

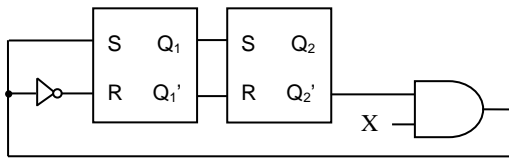
## LOJİK DEVRELERDE SORUNLAR ve GİDERİLMESİ

### 1. Giriş

Şimdiye kadar yapılan teorik kombinasyonel devre tasarımlarında girişe uygulanan tüm işaretlerin aynı miktarda gecikmeye uğradıktan sonra çıkışa ulaştığı varsayılmıştır. Halbuki bazı tasarım yöntemleri değişkenlerin farklı sayıda kapıdan geçerek çıkışa ulaşmasını gerektirir. Ayrıca kapıların gecikme süreleri de kapının türüne ve imalinde kullanılan yarıiletken teknolojisine bağlıdır. Kapı gecikme süresine “propagasyon süresi” adı verilir. Bu nedenle de kombinasyonel devre çıkışlarında istenilmeyen kısa süreli darbeler, sürülen katın yanlış çalışmasına yol açabilir. Bunun yanında geri beslemeli kombinasyonel devrelerde kararlı çıkışlar bir çok durum geçişinden sonra oluşmaktadır. Burada durum geçişleri her zaman beklenen sırayı izlemeyebilir. Bu durum ise bazı istenmeyen durumların doğmasına yol açar.

### 2. Çevrimler ve Yarışlar (Cycles and Races)

Şekil-1.a'daki devreyi ve Şekil-1.b'deki durum tablosunu ele alalım.

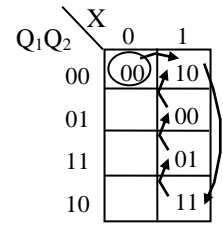


(a)

$Q_1Q_2$	X=0	X=1
00	00	10
01	00	00
11	01	01
10	01	11

$Q_1^+Q_2^+$

(b)

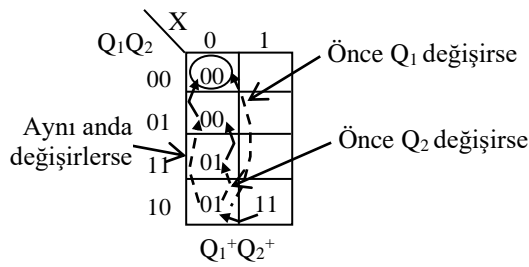


(c)

Şekil-1

Durum tablosuna baktığımızda sadece  $XQ_1Q_2=000$  durumunun kararlı durum olduğu görülmektedir. Eğer bu kararlı durumdan başlarsak ve X 0'dan 1'e değişirse Şekil-1.c'deki sonucu elde etmiş oluruz.

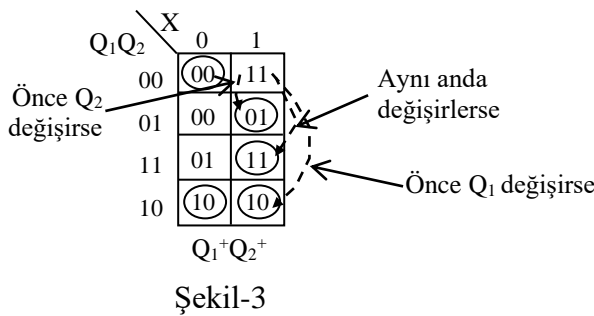
X değişir değişmez o andaki durum 00'dan 10'a değişir. Devre 10 durumuna geçer geçmez bir sonraki durum 11 olur. 11'den devre 01'e ve 01'den de 00'a döner. Bu değişimler girişlerde hiç bir değişim olmamasına rağmen gerçekleşmektedir. Aslında devre bu kararsız durumlar arasında giriş değişkeni 0 durumuna çekilinceye kadar sonsuz bir döngü içinde dönecektir. Bu yüzden bu türlü davranışlara çevrim adını vermekteyiz.



