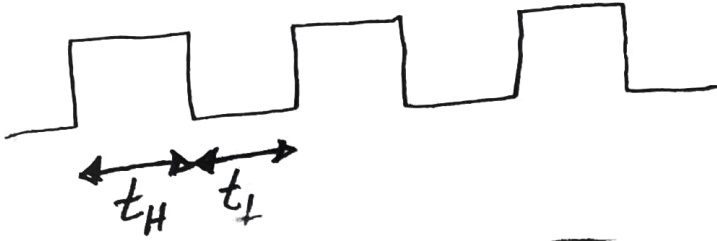


# Ardışıl Devreler (Sequential Circuits)

(59)

Kombinezonel devrelerde çıkış değerleri tamamen girişlerin o andaki değerlerine bağlıdır. Ardışıl devrelerde ise çıkış değerleri hem o andaki giriş değerlerine hem de devrenin bir önceki durumlarına bağlıdır.

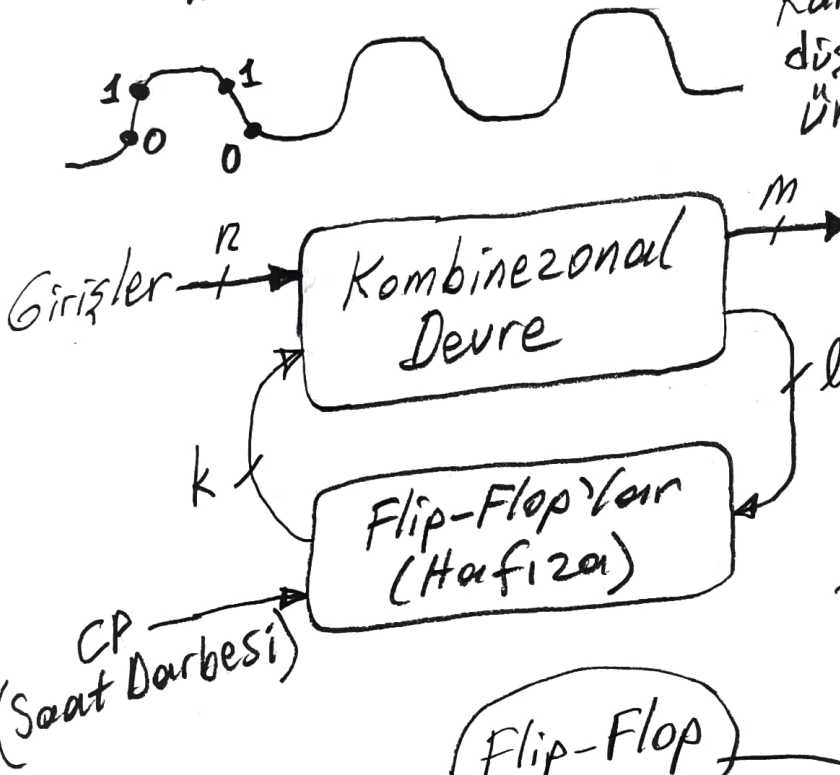
## Saat Darbesi (CP: Clock Pulse)



Saat darbesi devrenin eşzamanlı çalışabilmesi için gereklidir.

$t_p = t_H + t_L$  Bir periyodluk zaman

Kare dalganın ideal olduğu düşünülür. İdeal kare dalgayı üretmek imkansızdır.



Flip-Flop'lar yani hafıza birimi durumların tutulması için gereklidir. Kenar tetiklemeli flip-flop'lar kullanılır.

## Flip-Flop

Kenar Tetiklemeli Flip-Flop (Gerçek Flip-Flop)

Seviye Tetiklemeli Flip-Flop (izin girişli Mandol)

Sıfır Durumlu  
0 olunca iş görür

Bir Durumlu  
1 olunca iş görür

Yükselen Kenar  
0'dan 1'e geçince iş görür

Aşan Kenar  
1'den 0'a geçince iş görür

# Mandallar (Latches)

(60)

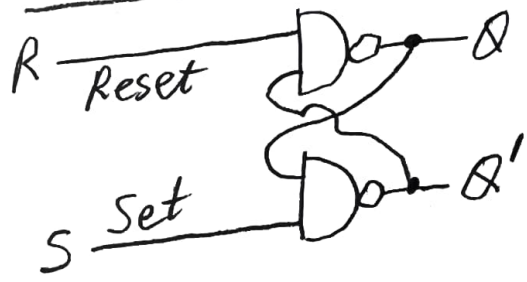
## Nor kapılarıyla Gerçeklenen Mandal



S	R	$Q_{t+1}$
0	0	$Q_t$
0	1	0
1	0	1
1	1	Kullanılmaz

$S=R=1$  olduğunda  $Q=Q'=0$  olacağından kullanılmaz.

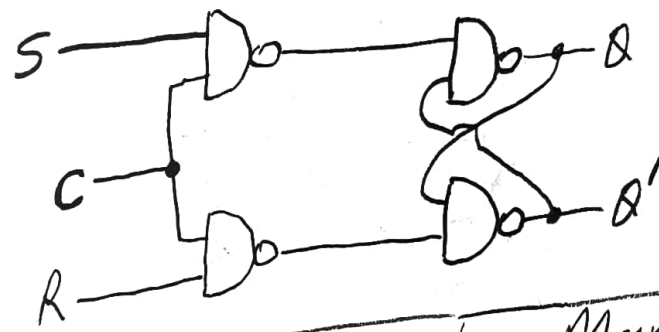
## Nand Kapılarıyla Gerçeklenen Mandal



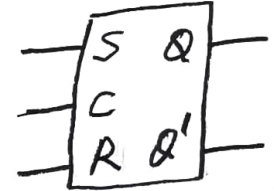
S	R	$Q_{t+1}$
0	0	Kullanılmaz
0	1	0
1	0	1
1	1	$Q_t$

$S=R=0$  olduğundan  $Q=Q'=1$  olacağından kullanılmaz.

