \bar{X}$		X		$\bar{X}$
		00	01	11	10	
Q_1	$\bar{Q}_1$	0 0	1 1	0 3	1 2	
	Q_1	1 4	0 5	1 7	0 6	
		$\bar{Q}_0$		Q_0		

		$Q_0 X \bar{X}$		X		$\bar{X}$
		00	01	11	10	
Q_1	$\bar{Q}_1$	1 0	1 1	0 3	0 2	
	Q_1	1 4	1 5	0 7	0 6	
		$\bar{Q}_0$		Q_0		

Q_0'

$$D_1 = X' \cdot (Q_1 \oplus Q_0) + X \cdot (Q_1 \oplus Q_0)' = Q_1 \oplus Q_0 \oplus X$$

$$D_0 = Q_0'$$

Çıkışlar:

$$Z_0 = Q_0$$

$$Z_1 = Q_1$$

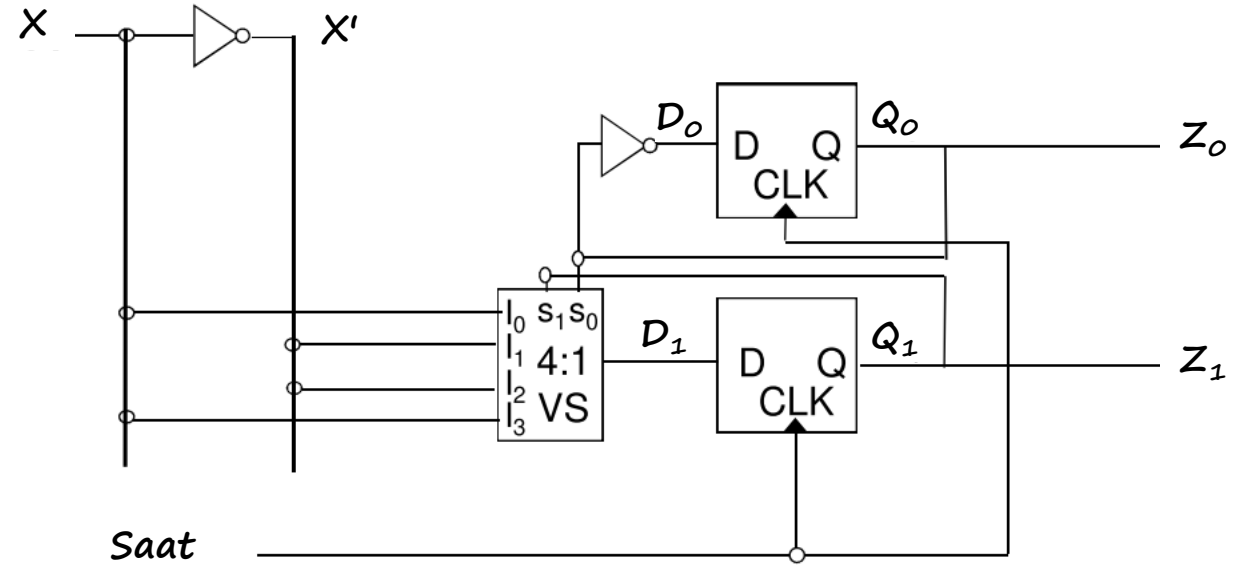
Sayıcının gerçeklenmesinde lojik kapılar (VE, VEYA, YA_DA) kullanılabileceği gibi veri seçiciler de tercih edilebilir. Aşağıda D_0 girişi ifadesi basit olduğu için ($D_0 = Q_0'$) lojik kapı ile (bir adet tümleme) gerçeklenmiştir. D_1 girişini sürmek için veri seçici kullanılmıştır.

Hatırlatma: Veri seçicinin seçme uçlarına durum değişkenleri (Q_1Q_0) bağlanacaktır.

Veri seçiciye:

D_1		X		$\bar{X}$	X
		Q_1Q_0		0	1
$\bar{Q}_1$	00	0	1	0	1
	01	1	0	2	3
Q_1	11	0	1	6	7
	10	1	0	8	9

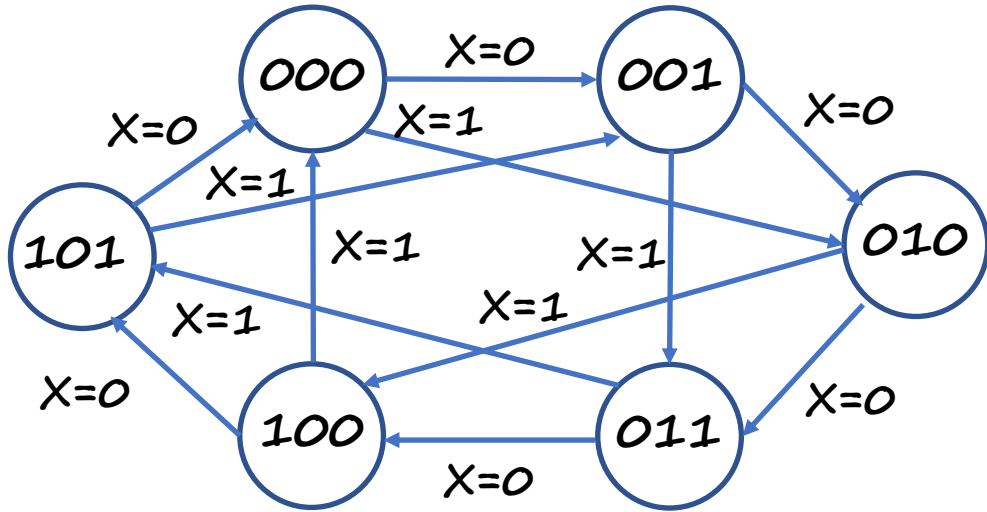
$I_0 = X$
 $I_1 = X'$
 $I_3 = X$
 $I_2 = X'$



Örnek:

Doğal ikili sayı sisteminde 0-1-2-3-4-5 düzeninde sayan (6'ya sayıcı) ve bir adet denetim girişine (X) ait senkron sayıcıyı tasarlayınız. $X=0$ olduğunda sayım birer adım ileriye doğru, $X=1$ olduğunda ikişer adım ileriye doğru yapılacaktır.

Durum diyagramı:



Durum tablosu
hazırlanır.



Durum tablosu:

Şimdiki Durum	Girişler	Gelecek Durum
	X	
000	0	001
000	1	010
001	0	010
001	1	011
010	0	011
010	1	100
011	0	100
011	1	101
100	0	101
100	1	000
101	0	000
101	1	001
110	0	ddd
110	1	ddd
111	0	ddd
111	1	ddd

Bu örnekte tasarımı T flip-flopı kullanarak yapalım.

Hatırlatma:

T flip-flop geçiş tablosu:

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

Şimdiki Durum Q ₂ Q ₁ Q ₀			Giriş X	Gelecek Durum Q ₂ Q ₁ Q ₀			FF girişleri T ₂ T ₁ T ₀		
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	d	d	d	d	d
1	1	0	1	1	d	d	d	d	d
1	1	1	0	0	d	d	d	d	d
1	1	1	1	1	d	d	d	d	d

Flip-flop denklemlerinin bulunması:

Q_2Q_1	Q_0X	00	$\bar{Q}_0$ 01	11	Q_0 10	$Q_2'Q_1'$
$\bar{Q}_2$	00	0	0	0	0	$Q_2'Q_1'$
01	0	1	1	1	1	
$Q_0'X'$	11	d	d	d	d	
Q_2	10	0	1	1	1	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$		

$$T_2' = (Q_2'Q_1' + Q_0'X')$$

$$T_2 = (Q_0 + X) \cdot (Q_2 + Q_1)$$

Q_2Q_1	Q_0X	00	$\bar{Q}_0$ 01	11	Q_0 10	$Q_2'Q_1'$
$\bar{Q}_2$	00	0	1	1	1	$Q_2'Q_1'$
01	0	1	1	1	1	
11	d	d	d	d	d	
Q_2	10	0	0	0	0	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$		

