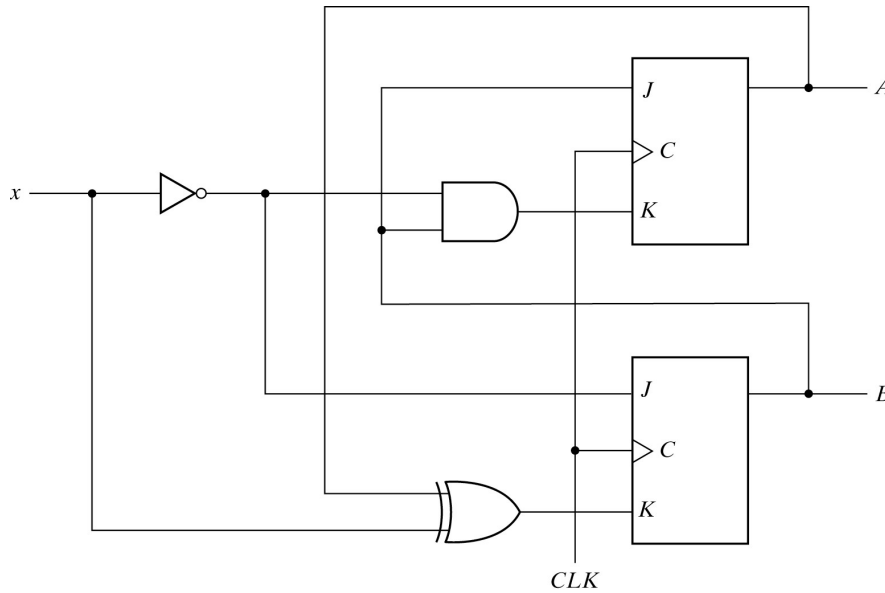


### JK ve Diğer Flip-Flop'larla Analiz

Daha öncede belirtildiği gibi D flip-flop'unda sonraki durum, durum denklemlerinden türetilbiliyordu. JK, RS ve T tipi flip-flop'lar karakteristik tablo referans alınmalıdır. Öncelikle her bir flip-flop'a ait şimdiki durum ve giriş değişkenleri cinsinden olası tüm değerler sıralanır. Daha sonra her bir flip-flop'un karakteristik tabloları kullanılarak sonraki durumlar elde edilir.

Aşağıdaki ardışıl devreyi göz önüne alalım.



$$JA=B$$

$$JB=x'$$

$$KA= Bx'$$

$$KB=A \oplus x = Ax' + A'x$$

Bu durum denklemlerinden yararlanarak öncelikle aşağıdaki durum tablosunun olası değer sütunları yani Şimdiki durum A ve B ile Giriş x sütunları doldurulur.

Şimdiki durum			Sonraki durum		Flip-Flop girişleri			
A	B	Giriş x	A	B	JA	KA	JB	KB
0	0	0						
0	0	1						
0	1	0						
0	1	1						
1	0	0						
1	0	1						
1	1	0						
1	1	1						

Daha sonra durum denklemlerinden JA, KA, JB, KB sütunları, Şimdiki durum A, B ve Giriş x sütunlarındaki değerlerden faydalanılarak hesaplanır.

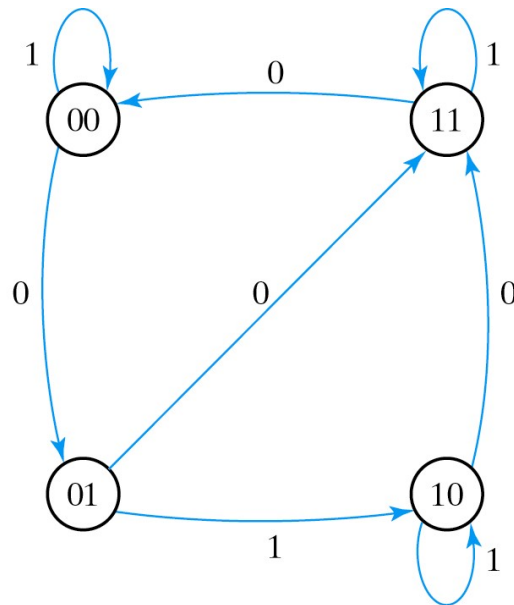
Şimdiki	Sonraki	Flip-Flop girişleri
---------	---------	---------------------