## İzin girişli SR tipi Mandal

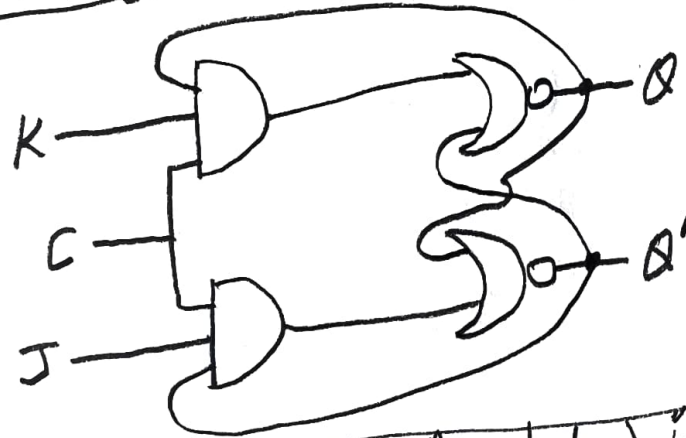


C	S	R	$Q_{t+1}$
0	X	X	$Q_t$
1	0	0	$Q_t$
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	Kullanılmaz



$C=1$  iken  $Q_{t+1} = S + R'Q_t$   
 $SR=0$  olmalı

## İzin girişli JK tipi Mandal



C	J	K	$Q_{t+1}$
0	X	X	$Q_t$
1	0	0	$Q_t$
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	$Q_t'$

$C=1$  iken  $J=K=1$  ise sıkışık 0 ile 1 arasında sürekli değişir. Uygunsuz durum.

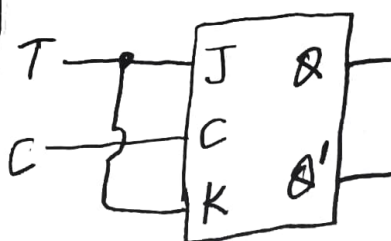
$$C=1 \text{ iken } Q_{t+1} = JQ_t' + K'Q_t$$

## İzin girişli D tipi Mandal



C	D	$Q_{t+1}$
0	X	$Q_t$
1	0	0
1	1	1

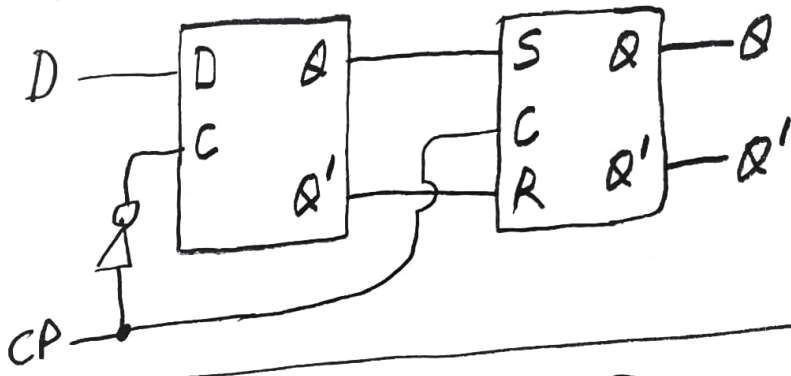
## İzin girişli T tipi Mandal



C	T	$Q_{t+1}$
0	X	$Q_t$
1	0	$Q_t$
1	1	$Q_t'$

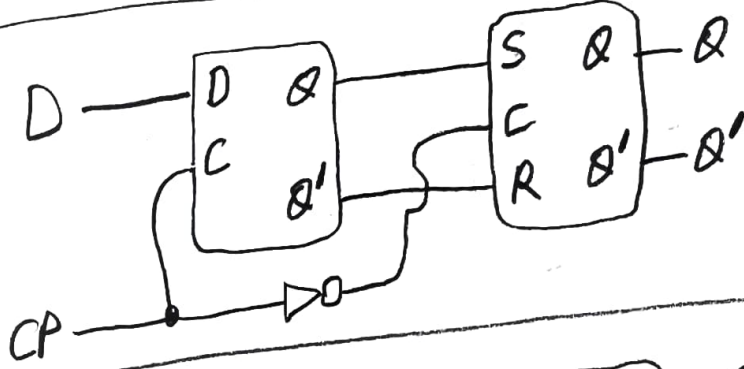


# Master-Slave Flip-Flops (Ana-Diydu Yaz-Bozlar) (61)



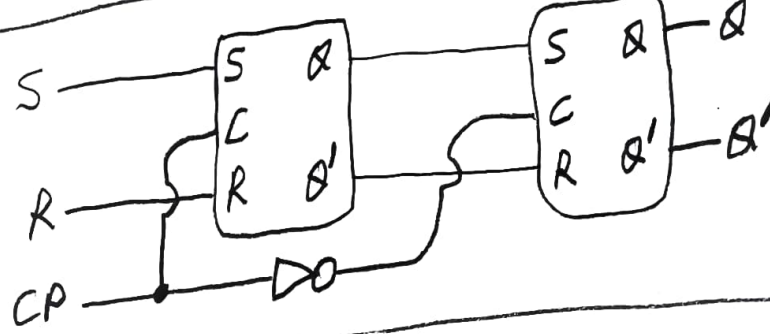
Pozitif Kenar Tetiklemeli  
Master-Slave D tipi  
Flip-Flop.