Şekil-2

Eğer X, devre 10 kararsız durumunda iken 0'a geri döndürülürse Şekil-2'de gösterildiği gibi bir kaç durum değişimi dizisi mümkün olur. Şu andaki durum  $Q_1Q_2=10$  ve  $X=0$  ise bir sonraki durum  $Q_1^+Q_2^+=01$  olmalıdır. Bu,  $Q_1$ 'in 1'den 0'a değişiminin  $Q_2$ 'nin 0'dan 1'e değişmesiyle aynı zamanda olmasını gerektirir. Değişik flip-flop'lar değişik propagasyon gecikmesi sahip olabileceğinden  $Q_2$ 'nin 1'e değişmesi  $Q_1$ 'in 0'a değişmesinden önce gerçekleşebilir. Bu durumda devre bir anlık, akış tablosunun  $Q_1Q_2=11$  satırına geçebilir. Eğer iki flip-flop da aynı anda değişirse devre 10 durumundan 01 durumuna direkt olarak geçecek ve oradan da 00 durumuna ulaşacaktır. Eğer 10 durumunda iken  $Q_2$  değişmeden  $Q_1$  0'a değişirse devre direkt olarak 00'a geçecektir.

Girişteki tek bir değişim sonucunda 2 veya daha fazla FF'ların durum değiştirmesi sözkonusu ise çıkacak sonuç FF'lar arasında yarış durumunu oluşturur. Bir kararlı durumda iken varılacak kararlı durum FF'ların sıralı değişim derecelerine göre önemli değilse bu duruma kritik olmayan yarış denir. FF'ların durum değiştirmelerindeki sıralamaya bağlı olarak 2 veya daha fazla kararlı duruma geçmek mümkünse bu duruma kritik yarış denir. Şekil-3'te kritik yarışa örnek verilmiştir.



Şekil-3

Asenkron devrelerin tasarımında kritik yarışlardan kaçınılmalıdır. Çünkü bunlar Şekil-3'te gösterildiği gibi devrenin yanlış çalışmasına yol açacaktır. Yarışları yok etmenin iki yolu vardır. Bunlardan ilki asla yarış durumları ortaya çıkmayacak şekilde giriş ve durum değişkenlerinin sınırlandırılmasıdır. Bu yöntem yasak durumların ortaya çıkmasından dolayı pek tercih edilmez. Daha yaygın kullanılan yöntem durum atamasıyla yarışların yok edilmesidir.

#### Durum Ataması Yöntemiyle Yarışların Yok Edilmesi

Bu yöntem indirgenmiş ilkel akış tablosu üzerinde durum atamalarını belirler. Yöntem şu şekilde işler: Her bir sütun (girişler sütunları ifade ediyor) için geçişler (bulunduğu satırdan hangi satıra gideceği) belirlenir. Daha sonra bu geçişler mümkünse don't care durumlarından yararlanılarak devrede yarış meydana gelmeyecek şekilde getirilerek durum ataması yapılır. Eğer don't care durumları ile yarışlardan kurtulunamıyorsa mümkün olduğunca az yeni durumlar eklenerek geçişlerin bu durumlar üzerinden yapılması sağlanır. Bunu bir örnekle inceleyelim.

İlkel akış tablosu aşağıdaki gibi verilsin:

	$X_1X_2$							
	00	01	11	10	00	01	11	10
a	a	a	c	b	0	0	-	0
b	a	b	b	b	-	0	0	0
c	-	b	c	b	-	-	1	-

(sonraki durum)                      (Z)

Şekil-4

Örnekte her bir sütun için geçişler şu şekilde oluşmuştur:

- 00:  $b \rightarrow a$
- 01:  $c \rightarrow b$
- 11:  $a \rightarrow c$
- 10:  $a, c \rightarrow b$

Burada a, b, c durumları arasındaki herhangi ikisinin sağlanması üçüncü geçişin sağlanmasını imkansız hale getirmektedir. Bu yüzden çözüm olarak yeni bir d durumu (bu durum örnekte b ile c durumları arasındaki geçişte geçici durum olarak kullanılmaktadır) açmaktayız. Sonuçta elde edilen tablo şu hali almıştır.