durum			Giriş		durum					
A	B	x	A	B			JA	KA	JB	KB
0	0	0					0	0	1	0
0	0	1					0	0	0	1
0	1	0					1	1	1	0
0	1	1					1	0	0	1
1	0	0					0	0	1	1
1	0	1					0	0	0	0
1	1	0					1	1	1	1
1	1	1					1	0	0	0

Tablonun tamamlanması, şimdiki durumu ve giriş değerleri bilinen bir JK flip-flop'unu sonraki durumunun karakteristik tablolar yardımıyla bulunmasına kaldı.

Şimdiki durum			Giriş		Sonraki durum		Flip-Flop girişleri			
A	B	x	A	B			JA	KA	JB	KB
0	0	0	0	1			0	0	1	0
0	0	1	0	0			0	0	0	1
0	1	0	1	1			1	1	1	0
0	1	1	1	0			1	0	0	1
1	0	0	1	1			0	0	1	1
1	0	1	1	0			0	0	0	0
1	1	0	0	0			1	1	1	1
1	1	1	1	1			1	0	0	0

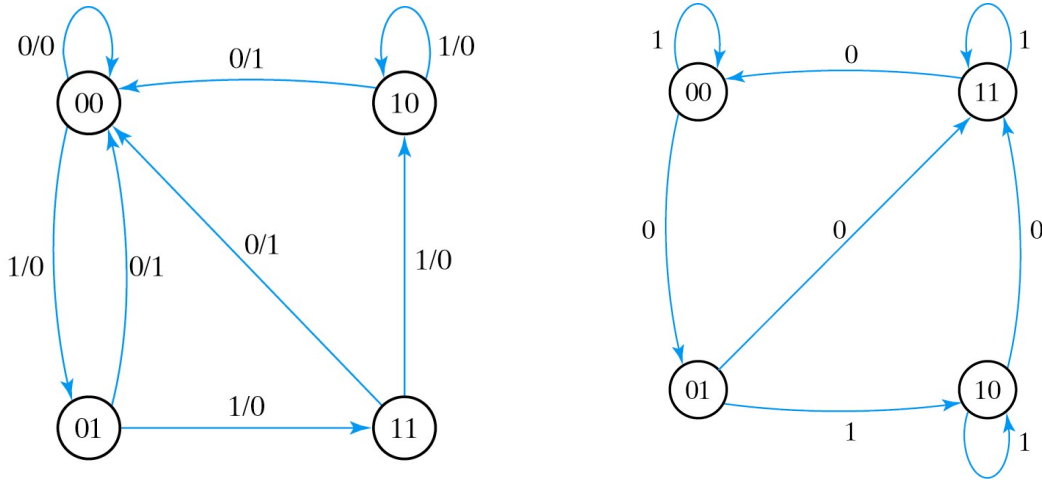
Bu devreye ilişkin durum diyagramı aşağıda görüldüğü gibi elde edilir. Devrenin çıkışları olmadığından dairelerden çıkan oklara sadece x girişi değeri yazılmıştır.



### Mealy ve Moore Modelleri

Ardışıl devrelerin en genel modeli giriş, çıkış ve iç durumları içerir. Bu devrelerin Mealy ve Moore şeklinde iki modeli söz konusudur. Mealy modelinde çıkışlar hem şimdiki durumların

hem de girişlerin fonksiyonudur. Moore modelinde ise çıkışlar sadece şimdiki durumların bir fonksiyonudur. Aşağıdaki durum diyagramlarında görüldüğü gibi soldaki bir Mealy modeline ait ardışıl devreye aittir. Çünkü çıkışlar hem flip-flop'ların hem de girişlerin bir fonksiyonudur. Çünkü oklarla gösterilen geçişlerin üzerinde girişin değeri verildiği gibi aynı zamanda çıkışın da değeri verilmiştir. Sağdaki ise bir Moore modeline ait durum diyagramıdır. Görüldüğü üzere çıkışlar sadece flip-flop'ların durumlarıdır. Çünkü oklarla belirtilmiş geçişlerde herhangi bir çıkış belirtilmemiştir.