$$Q_{t+1} = D$$



Negatif Kenar Tetiklemeli  
Master-Slave D tipi  
Flip-Flop

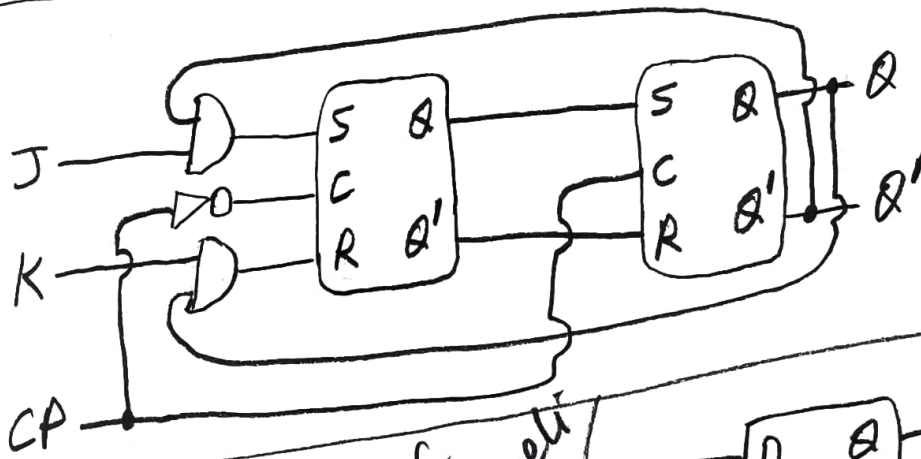
$$Q_{t+1} = D$$



Negatif Kenar Tetiklemeli  
Master-Slave RS tipi  
Flip-Flop

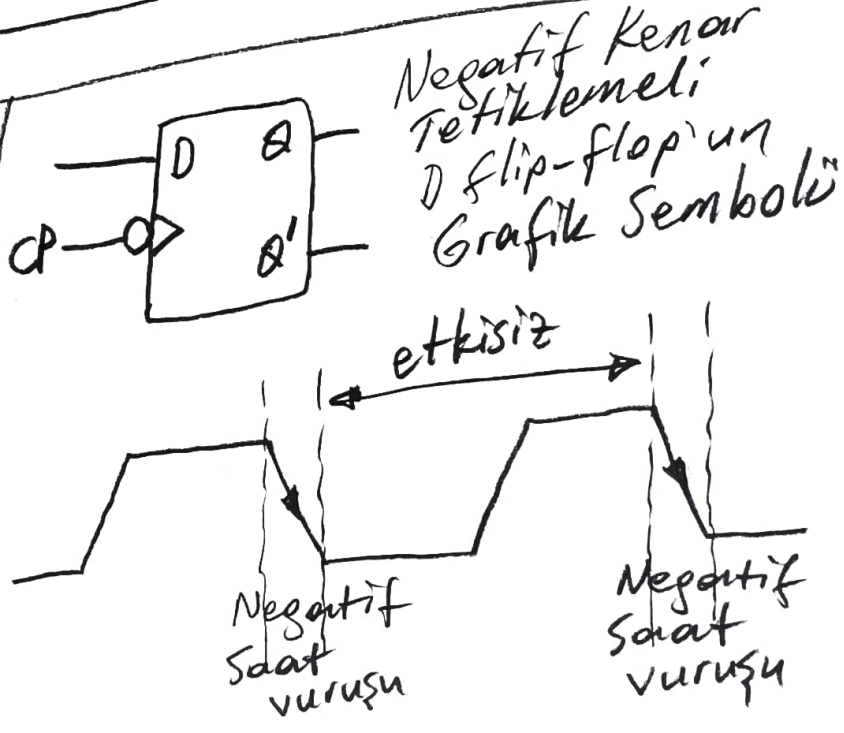
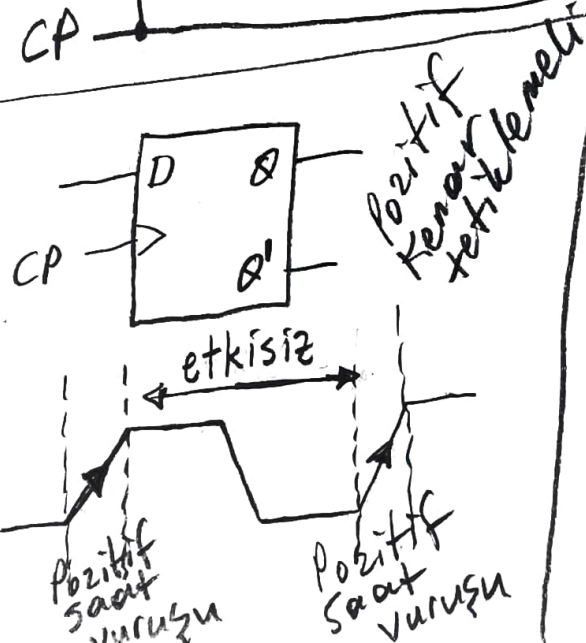
$$Q_{t+1} = S + R'Q_t$$