$$T_1 = Q_2' \cdot X + Q_2' \cdot Q_0$$

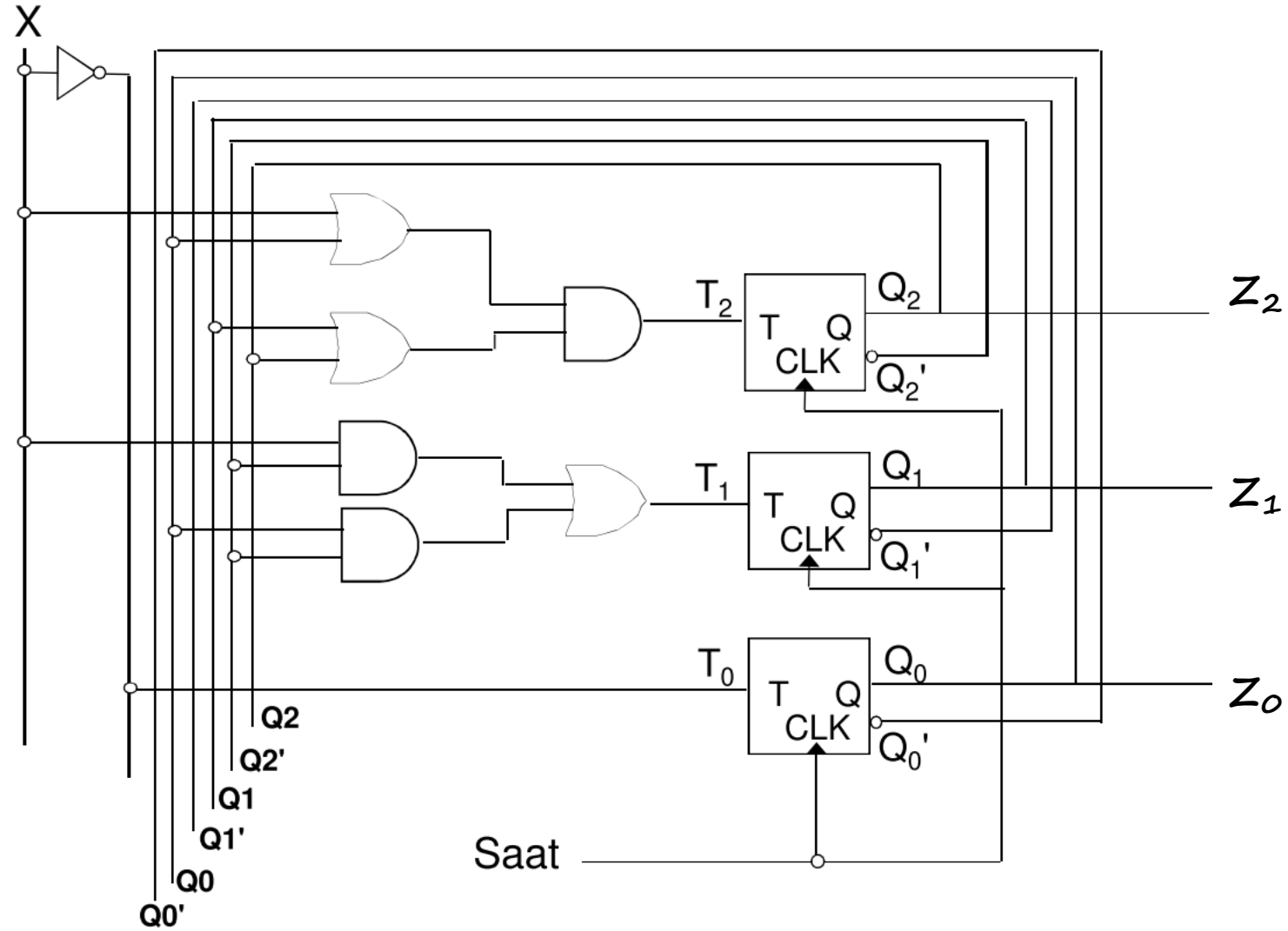
Q_2Q_1	Q_0X	00	$\bar{Q}_0$ 01	11	Q_0 10	$Q_2'Q_1'$
$\bar{Q}_2$	00	1	0	0	1	$Q_2'Q_1'$
01	1	0	0	1	1	
11	d	d	d	d	d	
Q_2	10	1	0	0	1	
		$\bar{X}$	X	$\bar{X}$		

$$T_0 = X'$$

$$T_2 = (Q_0 + X) \cdot (Q_2 + Q_1)$$

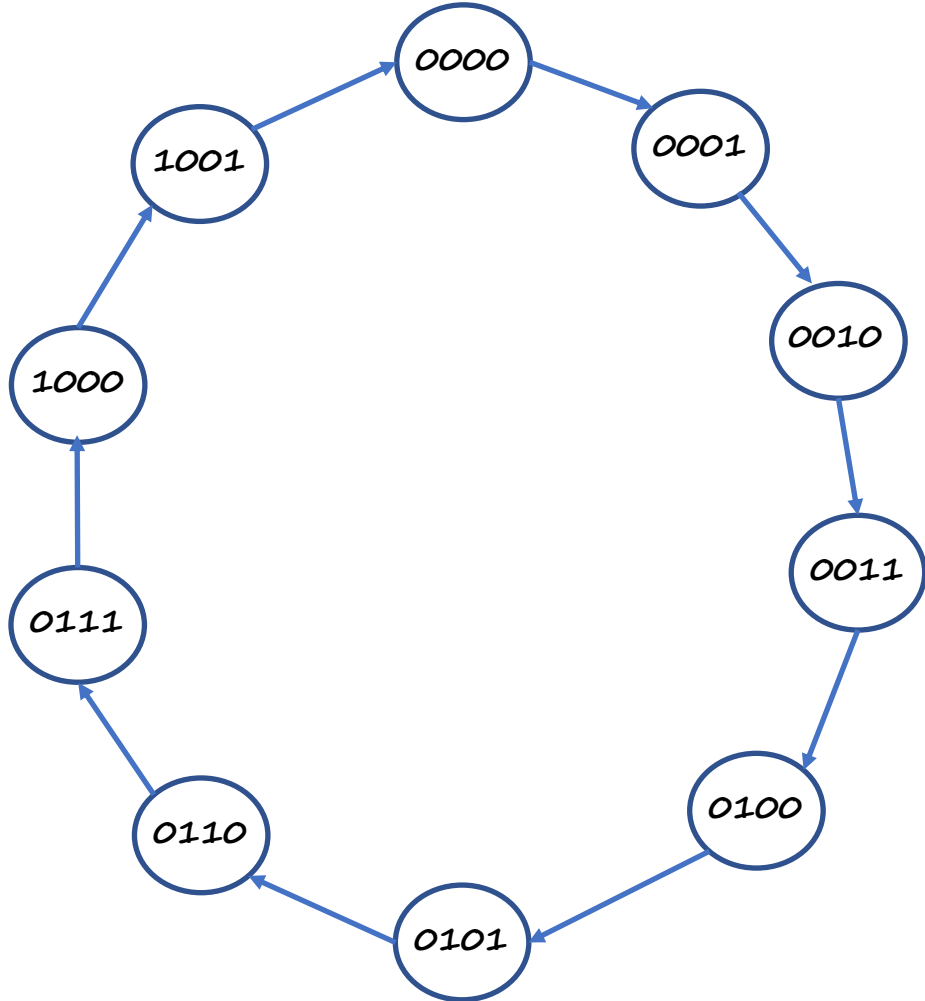
$$T_1 = Q_2' \cdot X + Q_2' \cdot Q_0$$

$$T_0 = X'$$



Örnek: Senkron Mod10 sayıcıyı JKFF kullanarak tasarlayınız.

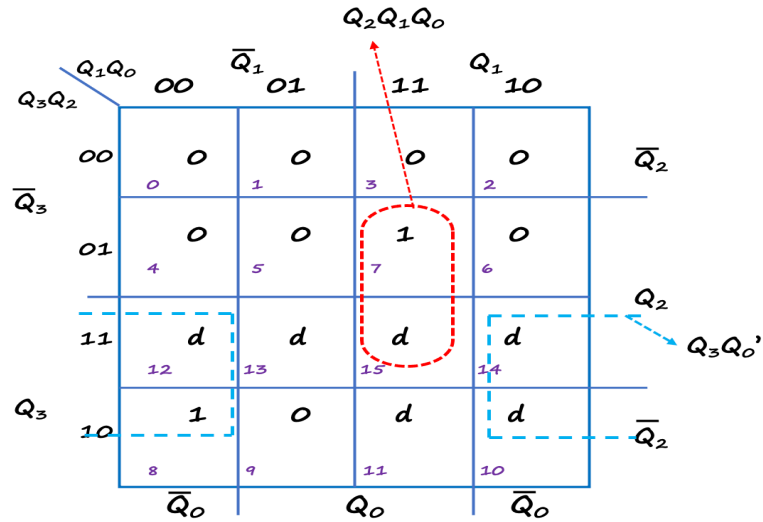
Durum diyagramı:



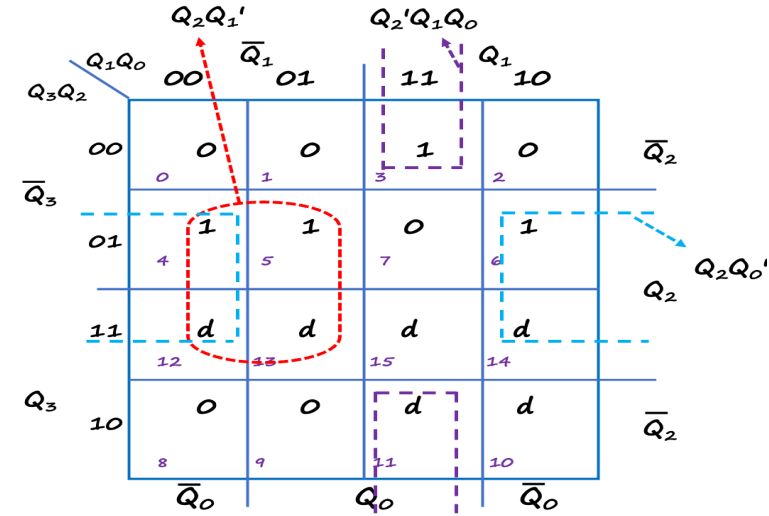
Şimdiki Durum $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$				Gelecek Durum $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$				FF girişleri $D_3 D_2 D_1 D_0$			
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	d	d	d	d	d	d	d	d
1	0	1	1	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	0	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	1	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	0	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	1	d	d	d	d	d	d	d	d

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

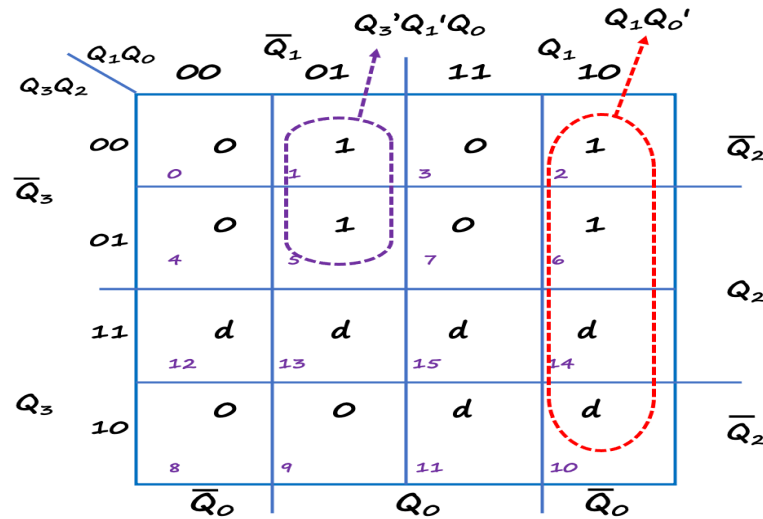
Flip-flop denklemlerinin bulunması:



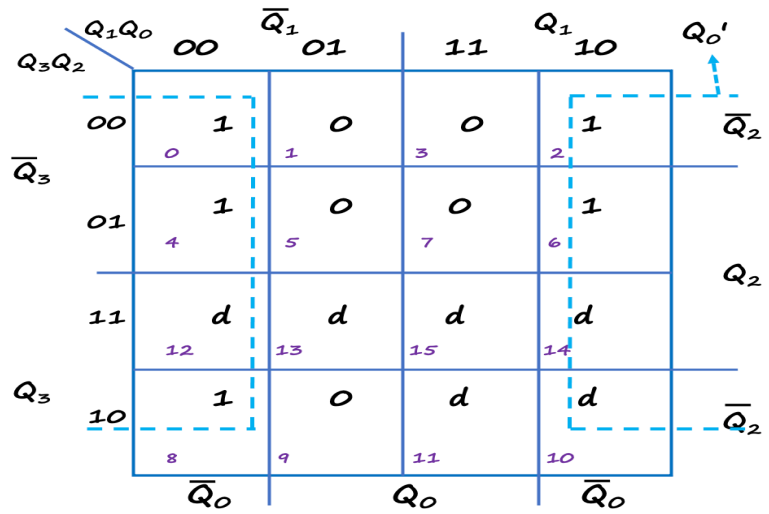
$$D_3 = Q_3 Q_0' + Q_2 Q_1 Q_0$$



$$D_2 = Q_2 Q_0' + Q_2 Q_1' + Q_2' Q_1 Q_0$$



$$D_1 = Q_1 Q_0' + Q_3' Q_1' Q_0$$



$$D_0 = Q_0'$$

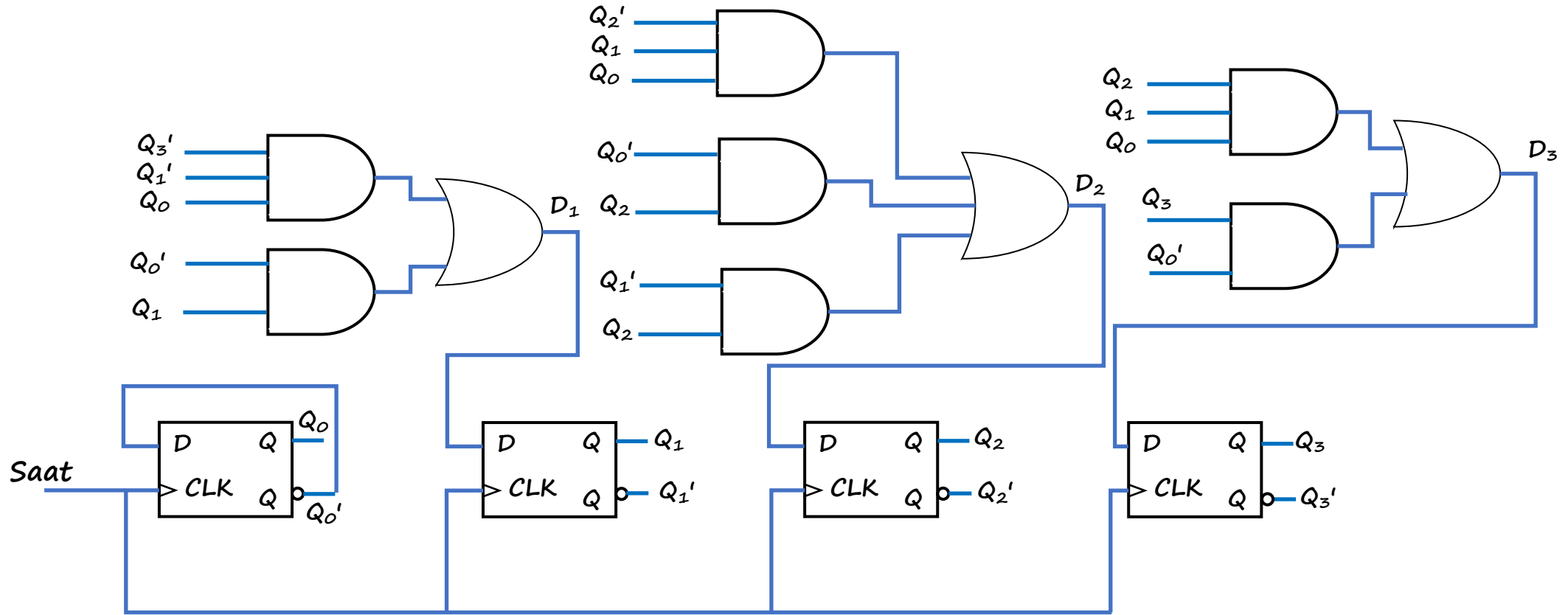
Devrenin Çizimi:

$$D_3 = Q_3Q_0' + Q_2Q_1Q_0$$

$$D_2 = Q_2Q_0' + Q_2Q_1' + Q_2'Q_1Q_0$$

$$D_1 = Q_1Q_0' + Q_3'Q_1'Q_0$$

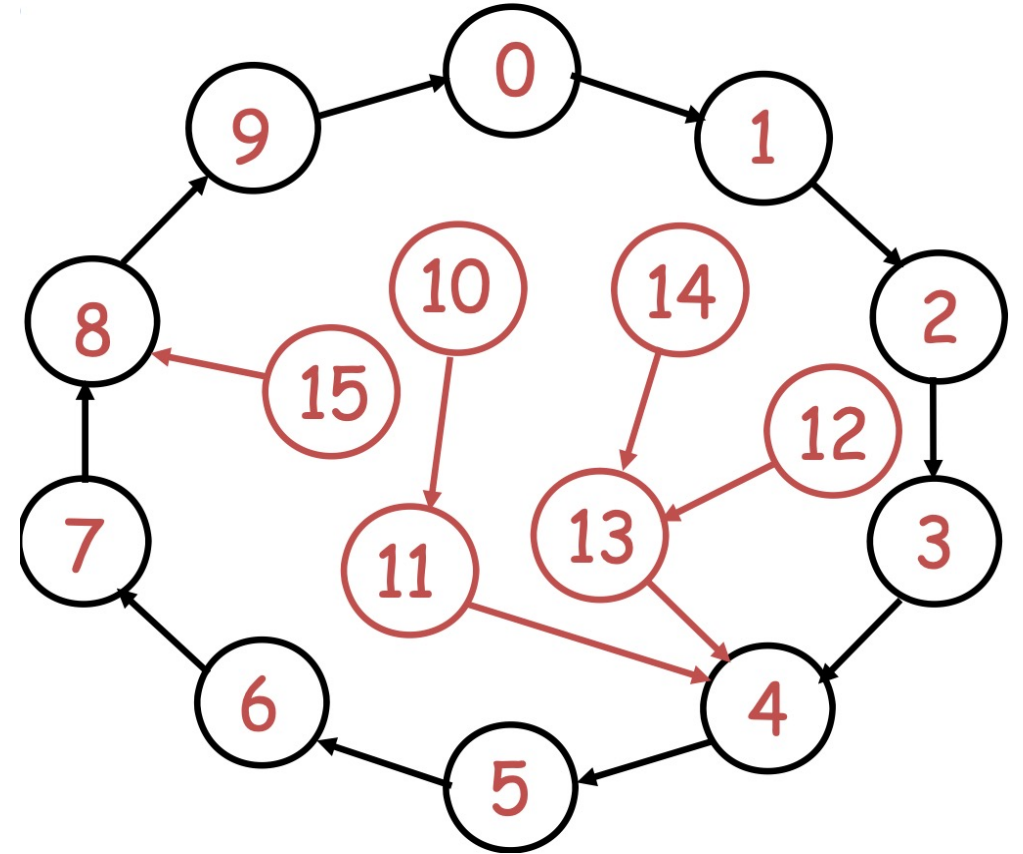
$$D_0 = Q_0'$$



Kullanılmayan durumlar:

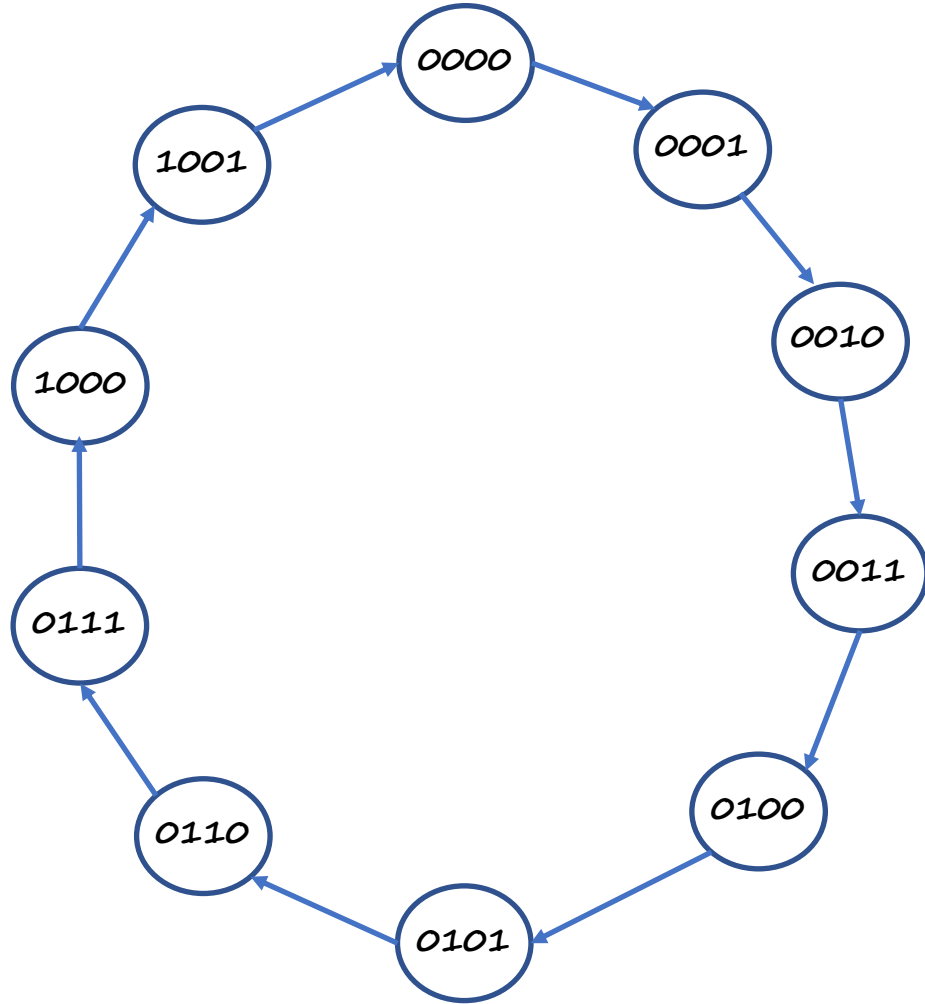
- Mümkün olan en basit devreyi elde etmek için, kullanılmayan sonraki durumlar “don't care” olarak düşünülebilir. Bu sayede, donanım daha da basitleşecektir.
- Devre bir şekilde kullanılmayan durumlardan birine (1010-1111) girerse, devrenin davranışı tam olarak “don't care” durumuna bağlı olacaktır.
- Mümkün olan en güvenli devreyi elde etmek için, kullanılmayan durumlar için sonraki durumları açıkça belirtebilirsiniz.
- Bu sayede, devre bir şekilde kullanılmamış bir duruma girse bile, sonunda devrenin geçerli bir duruma geleceğini garanti eder.
- Buna kendi kendine başlayan sayıcı ismi denir.

$$\begin{aligned} D_3 &= Q_3Q_0' + Q_2Q_1Q_0 & D_2 &= Q_2Q_0' + Q_2Q_1' + Q_2'Q_1Q_0 \\ D_1 &= Q_1Q_0' + Q_3'Q_1'Q_0 & D_0 &= Q_0' \end{aligned}$$



Örnek: Senkron Mod10 sayıcıyı JKFF kullanarak tasarlayınız.

Durum diyagramı:



Şimdiki Durum $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$				Gelecek Durum $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$				FF girişleri $J_3 K_3 J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$							
0	0	0	0	0	0	0	1	0	d	0	d	0	d	1	d
0	0	0	1	0	0	1	0	0	d	0	d	1	d	d	1
0	0	1	0	0	0	1	1	0	d	0	d	d	0	1	d
0	0	1	1	0	1	0	0	0	d	1	d	d	1	d	1
0	1	0	0	0	1	0	1	0	d	d	0	0	d	1	d
0	1	0	1	0	1	1	0	0	d	d	0	1	d	d	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	d	d	0	d	0	1	d
0	1	1	1	1	0	0	0	1	d	d	1	d	1	d	1
1	0	0	0	1	0	0	1	d	0	0	d	0	d	1	d
1	0	0	1	0	0	0	0	d	1	0	d	0	d	d	1
1	0	1	0	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
1	0	1	1	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	0	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	0	1	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	0	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
1	1	1	1	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

Flip-flop denklemlerinin bulunması:

		Q_1Q_0		$\bar{Q}_1$		Q_1		Q_2	
Q_3	Q_3Q_2	00	01	11	10			Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	0	1	0	2				
Q_3	Q_3Q_2	01	0	0	1			Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6				
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d			Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14				
Q_3	Q_3Q_2	10	d	d	d			Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10				
		$\bar{Q}_0$		Q_0					

$$J_3 = Q_2Q_1Q_0$$

		Q_1Q_0		$\bar{Q}_1$		Q_1			
Q_3	Q_3Q_2	00	0	1	3	2	0	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6				
Q_3	Q_3Q_2	01	d	d	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14				
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10				
		$\bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$			

$$J_2 = Q_1Q_0$$

		Q_1Q_0		$\bar{Q}_1$		Q_1		Q_2	
Q_3	Q_3Q_2	00	0	1	0	11	10		
	$\bar{Q}_3$	0	0	1	3	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
Q_3	Q_3Q_2	01	0	1	5	d	d		
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6			Q_2	$\bar{Q}_2$
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14				
Q_3	Q_3Q_2	10	0	0	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10				
		$\bar{Q}_0$		Q_0					

$$J_1 = Q_3'Q_0$$

		Q_1Q_0		$\bar{Q}_1$		Q_1		Q_2	
Q_3	Q_3Q_2	00	0	1	0	11	10		
	$\bar{Q}_3$	0	1	d	3	d	1	Q_2	$\bar{Q}_2$
Q_3	Q_3Q_2	01	1	d	5	d	1		
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6			Q_2	$\bar{Q}_2$
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14				
Q_3	Q_3Q_2	10	1	d	d	d	d	Q_2	$\bar{Q}_2$
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10				
		$\bar{Q}_0$		Q_0					

$$J_0 = 1$$

		$\bar{Q}_1$		Q_1			
		Q_1Q_0	01	11	10		
Q_3	Q_3Q_2	00	d	d	d	$\bar{Q}_2$	
	$\bar{Q}_3$	0	1	3	2		
Q_3	Q_3Q_2	01	d	d	d	Q_2	
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6		
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d	$\bar{Q}_2$	
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14		
Q_3	Q_3Q_2	10	0	1	d	Q_2	
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10		
		$\bar{Q}_0$	Q_0		$\bar{Q}_0$		

$$K_3 = Q_0$$

		$\bar{Q}_1$		Q_1Q_0	Q_1	
Q_3Q_2		00	01	11	10	
$\bar{Q}_3$	00	d 0	d 1	d 3	d 2	$\bar{Q}_2$
	01	0 4	0 5	1 7	0 6	Q_2
Q_3	11	d 12	d 13	d 15	d 14	$\bar{Q}_2$
	10	d 8	d 9	d 11	d 10	
		$\bar{Q}_0$	Q_0	$\bar{Q}_0$		

$$K_2 = Q_1Q_0$$

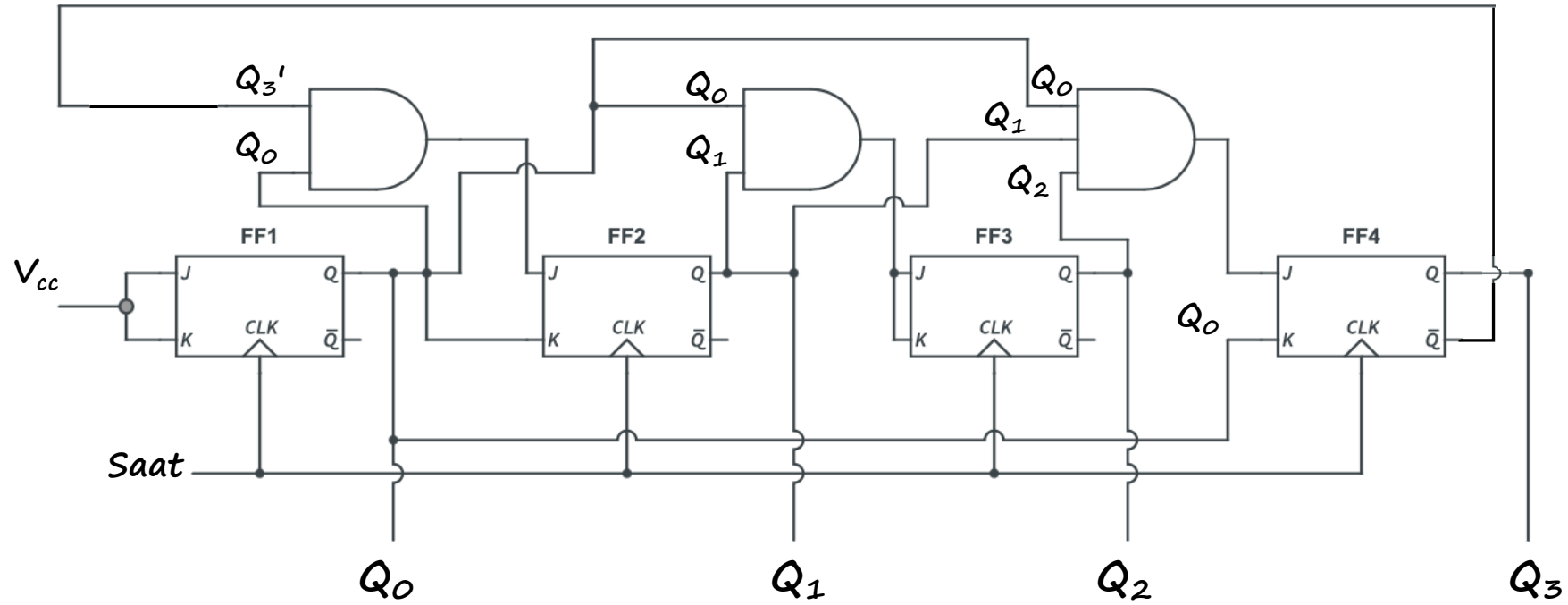
		$Q_1\bar{Q}_0$		$\bar{Q}_1$		Q_1			
Q_3	Q_3Q_2	00	d	d	3	1	0	$\bar{Q}_3$	Q_2
	$\bar{Q}_3$	0	1	d	5	1	0		
Q_3	Q_3Q_2	01	d	d	7	1	0	$\bar{Q}_3$	Q_2
	$\bar{Q}_3$	4	5	7	6				
Q_3	Q_3Q_2	11	d	d	d	d	d	$\bar{Q}_3$	Q_2
	$\bar{Q}_3$	12	13	15	14				
Q_3	Q_3Q_2	10	d	d	d	d	d	$\bar{Q}_3$	Q_2
	$\bar{Q}_3$	8	9	11	10				
		$\bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$			

$$K_1 = Q_0$$

		$\bar{Q}_1$		Q_1			
Q_3Q_2	Q_1Q_0	00	01	11	10		
$\bar{Q}_3$	00	d 0	1 1	1 3	d 2	$\bar{Q}_2$	
	01	d 4	1 5	1 7	d 6	Q_2	
Q_3	11	d 12	d 13	d 15	d 14		
	10	d 8	1 9	d 11	d 10	$\bar{Q}_2$	
		$\bar{Q}_0$	Q_0	$\bar{Q}_0$			

$$K_0 = 1$$

Devrenin Çizimi:



Asenkron (Ripple) Sayıcılar

- **Örnek:** Mod10 asenkron yukarı sayıcıyı düşen kenarlı JKFF kullanarak tasarlayınız.

Sayma işlemi 0 ile 9 arasındaki sayılar için gerçekleştirilir. Sayma işlemine ait tabloyu oluşturalım.

Durum				FF girişleri							
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0								
0	0	0	1								
0	0	1	0								
0	0	1	1								
0	1	0	0								
0	1	0	1								
0	1	1	0								
0	1	1	1								
1	0	0	0								
1	0	0	1								
?	0	0	0								

Tabloda FF çıkışlarında düşen kenarlar gösterilir.

Tabloda FF çıkışlarında değişimler gösterilir.

- Q_0 çıkışa sahip olan flip-flopun tetiklemek oldukça kolaydır. Saat kaynağı doğrudan bu flip-flopun saat girişine bağlanır.
- Q_1 çıkışında bir değişimin gözlenebilmesi için bu flip-flop' un saat girişine Q_0 çıkışı bağlanır.
- Benzer şekilde Q_2 ' yi tetikleyebilmek için saat girişine ya Q_0 ya da Q_1 çıkışı bağlanır. Saat girişine Q_2 bağlanırsa bir kombinasyonel devre tasarlanması gerekmektedir. Bundan dolayı saat girişine Q_1 çıkışı bağlanması tercih edilir.
- Q_3 çıkışında bir değişimin gözlenebilmesi için saat girişine sadece Q_0 çıkışı bağlanabilmektedir.
- **1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111** durumları "don't care" olarak alınabilir.

- İlk önce tabloda J_0-K_0 girişleri girilir.

Durum				FF girişleri								
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0	
0	0	0	0	----->							1	d
0	0	0	1								d	1
0	0	1	0								1	d
0	0	1	1								d	1
0	1	0	0								1	d
0	1	0	1	----->							d	1
0	1	1	0								1	d
0	1	1	1								d	1
1	0	0	0								1	d
1	0	0	1								d	1
0	0	0	0									

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Saat kaynağının düşen kenarında, 0000 durumundan 0001 durumuna geçişi sırasında $J_0K_0=1d$ olmaktadır ve 0101 durumundan 0110 durumuna geçişi sırasında $J_0K_0=d1$ olmaktadır.