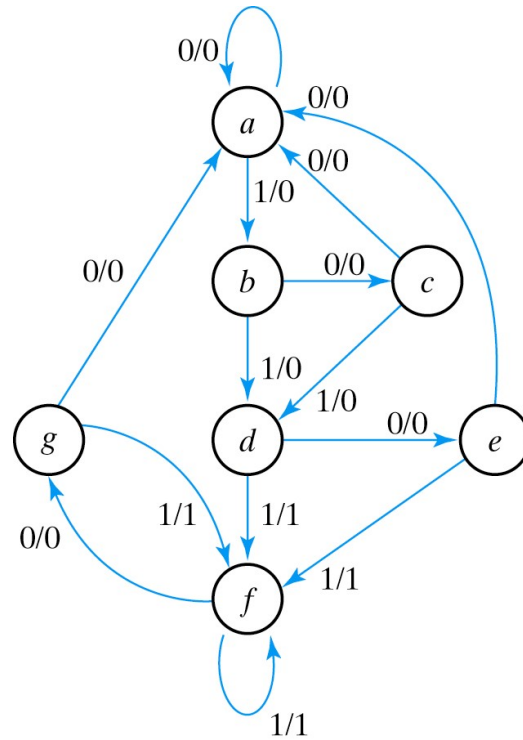
### Durum Azaltma ve Atama

Ardışıl devrelerin analizi bir devre diyagramı ile başlar bir durum tablosu veya durum diyagramı oluşturulması ile son bulur. Bu devrelerin tasarımına ise istenen özelliklerin belirlenmesiyle başlanır ve buradan lojik diyagrama geçilir.

### Durum Azaltma

Herhangi bir tasarım süreci ortaya çıkan son devrenin fiyatını minimum tutma amacını da göz önüne almalıdır. Ardışıl devrelerdeki flip-flop'ların sayısının azaltılması bir durum azaltma problemi olarak ele alınır.  $m$  tane flip-floptan  $2^m$  tane durum üretildiğinden durum sayısındaki azalma flip-flop sayısındaki azalmaya karşılık gelir. Bazen durum sayısındaki azalma flip-flop sayısındaki azalmaya karşılık gelmez. Bunu nedeni bazen düşük sayıda flip-flop içeren devrelerin çok sayıda kombinezonal kapı içermesidir.

Durum azaltma problemini bir örnekle inceleyelim. Aşağıdaki durum diyagramını göz önüne alalım.



Bu örnekte sadece yalnızca giriş-çıkış sıraları önemli olup iç durumlar sadece gerekli sıraları sağlamak için kullanılır. Bu nedenle, daire içinde yer alan ikili durum değerleri yerine harf sembolleri kullanılmıştır. Eğer iki durum birbirinin aynı giriş değerine karşı aynı çıkış değerlerini üretiyorsa bu durumlardan birisi kaldırılabilir. Bir başka deyişle, biri diğerinin yerine konur. Azaltma işlemi için öncelikle durum tablosuna geçiş yapılır.

Şimdiki Durum	Sonraki Durum		Çıkış	
	x=0	x=1	x=0	x=1
a	a	b	0	0
b	c	d	0	0
c	a	d	0	0
d	e	f	0	1
e	a	f	0	1
f	g	f	0	1
g	a	f	0	1

İki durum giriş kümesinin her bir elemanı için tamamen aynı çıkışı verip devreyi aynı veya eşdeğer bir duruma gönderiyorsa bunlar eşdeğer sayılır. İki durum eşdeğer olduğundan bu durumlardan birinin çıkarılması giriş-çıkış ilişkisini değiştirmez. Yukarıdaki durum tablosunu incelediğimizde e ve g durumların aynı girişler için aynı durumlara gider (a ve f) ve aynı çıkışları (0 ve 1) üretir. Bu nedenle g ve e eşdeğerdirler. O halde g yerine e durumu konulabilir. Tüm tabloda g görülen yere e konursa aşağıdaki yeni tablo elde edilir.