$$SR = 0 \text{ olmalı}$$



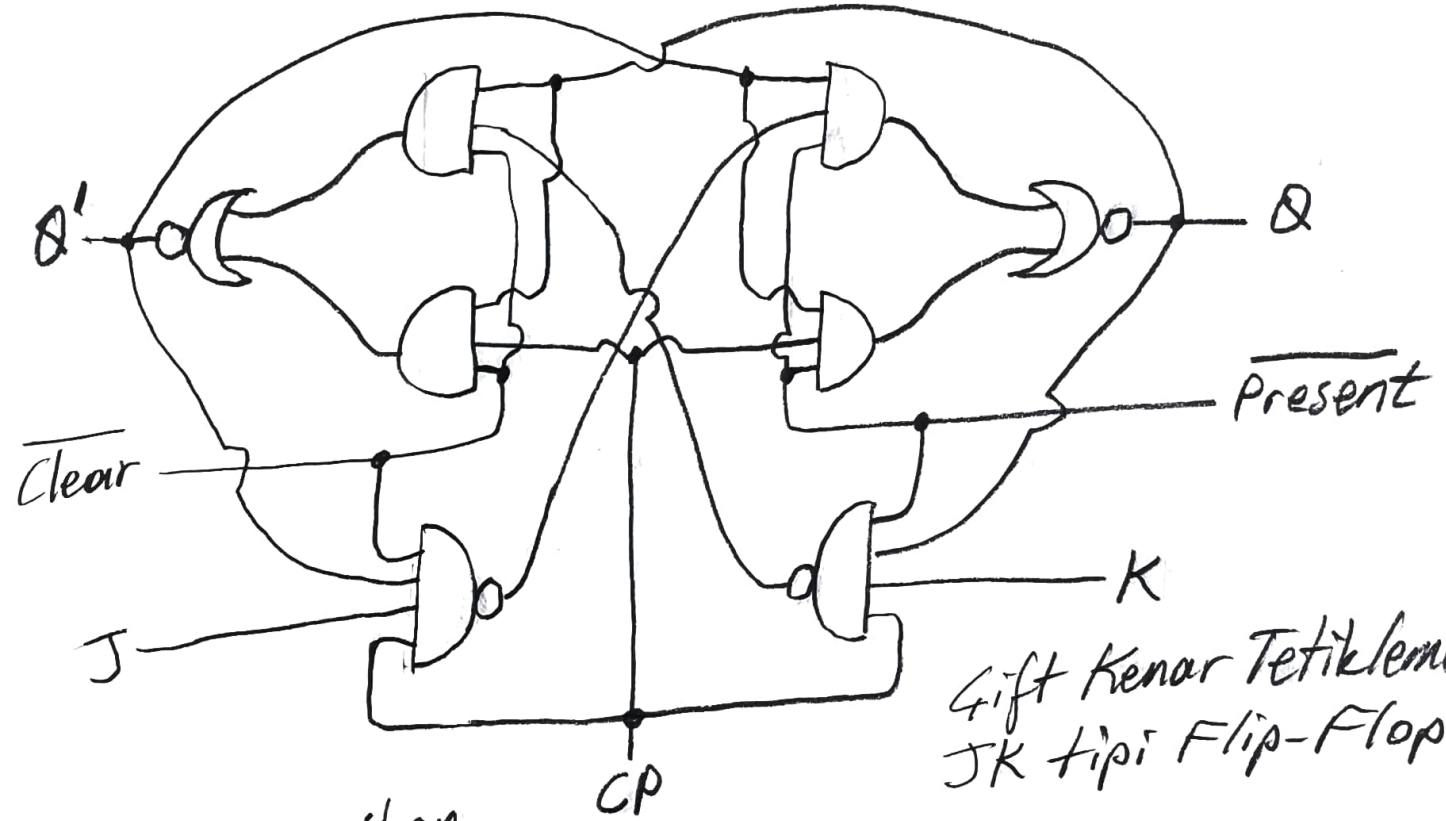
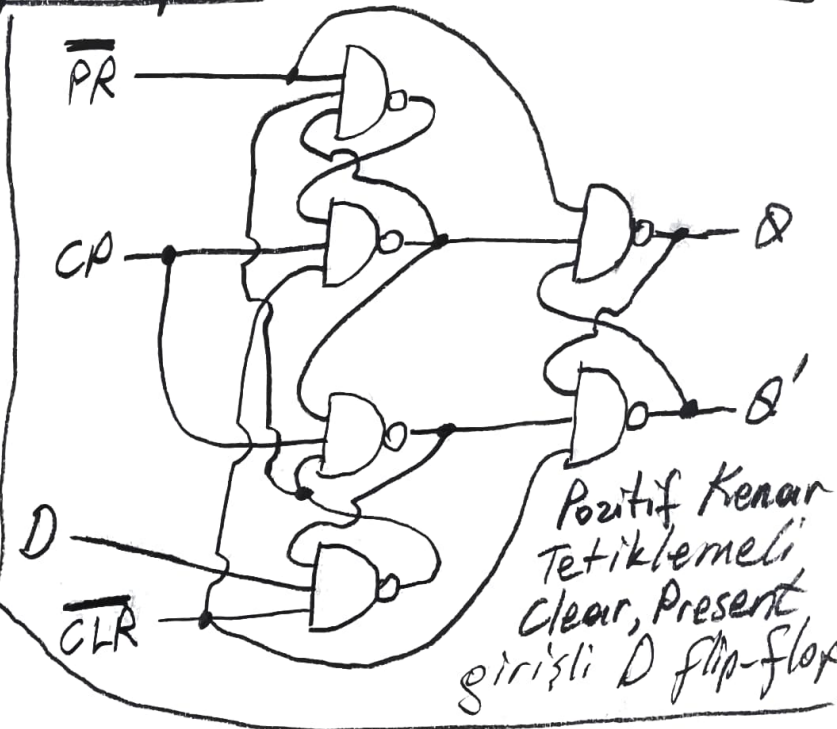
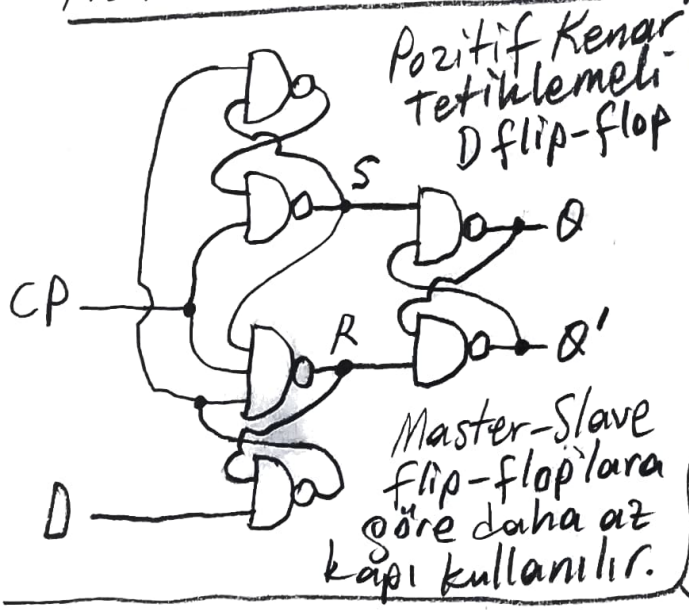
Pozitif Kenar Tetiklemeli  
Master-Slave JK tipi  
Flip-Flop

$$Q_{t+1} = JQ_t' + K'Q_t$$



# Kenar Tetiklemeli Flip-Floplar

(62)



Geçirgen Kenar Tetiklemeli JK tipi Flip-Flop

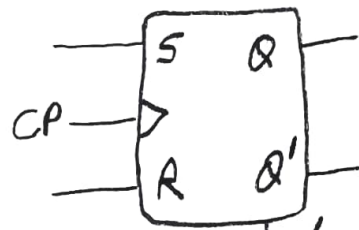


0'dan 1'e veya 1'den 0'a geçerken JK flip-flop tetiklenir.