	$X_1X_2$							
	00	01	11	10	00	01	11	10
a	a	a	c	b	0	0	-	0
b	a	b	b	b	-	0	0	0
c	-	d	c	d	-	-	1	-
d	-	b	-	b	-	-	-	-

(sonraki durum)                      (Z)

Şekil-5

### 3. Riskler (Hazards)

Ana-modlu asenkron ardışıl devrelerde aynı anda sadece bir giriş değişkeninin değişmesine izin verilir. Buna rağmen istenmeyen bazı çalışma durumları ortaya çıkabilir. Diğer bir deyişle, lojik kapıların aynı anda cevap vermeme olasılığından dolayı devrede istenmeyen ara çıkışlar meydana gelebilir. Bu durumlara risk (hazard) adını veriyoruz.

Riskler 3 çeşit olarak ele alınmaktadır: Statik riskler, dinamik riskler, temel riskler.

#### 3.1 Statik Riskler

Eğer girişin değişiminden önce ve sonra çıkışlar aynı ise bu tür risklere statik risk adını veriyoruz. Statik-1 ve statik-0 olarak ikiye ayrılırlar.

Bir giriş değişimine olan tepkide ve propagasyon gecikmelerinin bazı kombinasyonları için devre çıkışı sabit lojik-1'de kalması gerektiğinde eğer devre çıkışı geçici olarak lojik-0'a giderse bu devre statik-1 riskine sahiptir deriz. Benzer şekilde, çıkış sabit lojik-0'da kalması gerektiğinde eğer geçici olarak lojik-1'e giderse devrenin statik-0 riskine sahip olduğunu söyleriz.

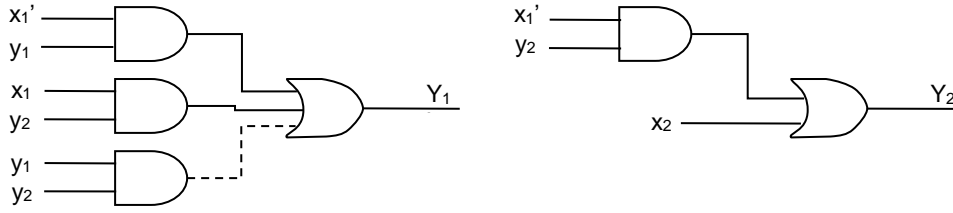
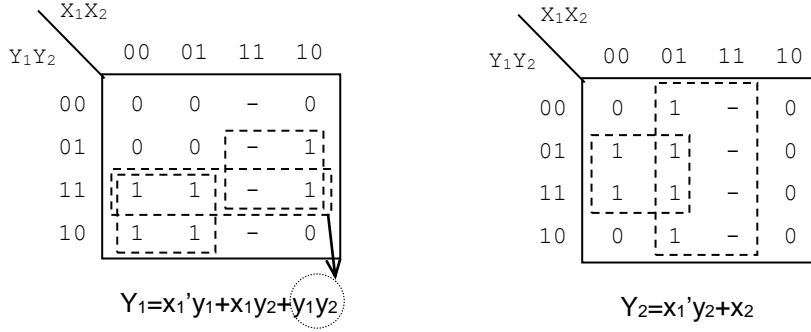
Statik-1 riskine örnek Şekil-6'da verilmiştir:

$Y_1Y_2$	$X_1X_2$			
	00	01	10	11
00	00	01	00	-
01	01	01	10	-
10	10	11	00	-
11	11	11	10	-

(geçiş tablosu)

Şekil-6

Bu devreye ilişkin Karnaugh diyagramları Şekil-7'de verilmiştir.