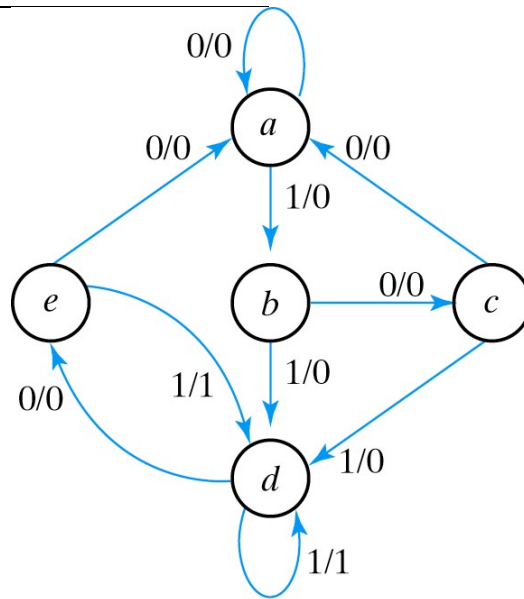
Şimdiki Durum	Sonraki Durum		Çıkış	
	x=0	x=1	x=0	x=1
a	a	b	0	0
b	c	d	0	0
c	a	d	0	0
d	e	f	0	1
e	a	f	0	1
f	<del>g</del> e	f	0	1
<del>g</del>	a	f	0	1

Yeni oluşan tabloya bakıldığında zaman f satırı ile d satırının aynı durumlara ve aynı çıkışlara aynı giriş değerlerinde gittiği görülür. O halde tabloda f yerine de d yazılabilir.

Şimdiki Durum	Sonraki Durum		Çıkış	
	x=0	x=1	x=0	x=1
a	a	b	0	0
b	c	d	0	0
c	a	d	0	0
d	e	<del>f</del> d	0	1
e	a	<del>f</del> d	0	1
<del>f</del>	e	f	0	1

Tablonun en son hali aşağıdaki gibi olur. Durum sayısı görüldüğü üzere beşe inmiştir. Azaltılmış durum diyagramında aşağıda görülmektedir.

Şimdiki Durum	Sonraki Durum		Çıkış	
	x=0	x=1	x=0	x=1
a	a	b	0	0
b	c	d	0	0
c	a	d	0	0
d	e	d	0	1
e	a	d	0	1



Bu durum diyagramına ait devre, beş durum olduğuna göre üç tane flip-flop ile tasarlanacaktır. Dolayısıyla, 000'dan 111'e kadar toplam sekiz farklı ikili değerden beş tanesi

kullanılacaktır. Kullanılmayan durumlar etkisiz durum olarak göz önüne alınacaktır. Flip-flop sayısı azalmasa dahi girişte kullanılan kombinezonal devredeki kapı sayısı etkisiz durumlardan dolayı daha az elemanla gerçekleştirilebilir. Başlangıçta harflerle atanmış durumlara isteğe bağlı olarak sıralı ya da sırasız olarak isteğe bağlı olarak durumlar atanır.

### Flip-Flop Uyarma Tabloları

Karakteristik tablolar flip-flopların çalışmasına ilişkin analiz ve tanımlar için kullanışlıdır. Girişler ve şimdiki durum bilindiğinde bir sonraki durumu tablo belirler. X ile belirlenen durumlar etkisiz durumlardır.