Clear = 0 iken flip-flop tetiklenirse  $Q = 0, Q' = 1$  olur.  
Present = 0 iken flip-flop tetiklenirse  $Q = 1, Q' = 0$  olur.

Clear = Present = 1 iken  $Q_{t+1} = JQ'_t + K'Q_t$

## RS flip-flop



$$Q_{t+1} = S + R'Q_t$$

$SR = 0$  olmalı  
Karakteristik  
Denklem

SR	$Q_{t+1}$
00	$Q_t$
01	0
10	1
11	Kullanılmaz

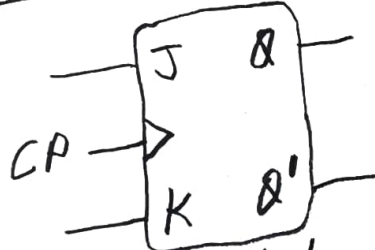
$Q_t$	$Q_{t+1}$	S	R
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	X	0

Grafik Sembol

Karakteristik Tablo

Uyarım Tablosu

## JK flip-flop



$$Q_{t+1} = JQ_t' + K'Q_t$$

Karakteristik  
Denklem

JK	$Q_{t+1}$
00	$Q_t$
01	0
10	1
11	$Q_t'$

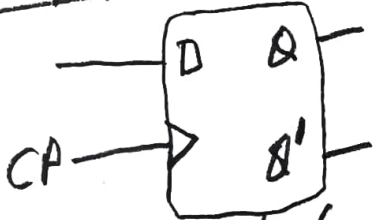
$Q_t$	$Q_{t+1}$	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Grafik Sembol

Karakteristik Tablo

Uyarım Tablosu

## D flip-flop



$$Q_{t+1} = D$$

Karakteristik  
Denklem

D	$Q_{t+1}$
0	0
1	1

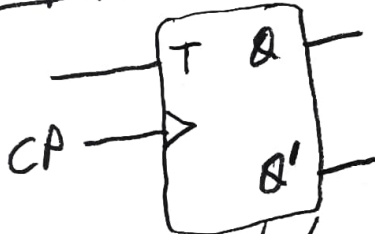
$Q_t$	$Q_{t+1}$	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

Grafik Sembol

Karakteristik  
Tablo

Uyarım Tablosu

## T flip-flop



$$Q_{t+1} = TQ_t' + T'Q_t$$

Karakteristik  
Denklem

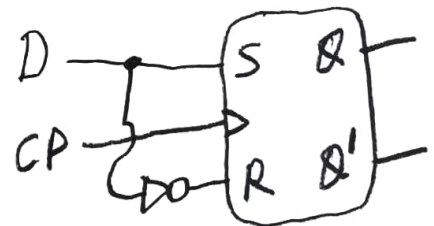
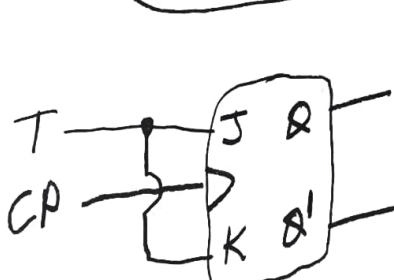
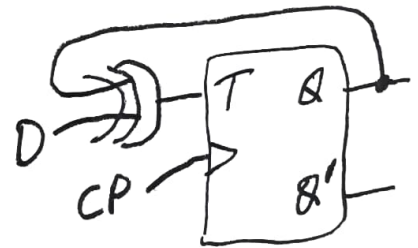
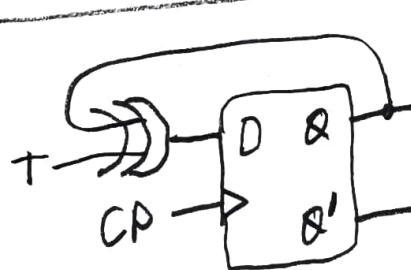
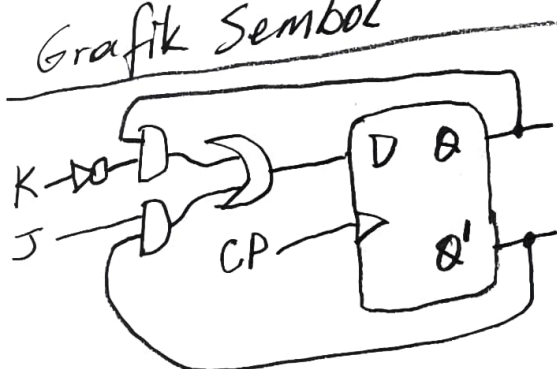
T	$Q_{t+1}$
0	$Q_t$
1	$Q_t'$

$Q_t$	$Q_{t+1}$	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Grafik Sembol