- Tabloda J_1-K_1 girişleri girilir.

Durum				FF girişleri							
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0							1	d
0	0	0	1					1	d	d	1
0	0	1	0							1	d
0	0	1	1					d	1	d	1
0	1	0	0							1	d
0	1	0	1					1	d	d	1
0	1	1	0							1	d
0	1	1	1					d	1	d	1
1	0	0	0							1	d
1	0	0	1					0	d	d	1
0	0	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Q_0 çıkışına sahip olan flip-flop Q_1 çıkışına sahip olan Flip-flop'u düşen kenarda tetiklemektedir. Tetikleme anlarında Q_1 çıkışındaki değişime karşılık gelen J_1K_1 değerleri girilir.

- Q_1 çıkışında kullanılmayan durumlar girilir.

Durum				FF girişleri							
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0					d	d	1	d
0	0	0	1					1	d	d	1
0	0	1	0					d	d	1	d
0	0	1	1					d	1	d	1
0	1	0	0					d	d	1	d
0	1	0	1					1	d	d	1
0	1	1	0					d	d	1	d
0	1	1	1					d	1	d	1
1	0	0	0					d	d	1	d
1	0	0	1					0	d	d	1
0	0	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Q_0 çıkışında düşen kenarın oluşmadığı durumlarda, Q_1 çıkışında kullanılmayan durumlar “don’t care” olarak değerlendirilebilir.

- J_2 - K_2 girişleri girilir.

Durum				FF girişleri							
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0					d	d	1	d
0	0	0	1					1	d	d	1
0	0	1	0					d	d	1	d
0	0	1	1			1	d	d	1	d	1
0	1	0	0					d	d	1	d
0	1	0	1					1	d	d	1
0	1	1	0					d	d	1	d
0	1	1	1			d	1	d	1	d	1
1	0	0	0					d	d	1	d
1	0	0	1					0	d	d	1
0	0	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Q_1 çıkışına sahip olan flip-flop Q_2 çıkışına sahip olan Flip-flop düşen kenarda tetiklenmektedir. Tetikleme anlarında Q_2 çıkışındaki değışime karşılık gelen J_2K_2 değerleri girilir.

- Q_2 çıkışında kullanılmayan durumlar girilir.

Durum				FF girişleri							
Q ₃	Q ₂	Q ₁	Q ₀	J ₃	K ₃	J ₂	K ₂	J ₁	K ₁	J ₀	K ₀
0	0	0	0			d	d	d	d	1	d
0	0	0	1			d	d	1	d	d	1
0	0	1	0			d	d	d	d	1	d
0	0	1	1			1	d	d	1	d	1
0	1	0	0			d	d	d	d	1	d
0	1	0	1			d	d	1	d	d	1
0	1	1	0			d	d	d	d	1	d
0	1	1	1			d	1	d	1	d	1
1	0	0	0			d	d	d	d	1	d
1	0	0	1			d	d	0	d	d	1
0	0	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Q_1 çıkışında düşen kenarın oluşmadığı durumlar “don't care” olarak değerlendirilebilir.

- Tabloda J_3-K_3 girişleri girilir.

Durum				FF girişleri								
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0	
0	0	0	0			d	d	d	d	1	d	
0	0	0	1	0	d	d	d	1	d	d	1	
0	0	1	0			d	d	d	d	1	d	
0	0	1	1	0	d	1	d	d	1	d	1	
0	1	0	0			d	d	d	d	1	d	
0	1	0	1	0	d	d	d	1	d	d	1	
0	1	1	0			d	d	d	d	1	d	
0	1	1	1	1	d	1	d	1	d	1	1	
1	0	0	0			d	d	d	d	1	d	
1	0	0	1	d	1	d	d	0	d	d	1	
0	0	0	0									

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Q_0 çıkışına sahip olan flip-flop Q_3 çıkışına sahip olan Flip-flop düşen kenarda tetiklenmektedir. Tetikleme anlarında Q_3 çıkışındaki değişime karşılık gelen J_3K_3 değerleri girilir.

- Q_3 çıkışında kullanılmayan durumlar girilir.

Durum				FF girişleri							
Q_3	Q_2	Q_1	Q_0	J_3	K_3	J_2	K_2	J_1	K_1	J_0	K_0
0	0	0	0	d	d	d	d	d	d	1	d
0	0	0	1	0	d	d	d	1	d	d	1
0	0	1	0	d	d	d	d	d	d	1	d
0	0	1	1	0	d	1	d	d	1	d	1
0	1	0	0	d	d	d	d	d	d	1	d
0	1	0	1	0	d	d	d	1	d	d	1
0	1	1	0	d	d	d	d	d	d	1	d
0	1	1	1	1	d	d	1	d	1	d	1
1	0	0	0	d	d	d	d	d	d	1	d
1	0	0	1	d	1	d	d	0	d	d	1
0	0	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Flip-flop denklemlerinin bulunması:

Q_3Q_2		Q_1Q_0	$\overline{Q_1}$	01	11	Q_1	10	
00	d	0	0	0	d	$\overline{Q_2}$		
01	d	0	1	3	2	Q_2Q_1		
11	d	d	d	d	d	Q_2		
10	d	d	d	d	d	$\overline{Q_2}$		
Q_3								
Q_2								
Q_1								
Q_0								

$$J_3 = Q_2Q_1$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	00	$\bar{Q}_1$	01	11	Q_1	10	
00	d	d	d	d	d	$\bar{Q}_2$		
01	d	d	d	d	d	1		
11	d	d	d	d	d	Q_2		
10	d	1	d	d	d	$\bar{Q}_2$		
Q_3								
Q_2								
Q_1								
Q_0								

$$K_3 = 1$$

Q_1Q_0	00	Q_1	01	11	Q_1	10	
Q_3Q_2	00	d	d	1	d	$\bar{Q}_3$	
	01	d	d	d	d	Q_3	
	11	d	d	d	d	$\bar{Q}_3$	
Q_3	10	d	d	d	d	Q_3	
		8	9	11	10		
		$\bar{Q}_0$	Q_0	$\bar{Q}_0$			

$$J_2 = 1$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	Q_1	01	11	Q_1	10	
00	d	d	d	d	$\bar{Q}_2$		
01	d	d	1	d	1		
11	d	d	d	d	Q_2		
10	d	d	d	d	$\bar{Q}_2$		
Q_3							
Q_2							
Q_1							
Q_0							

$$K_2 = 1$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	$\bar{Q}_1$	01	11	Q_1	10	
00	d	1	d	d	Q_3'		
01	d	1	d	d	$\bar{Q}_2$		
11	d	d	d	d	1		
10	d	0	d	d	Q_2		
Q_3							
Q_2							
Q_1							
Q_0							

$$J_1 = Q_3'$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	$\bar{Q}_1$	01	11	Q_1	10	
00	d	d	1	d	$\bar{Q}_2$		
01	d	d	1	d	1		
11	d	d	d	d	Q_2		
10	d	d	d	d	$\bar{Q}_2$		
Q_3							
Q_2							
Q_1							
Q_0							

$$K_1 = 1$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	$\bar{Q}_1$	01	11	Q_1	10	
00	0	1	d	d	3	1	$\bar{Q}_2$
01	4	1	d	d	7	1	Q_2
11	12	d	d	d	15	d	$\bar{Q}_2$
10	8	1	d	d	11	d	$\bar{Q}_2$
Q_3	$\bar{Q}_0$	Q_0	$\bar{Q}_0$				