Şekil-7

$Y_2$ 'nin gerçekleşmesi herhangi bir risk göstermemesine rağmen  $Y_1$ 'in gerçekleşmesi risk göstermektedir.  $t_2$  zamanından önce giriş  $x_1x_2y_1y_2=1-11$  olsun.  $t_1$  anında  $x_1$  1'den 0'a ve kısa bir süre sonra  $t_2$  anında  $x_1'$  0 dan 1 e değişsin. Bu değişimlerin sonucu zamana bağlı olarak Şekil-8'deki gibi incelenebilir.

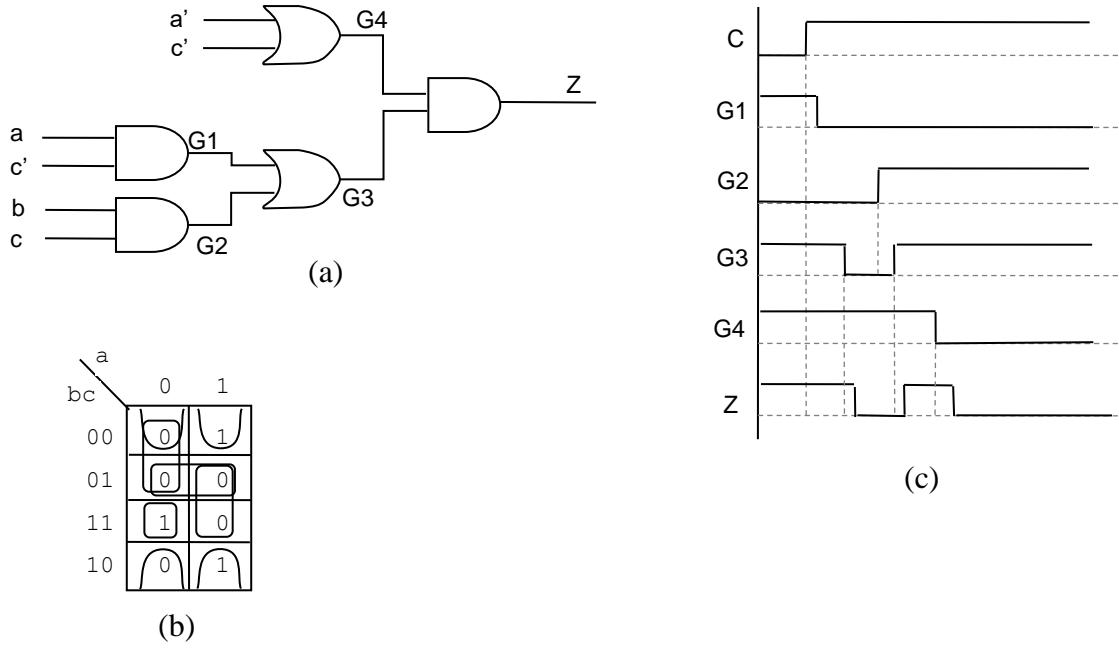
	$x_1$	$x_1'$	$x_2$	$y_1$	$y_2$	$Y_1=x_1'y_1+x_1y_2$	$Y_1=x_1'y_1+x_1y_2+y_1y_2$
$t < t_1$	1	0	-	1	1	1	1
$t_1 < t < t_2$	0	0	-	1	1	0	1
$t > t_2$	0	1	-	1	1	1	1
				Don't care	Sabit	Statik-1 riski	Risk yok

Şekil-8

Bu risklerden bir cins gereksizlik (redundancy) kullanılarak kaçınılabılır. Yani örnek için  $Y_2$  fonksiyonuna elzem olmayan  $y_1y_2$  terimini eklersek Şekil-8'in son sütununda görüldüğü gibi risk giderilebilir. Statik risklerin var olup olmadığının bulunması ve risk varsa riski önleyecek elzem olmayan terimleri bulmanın kolay yolu şöyledir: Fonksiyon statik-1 için çarpımlar toplamı, statik-0 için de toplamlar çarpımı şeklinde yazılır. Statik-1 için 1'lerin komşuluğuna, statik-0 için de 0'ların komşuluğuna bakılır. 1'ler veya 0'lar arasında eğer komşuluk varsa ve aynı blok tarafından içerilmiyorsa o komşuluğu içerecek ek bir terim yazılır ve statik risk ortadan kaldırılmış olur.