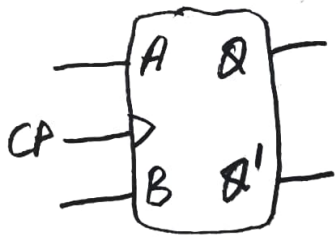
Karakteristik  
Tablo

Uyarım Tablosu



Flip-Flop'ların birbirine dönüştürülmesi





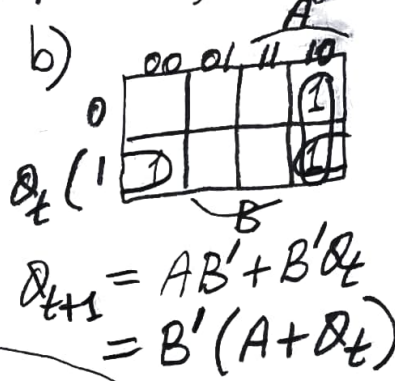
Yanda verilen AB flip-flop'un (64)

AB	$Q_{t+1}$
00	$Q_t$
01	0
10	1
11	0

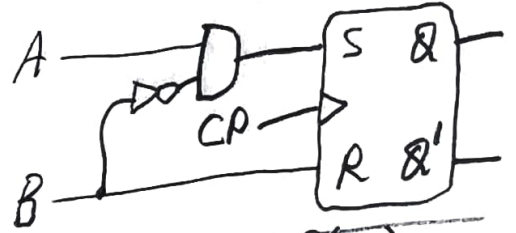
a) Uyarım Tablosunu bul.  
b) Karakteristik Denklemini bul.  
c) RS flip-flop ile tasarla.

a)  $Q_t Q_{t+1} | AB$

$Q_t Q_{t+1}$	AB
00	0X ve 11
01	10
10	X1
11	X0

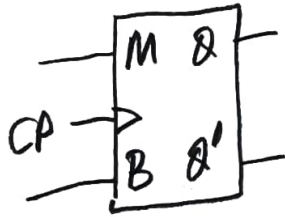


c)  $Q_{t+1} = S + R'Q_t, SR = 0$   
 $\rightarrow S = AB', R = B$



Yanda verilen MB flip-flop'un

MB	$Q_{t+1}$
00	1
01	1
10	0
11	$Q_t$



- a) Uyarım Tablosunu bul.  
b) Karakteristik Denklemini Bul.  
c) JK flip-flop ile tasarla.

a)  $Q_t Q_{t+1} | MB$

$Q_t Q_{t+1}$	MB
00	1X
01	0X
10	10
11	0X ve 11

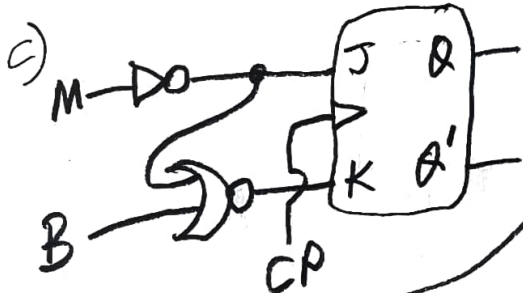
b)  $MB | Q_{t+1} | JK$

MB	$Q_{t+1}$	JK
00	1	10
01	1	10
10	0	01
11	$Q_t$	00

JK  $Q_{t+1}$

JK	$Q_{t+1}$
00	$Q_t$
01	0
10	1
11	$Q_t'$

$J = M'B' + M'B = M'(B' + B) = M'$   
 $K = MB' = (M' + B)'$



ABC  $Q_{t+1}$

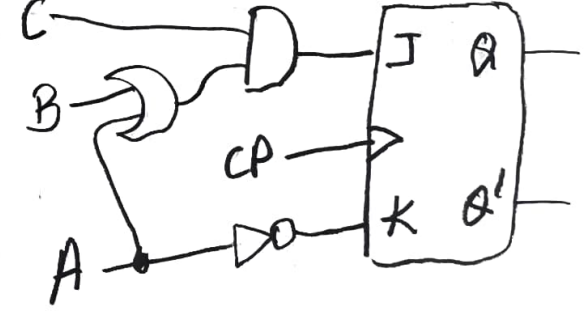
ABC	$Q_{t+1}$
000	0
001	0
010	0
011	$Q_t'$
100	$Q_t$
101	1
110	$Q_t$
111	1

ABC flip-flopunu JK flip-flop ile tasarla

ABC  $Q_{t+1} | JK$

ABC	$Q_{t+1}$	JK
000	0	01
001	0	01
010	0	01
011	$Q_t'$	11
100	$Q_t$	00
101	1	10
110	$Q_t$	00
111	1	10

$J = (A + B)C$   
 $K = A'$



Bir motor A ve B isimli iki anahtar ile şu şekilde kontrol ediliyor. (65)

\* İkisi de kapalı ise motor çalışmıyor.

\* İkisi de açık ise motor çalışıyor.

\* Biri açık, biri kapalı ise durum koranıyor.

Motorun kontrol devresini D flip-flop ve en az kapı elemanı kullanarak tasarla.

AB	$Q_{t+1}$		$Q_t=0$   $Q_t=1$	
	$Q_t=0$	$Q_t=1$	D	D
00	0	0	0	0
01	0	1	0	1
10	0	1	0	1
11	1	1	1	1

$Q_t$	$Q_{t+1}$	D
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

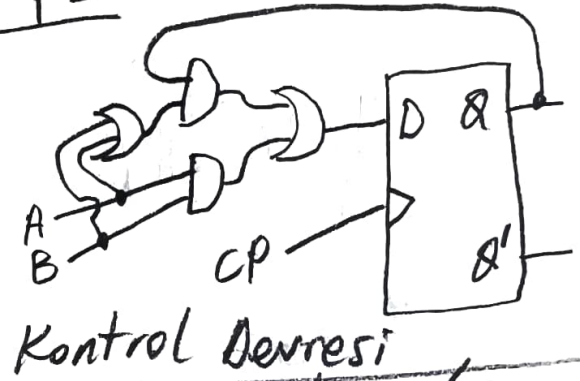
D flip-flop'un  
Uyarım  
Tablosu

$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0			1	
1		1	1	1

$$D = AB + AQ_t + BQ_t$$

$$= AB + (A+B)Q_t$$

D flip-flop'un  
girişi



Kontrol Devresi

Yukarıdaki Motor Sorusunu T flip-flopla tasarla.