RS Flip-Flobu				JK Flip-Flobu			
Q(t)	Q(t+1)	S	R	Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	X	0	0	0	X
0	1	1	0	0	1	1	X
1	0	0	1	1	0	X	1
1	1	X	0	1	1	X	0

D Flip-Flobu			T Flip-Flobu		
Q(t)	Q(t+1)	D	Q(t)	Q(t+1)	T
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	0

### Tasarım Yolları

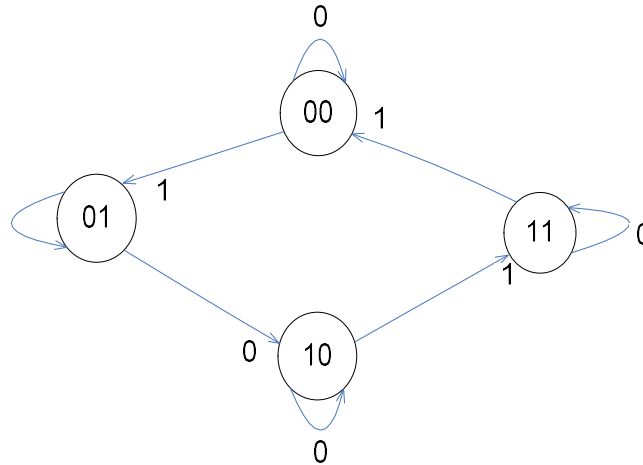
Ardışıl devrelerin tasarımında ilk adım bir durum tablosunun veya durum diyagramı gibi bir eşdeğer gösterimin elde edilmesidir. Senkron ardışıl devreler flip-floplar ve kapılardan oluşur. Devrenin tasarımı flip-flopların seçimi ve uygun kombinezonal kapı yapısının bulunmasından ibarettir. Flip-flop sayısı devrede gereken durum sayısına göre bulunur.  $2^m$  tane durum söz konusu ise m tane flip-flop gereklidir. Bir senkron ardışıl devrenin tasarımında peş peşe gelen adımlar aşağıdaki gibidir.

- 1- Devre davranışı sözel olarak belirlenir.
- 2- Devre hakkında verilen bilgilerden bir durum tablosu veya durum diyagramı elde edilir.
- 3- Durum azaltma yöntemleriyle durum sayısı azalıyorsa azaltılır.
- 4- 2 veya 3. adım elde edilen durum tablosu harf sembolleri içeriyorsa her duruma ikili değer atanır.
- 5- Gereken flip-flop sayısı bulunur ve her birine bir harf sembolü atanır.
- 6- Kullanılacak flip-flop tipine karar verilir.

- 7- Durum tablosundan devre uyarma ve çıkış tabloları elde edilir.
- 8- Diyagram veya basitleştirme yöntemleri kullanılarak devre çıkış fonksiyonları ve flip-flop giriş fonksiyonları üretilir.
- 9- Devre çizilir.

Genel uygulamalarda genellikle JK tipi flip-floplar seçilir.

Durum diyagramı aşağıda verilen devreyi JK flip-flopları ile tasarlamaya çalışalım. Yönlü hatlar herhangi bir “/” işareti ile ayrılmadığı için bir giriş değişkeni olduğu fakat herhangi bir çıkış değişkeni bulunmadığı anlaşılabilir.