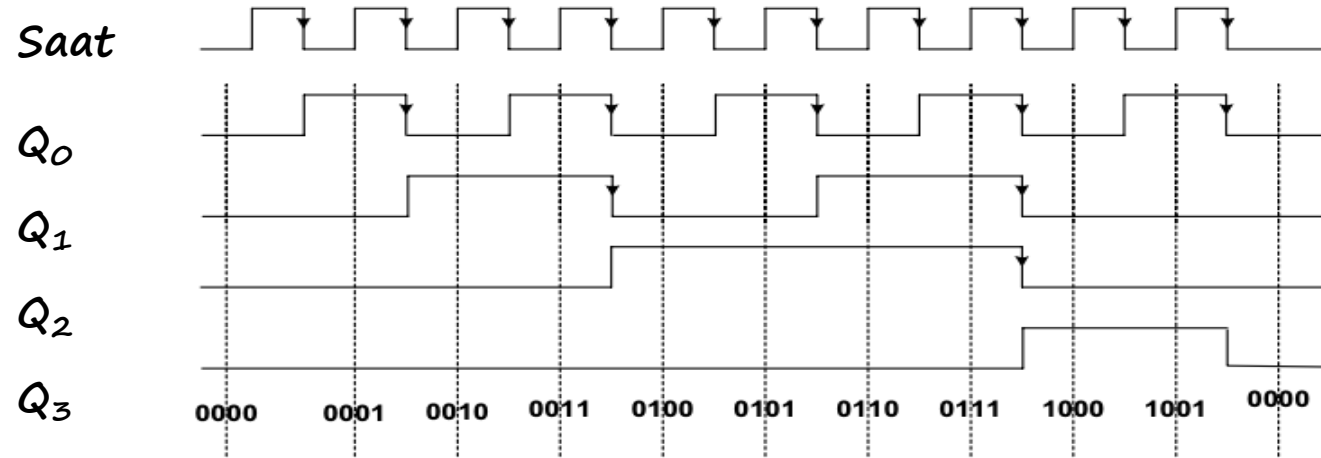
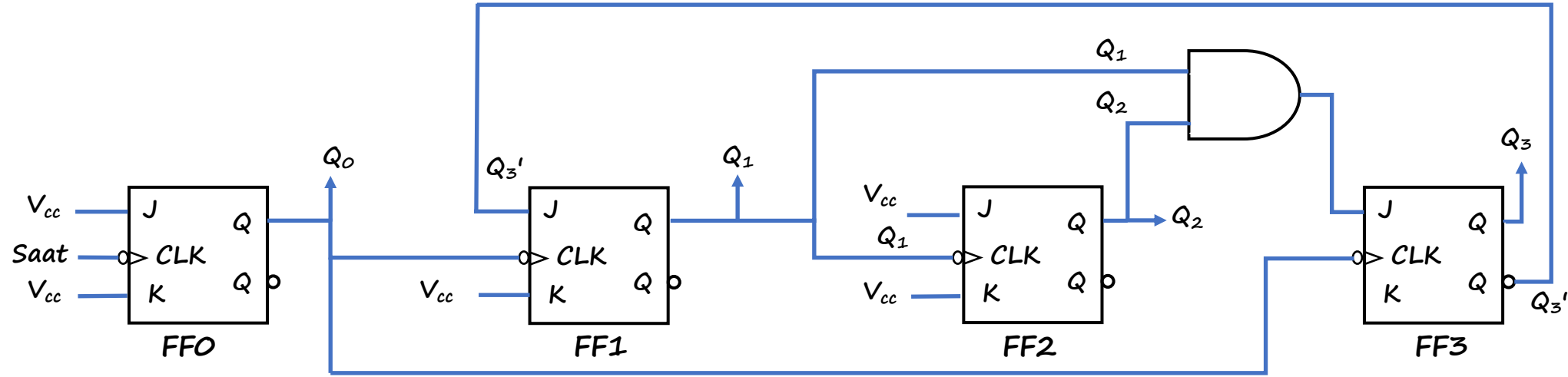
$$J_0 = 1$$

Q_3Q_2	Q_1Q_0	$\bar{Q}_1$	01	11	Q_1	10	
00	d	1	1	d	$\bar{Q}_2$		
01	d	1	1	d	1		
11	d	d	d	d	Q_2		
10	d	1	d	d	$\bar{Q}_2$		
Q_3							
Q_2							
Q_1							
Q_0							

$$K_0 = 1$$

Devrenin çizimi:

$$J_3 = Q_2 Q_1 \quad K_3 = 1 \quad J_2 = 1 \quad K_2 = 1 \quad J_1 = Q_3' \quad K_1 = 1 \quad J_0 = 1 \quad K_0 = 1$$



- Örnek: Asenkron Mod10 ileri sayıcıyı yükselen kenarlı JKFF kullanarak tasarlayınız.

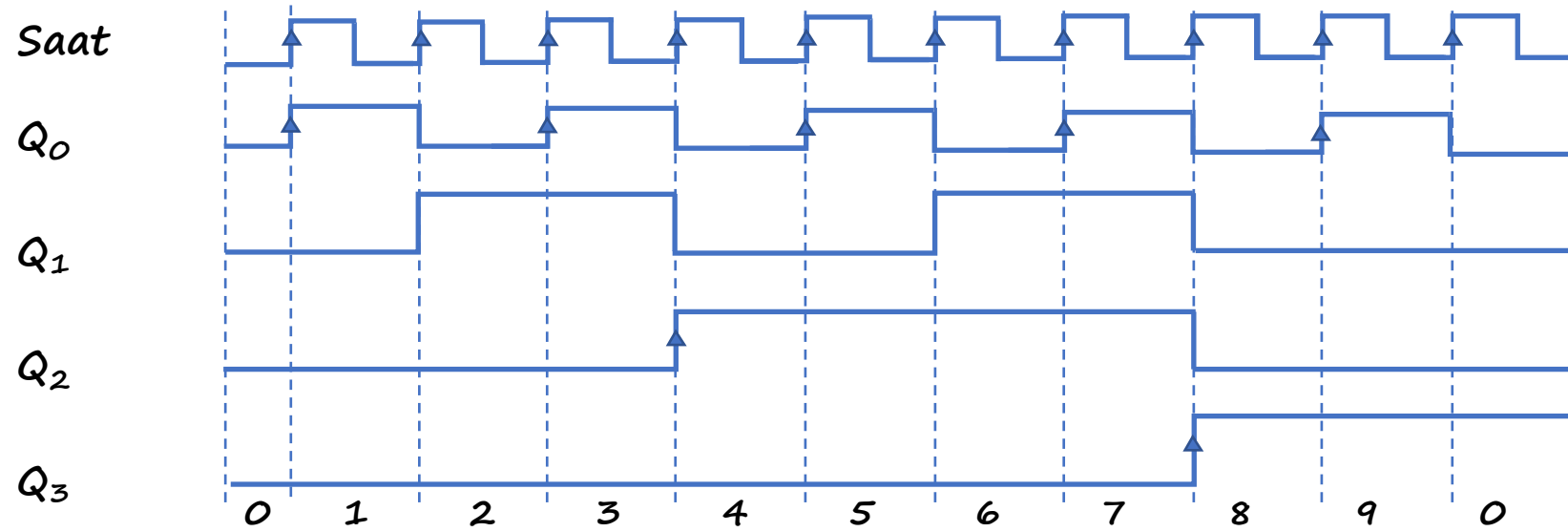
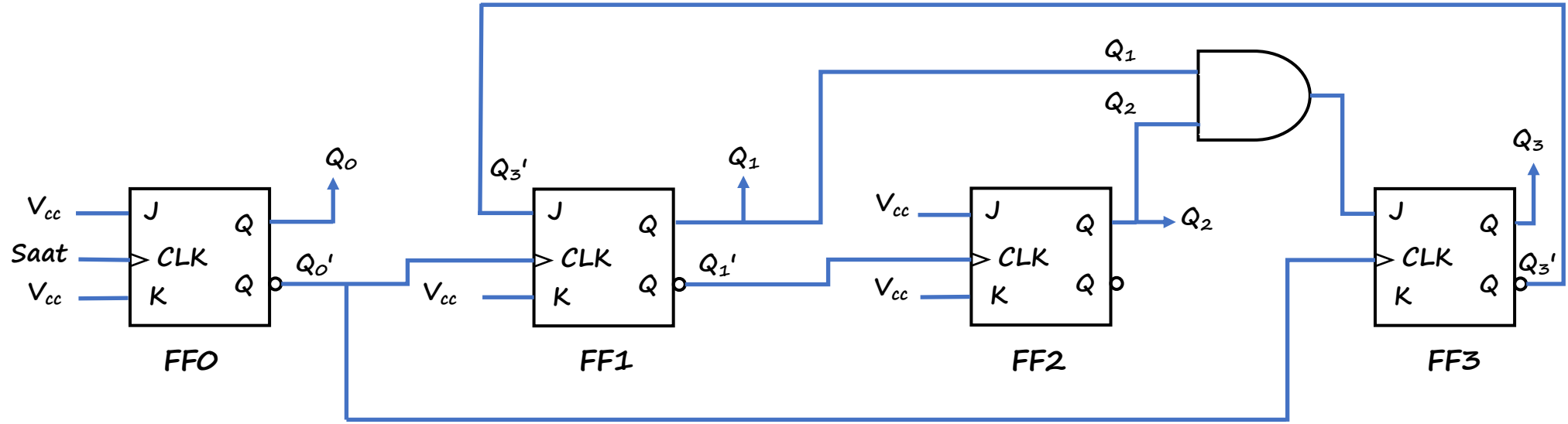
Durum $Q_3 Q_2 Q_1 Q_0$				Durum $Q_3' Q_2' Q_1' Q_0'$			
0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	1	1
0	1	0	1	1	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1
0	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1
1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0

Saat girişleri tümleyen çıkışlarından sağlanır. Devrenin durum tablosunda ise bir değişiklik olmayacaktır.