AB	$Q_{t+1}$		$Q_t=0$   $Q_t=1$	
	$Q_t=0$	$Q_t=1$	T	T
00	0	0	0	1
01	0	1	0	0
10	0	1	0	0
11	1	1	1	0

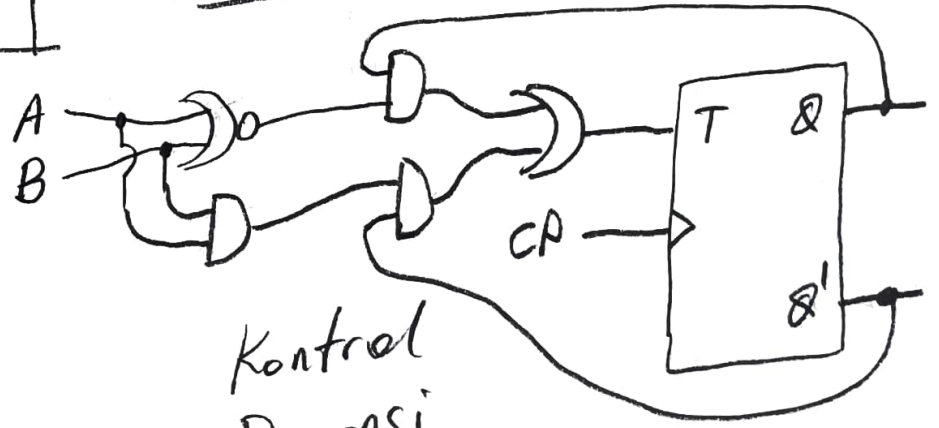
$Q_t$	$Q_{t+1}$	T
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

T flip-flop'un  
Uyarım  
Tablosu

$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0			1	
1	1			

$$T = ABQ' + A'B'Q_t$$

$$= (AB)Q' + (A+B)'Q_t$$



Kontrol  
Devresi



Aynı Motor sorusunu JK flip-flop ile tasarla.

(66)

AB	$Q_{t+1}$		$Q_t=0$		$Q_t=1$	
	$Q_t=0$	$Q_t=1$	J	K	J	K
00	0	0	0	X	X	1
01	0	1	0	X	X	0
10	0	1	0	X	X	0
11	1	1	1	X	X	0

Durum Geçiş Tablosu

$Q_t Q_{t+1}$	JK
00	0X
01	1X
10	X1
11	X0

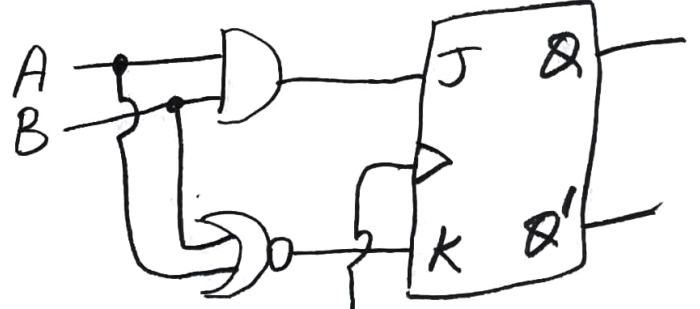
JK flip-flop  
Uyarım  
Tablosu

$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0			1	
1	X	X	X	X

J = AB

$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0	X	X	X	X
1	1			

K = A'B' = (A+B)'



Kontrol Devresi

Soruyu şu şekilde de çözebiliriz.

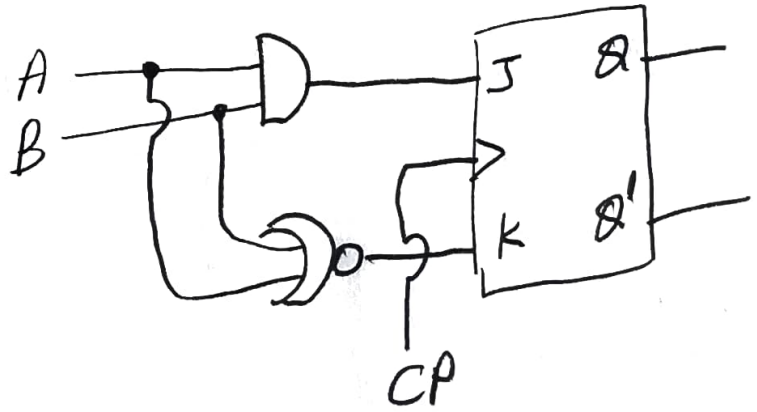
$Q_t$	AB	$Q_{t+1}$	J	K
0	00	0	0	X
0	01	0	0	X
0	10	0	0	X
0	11	1	1	X
1	00	0	X	1
1	01	1	X	0
1	10	1	X	0
1	11	1	X	0

$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0			1	
1	X	X	X	X

J = AB

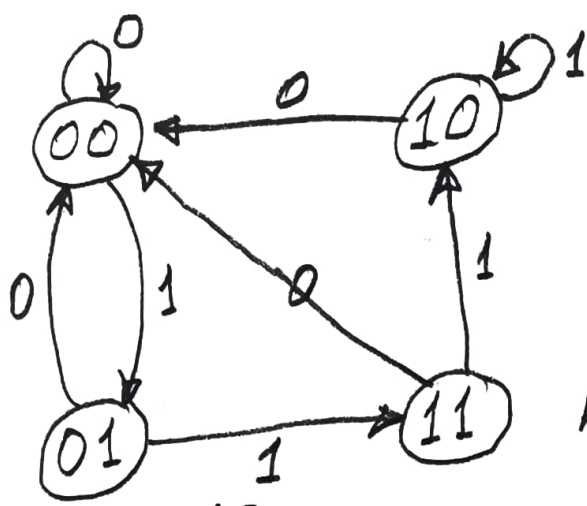
$Q_t$	A			
	00	01	11	10
0	X	X	X	X
1	1			

K = A'B' = (A+B)'