### 3.2 Dinamik Riskler

Dinamik riskler sadece  $x_i$  (veya  $x_i'$ ) giriş değişkeninin çıkışa 3 veya daha fazla yolla gittiği durumlarda ortaya çıkabilir. Bu şart, dinamik risklerin çıkışta 3 değişim geçirmesinden dolayı gereklidir. Bu yüzden girişteki değişim etkileri çıkışa 3 farklı zamanda ulaşması gerekir. Dinamik riskler, devre Şekil-9'taki gibi statik riske sahip olmasa bile oluşabilir.



Şekil-9

Bu devrede geçici çıkış fonksiyonu

$$Z' = (ac' + bc)(a' + c') = a'ac' + a'bc + ac' + bcc'$$

$$= (ac' + b)(ac' + c)(a' + c') = (a + b)(b + c')(a + c)(c + c')(a' + c')$$

Bu ifadeleri Karnaugh haritasına yerleştirdiğimizde statik-0 ve statik-1 risklerinin olmadığını görürüz (Şekil-9.b). Devre incelendiğinde dinamik riske sebep olabilecek tek değişkenin c olduğu görülür. Eğer a=b=1, alırsak c'nin değişimi çıkışa 3 ayrı yoldan yayılabilecek. Eğer G4 çıkışı 1'den 0'a değişmeden önce G3 çıkışı 1-0-1 değişimini geçirirse Şekil-9.c'de görüldüğü gibi dinamik risk çıkışta meydana gelir.

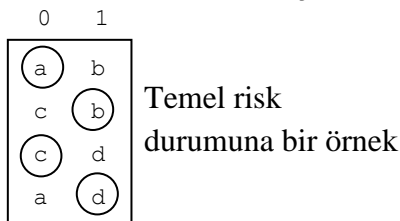
Dinamik riskleri önlemenin yolu, fonksiyon ifadesinde en az 3 defa bulunan değişkenin parantezleme yapılarak indirgenmesine çalışmaktır.

### 3.3 Temel Riskler

Temel risk durumları şu şekilde tanımlanır. Eğer  $x_i$ 'deki bir değişimden sonra kararlı toplam durumun eriştiği durum,  $x_i$ 'deki 3 değişimden sonra kararlı toplam durumun eriştiği durumdan farklı ise akış tablosu  $x_i$  giriş değişkeni için S kararlı toplam durumunda başlayan temel risk durumuna sahiptir denir.

Temel riskler FF çıkışlarından kaynaklanır ve önlemek için devreye kapasite veya geçersiz kapı eklenir.

Temel risk durumuna örnek Şekil-10'da verilmiştir.



Şekil-10

### **Deneyin Yapılışı**

1. Şekil-3'teki devreyi tasarlayarak deney düzeneğinde kurunuz. Yarış durumlarının nasıl oluştuğunu gösteriniz.
2. Deneyde verilen devrede yarış durumları olmayacak şekilde en az sayıda durum ekleyerek durum atamasını gerçekleştiriniz.
3. Doğruluk tablosuna aktarmadan mantık yolu ile basit bir 2:1 MUX tasarlayınız. Tasarladığınız devrede statik riskleri araştırınız. Statik riski deney düzeneğinde gösteriniz.
4. Deneyde verilen devrede statik risklerin olup olmadığını araştırınız, varsa kaldırınız.

### **Deney Soruları**

1. Risk kavramını açıklayınız ve risk çeşitlerinin neler olduğunu belirtiniz.
2. Çevrim ve yarış kavramlarını açıklayınız.
3. Şekil-7'deki devrede riske neden olan kapının hangisi olduğunu belirtiniz.
4. Şekil-7'deki devrede yarış durumu mevcut mudur?