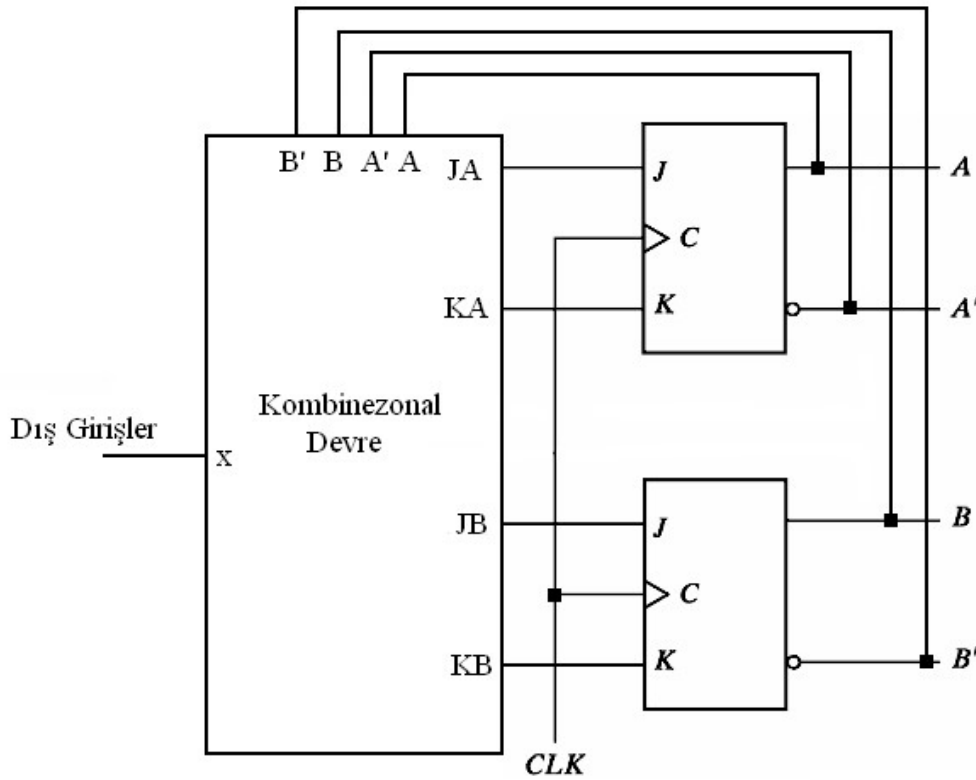
Dört durum varsa iki flip-flop söz konusudur. Bu flip-floplar A ve B şeklinde isimlendirilsin. Devrenin tek girişi var, flip-floplar dışında herhangi bir çıkışı mevcut değil. Bu girişe de x adını verelim. Durum diyagramından durum tablosunu oluşturacak olursak,

Şimdiki Durum		Sonraki Durum			
		x=0		x=1	
A	B	A	B	A	B
0	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0

A flip flop'unun girişleri JA ve KA olarak, B flip-flop'unun girişleri de JB ve KB olarak gösterilmiştir. Birinci satıra bakacak olursak, A flip-flop'unun 0 olan şimdiki durumundan sonraki durumu olan 0'a geçiş verilmiştir. 0 durumundan 0 durumuna geçiş için J girişi 0 ve K girişinin de X olması gerektiği flip-flop uyarma tablolarından görülür. Aynı şekilde B flip-flop'u ve diğer satırlar içinde flip-flop uyarma tabloları kullanılarak uyarma tablosunda tüm olası durumlar belirlenir.

Kombinezonal Devre Girişleri			Sonraki Durum		Kombinezonal Devre Çıkışları			
Şimdiki Durum		Giriş			Flip-Flop Girişleri			
A	B	x	A	B	JA	KA	JB	KB
0	0	0	0	0	0	X	0	X
0	0	1	0	1	0	X	1	X
0	1	0	1	0	1	X	X	1
0	1	1	0	1	0	X	X	0
1	0	0	1	0	X	0	0	X
1	0	1	1	1	X	0	1	X
1	1	0	1	1	X	0	X	0
1	1	1	0	0	X	1	X	1

Tasarlanacak olan ardışıl devreye ait blok diyagramı aşağıda görüldüğü gibidir. Kombinezonal devrenin çıkışlarının flip-flop'ların şimdiki durumları olduğu görülmektedir.



Doğruluk tablolarından hareketle kombinezonal devrenin tasarlanabilmesi için diyagramlardan faydalanılır. Bu şekilde en sade şekilde kombinezonal devre durum diyagramlarından aşağıdaki gibi elde edilir.



	$Bx$		$B$	
	00	01	11	10
$A$				
0				1
1	X	X	X	X

$x$

$$J_A = Bx'$$

	$Bx$		$B$	
	00	01	11	10
$A$				
0	X	X	X	X
1			1	

$x$

$$K_A = Bx$$

	$Bx$		$B$	
	00	01	11	10
$A$				
0		1	X	X
1		1	X	X

$x$

$$J_B = x$$

	$Bx$		$B$	
	00	01	11	10
$A$				
0	X	X		1
1	X	X	1	

$x$

$$K_B = (A \oplus x)'$$

$$J_A = Bx' \quad K_A = Bx$$

$$J_B = x \quad K_B = (A \oplus x)'$$

Tasarlanan devre ise aşağıdaki gibi olur.