Kontrol Devresi





Durum geziş diyagramı  
yanda verilen eşzamanlı  
ardışıl mantık devresini  
JK flip-flop'lar ve en az  
kapı elemanı kullanarak tasarla

PS $X Q_1 Q_0$	NS $Q_1 Q_0$	$J_1 K_1$	$J_0 K_0$
000	00	0X	0X
001	00	0X	X1
010	00	X1	0X
011	00	X1	X1
100	01	0X	1X
101	11	1X	X0
110	10	X0	0X
111	10	X0	X1

$Q_t Q_{t+1}$	JK
00	0X
01	1X
10	X1
11	X0

JK flip-flop  
uyarım  
Tablosu

	$Q_1$	$Q_0$
0	00	01
1	11	10

$$J_1 = X Q_0$$

	$Q_1$	$Q_0$
0	00	01
1	11	10

$$K_1 = X'$$

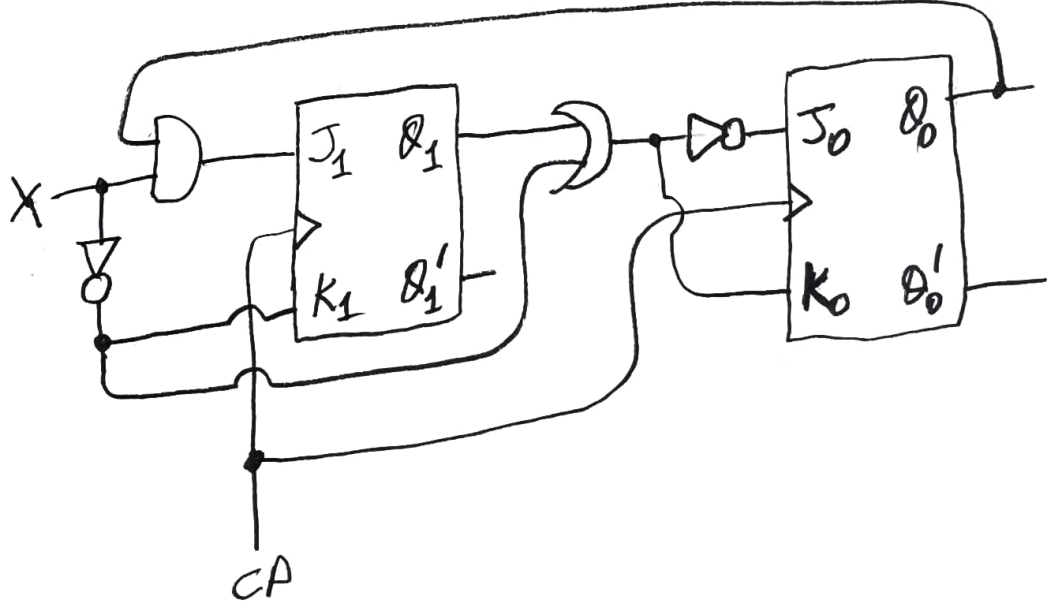
Durum Geziş Tablosu

	$Q_1$	$Q_0$
0	00	01
1	11	10

$$J_0 = X Q_1' = (X' + Q_1)'$$

	$Q_1$	$Q_0$
0	00	01
1	11	10

$$K_0 = X' + Q_1$$

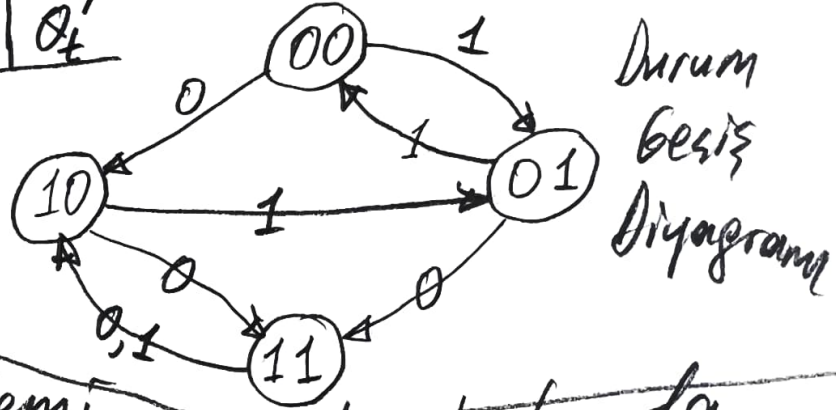


$J_1 = X'$ ,  $K_1 = XQ_0'$ ,  $T_0 = X + Q_1$  denklemiyle verilen eşzamanlı ardışıl mantık devresinin durum geiş tablosu ve diyagramını bul. (68)

PS $XQ_1Q_0$	NS $Q_1Q_0$	$J_1K_1T_0$
000	10	100
001	11	100
010	11	101
011	10	101
100	01	011
101	00	001
110	01	011
111	10	001

JK	$Q_{t+1}$
00	$Q_t$
01	0
10	1
11	$Q_t'$

T	$Q_{t+1}$
0	$Q_t$
1	$Q_t'$



$Q_{t+1} = B \odot (A' + Q_t)$  denklemi ile verilen AB flip-flop'unu JK flip-flop ile tasarla.

$Q_t AB$	$Q_{t+1}$	JK
000	0	0X
001	1	1X
010	1	1X
011	0	0X
100	0	X1
101	1	X0
110	0	X1
111	1	X0

$Q_t Q_{t+1}$	JK
00	0X
01	1X
10	X1
11	X0

$Q_t = 0$  için  
 $Q_{t+1} = B \odot A' = A \oplus B$   
 $Q_t = 1$  için  
 $Q_{t+1} = B \odot 1 = B$

$J = A'B + AB'$   
 $= A \oplus B$