?

Devrenin çizimi:

$$J_3 = Q_2 Q_1 \quad K_3 = 1 \quad J_2 = 1 \quad K_2 = 1 \quad J_1 = Q_3' \quad K_1 = 1 \quad J_0 = 1 \quad K_0 = 1$$



- **Örnek:** Asenkron Mod5 geri sayıcıyı yükselen kenarlı JKFF kullanarak tasarlayınız.

Durum $Q_2 Q_1 Q_0$			FF girişleri $J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$						
1	0	0						1	d
0	1	1						d	1
0	1	0						1	d
0	0	1						d	1
0	0	0						0	d
1	0	0							

Saat kaynağı LSB bitini tutan flip-flopun (FF0) saat girişine uygulanır.

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

- J_1K_1 değerlerinin bulunması:

Durum $Q_2 Q_1 Q_0$			FF girişleri $J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$							
1	0	0				1	d	1	d	
0	1	1						d	1	
0	1	0				d	1	1	d	
0	0	1						d	1	
0	0	0						0	d	
1	0	0								

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Tabloda Q_1 çıkışında değişimler gözlenir ve bu bu değişimleri gerçekleştirecek saat kaynağı belirlenir. Q_0 çıkışına sahip olan flip-flop Q_1 çıkışına sahip olan Flip-flopu yükselen kenarda tetiklemektedir. Tetikleme anlarında Q_1 çıkışındaki değişime karşılık gelen J_1K_1 değerleri tabloda belirtilir.

- Q_1 çıkışında kullanılmayan durumlar girilir.

Durum $Q_2 Q_1 Q_0$			FF girişleri $J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$						
1	0	0			1	d	1	d	
0	1	1			d	d	d	1	
0	1	0			d	1	1	d	
0	0	1			d	d	d	1	
0	0	0			d	d	0	d	
1	0	0							

Kullanılmayan durumlar “don’t care” olarak değerlendirilebilir.

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

- J_2K_2 değerlerinin bulunması.

	Durum $Q_2 Q_1 Q_0$			FF girişleri $J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$					
?	1	0	0	d	1	1	d	1	d
	0	1	1	0	d	d	d	d	1
	0	1	0	0	d	d	1	1	d
	0	0	1	0	d	d	d	d	1
?	0	0	0	1	d	d	d	0	d
	1	0	0						

Saat kaynağı LSB bitini tutan flip-flopun (FFO) saat girişine uygulanır.

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Tablo okunması:

Tabloda Q_2 çıkışında değişimler gözlenir. Q_0 ve Q_1 çıkışları bu değişimleri gerçekleştiremez. Bundan dolayı bu flip-flopun saat girişine ana saat kaynağı bağlanılmaktadır.

Flip-flop denklemlerinin bulunması:

		$Q_1 Q_0 \bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$	
		00	01	11	10		
Q_2	$\bar{Q}_2$	1	0	0	0		
	Q_2	d	d	d	d		
		$\bar{Q}_1$		Q_1			

$$J_2 = Q_1' Q_0'$$

		$Q_1 Q_0 \bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$	
		00	01	11	10		
Q_2	$\bar{Q}_2$	d	d	d	d		
	Q_2	1	d	d	d		
		$\bar{Q}_1$		Q_1			

$$K_2 = 1$$

		$Q_0 X \bar{X}$		X		$\bar{X}$	
		00	01	11	10		
Q_1	$\bar{Q}_1$	d	d	d	d		
	Q_1	1	d	d	d		
		$\bar{Q}_0$		Q_0			

$$J_1 = 1$$

		$Q_1 Q_0 \bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$	
		00	01	11	10		
Q_2	$\bar{Q}_2$	d	d	d	1		
	Q_2	d	d	d	d		
		$\bar{Q}_1$		Q_1			

$$K_1 = 1$$

		$Q_1 Q_0 \bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$	
		00	01	11	10		
Q_2	$\bar{Q}_2$	0	d	d	1		
	Q_2	1	d	d	d		
		$\bar{Q}_1$		Q_1			

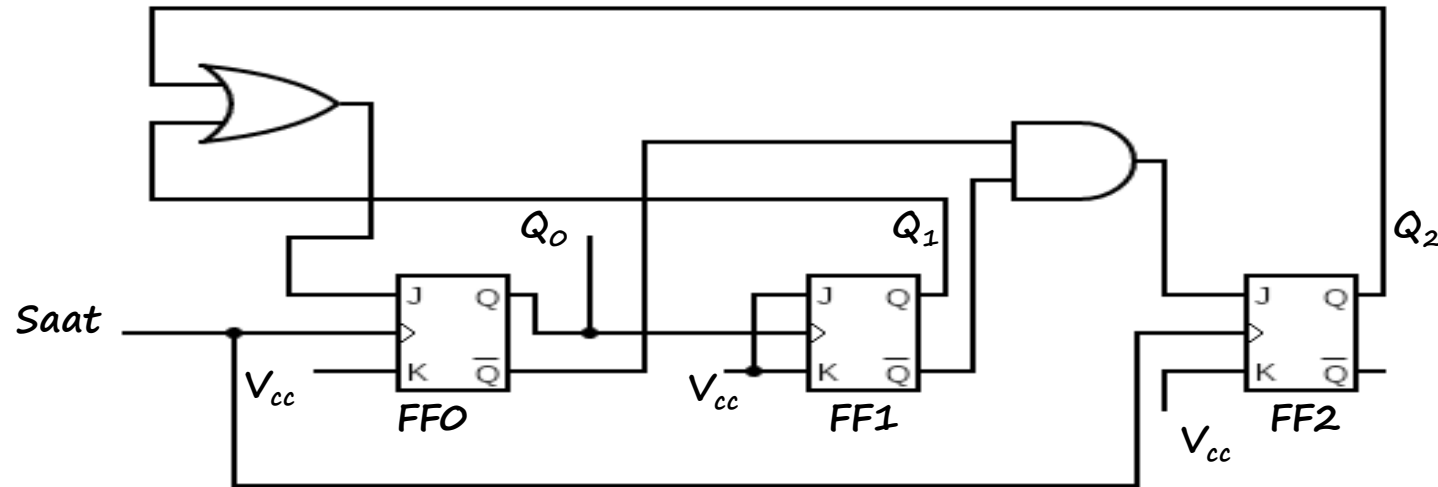
$$J_0 = Q_1 + Q_2$$

		$Q_1 Q_0 \bar{Q}_0$		Q_0		$\bar{Q}_0$	
		00	01	11	10		
Q_2	$\bar{Q}_2$	d	1	1	d		
	Q_2	d	d	d	d		
		$\bar{Q}_1$		Q_1			

$$K_0 = 1$$

Devre Çizimi:

$$J_2 = Q_1' Q_0' \quad K_2 = 1 \quad J_1 = 1 \quad K_1 = 1 \quad J_0 = Q_1 + Q_2 \quad K_0 = 1$$



- **Örnek:** Asenkron Mod5 geri sayıcıyı düşen kenarlı JKFF kullanarak tasarlayınız.

Durum $Q_2 Q_1 Q_0$			Durum $Q_2' Q_1' Q_0'$			FF girişleri $J_2 K_2 J_1 K_1 J_0 K_0$					
1	0	0	0	1	1	d	1	1	d	1	d
0	1	1	1	0	0	0	d	d	d	d	1
0	1	0	1	0	1	0	d	d	1	1	d
0	0	1	1	1	0	0	d	d	d	d	1
0	0	0	1	1	1	1	d	d	d	0	d
1	0	0	0	1	1						

Q_1 çıkışa sahip olan flip-flopun saat girişine Q_1' bağlanır.

$Q(t)$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	d
0	1	1	d
1	0	d	1
1	1	d	0

JK FF durum geçiş tablosu

Devre Çizimi:

$$J_2 = Q_1'Q_0' \quad K_2 = 1 \quad J_1 = 1 \quad K_1 = 1 \quad J_0 = Q_1 + Q_2 \quad K_0 = 1$$

