



## ÇARPMA (MULTIPLIER) BİRİMİ TASARIMI

### 1 GİRİŞ

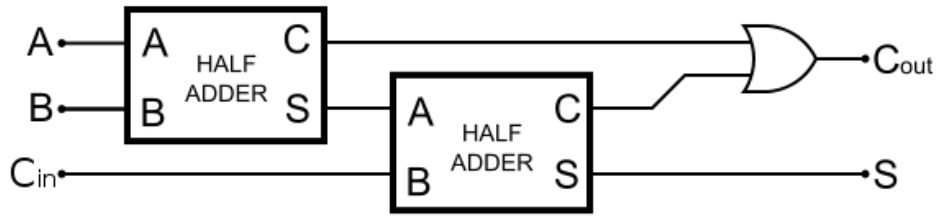
Bu laboratuvar dersi iki kısımdan oluşmaktadır: İlk kısımda, 2. Deneyde kapı seviyesinde gerçekleştirmiş olduğunuz **Tam Toplayıcı** modülünü hiyerarşik olarak tasarlamamız, daha sonra tasarladığınız modülü kullanarak çok bitlik toplayıcı modüller oluşturmanız beklenmektedir. İkinci kısımda ise, 1, 2 ve 3-bitlik işaretli çarpma birimleri tasarlamamız beklenmektedir.

### 2 BİRİNCİ KISIM: TOPLAYICILAR

#### 2.1 TAM TOPLAYICI

Tam Toplayıcı devresi, iki adet tek bitlik sayı ve bir bitlik elde girişini toplar. Çıkış olarak, Yarım Toplayıcıda olduğu gibi Toplam (Sum) ve Elde (Carry) sayısal sinyallerini üretir. Bu derste tasarlayacağınız tam toplayıcı devresini, önceki bölümde gerçekleştirdiğiniz **Yarım Toplayıcı** birimini kullanarak oluşturmalısınız.

Tasarlayacağınız devrenin görünümü Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1: İki yarım toplayıcı ve bir VEYA kapısından oluşan tam toplayıcı birimi.

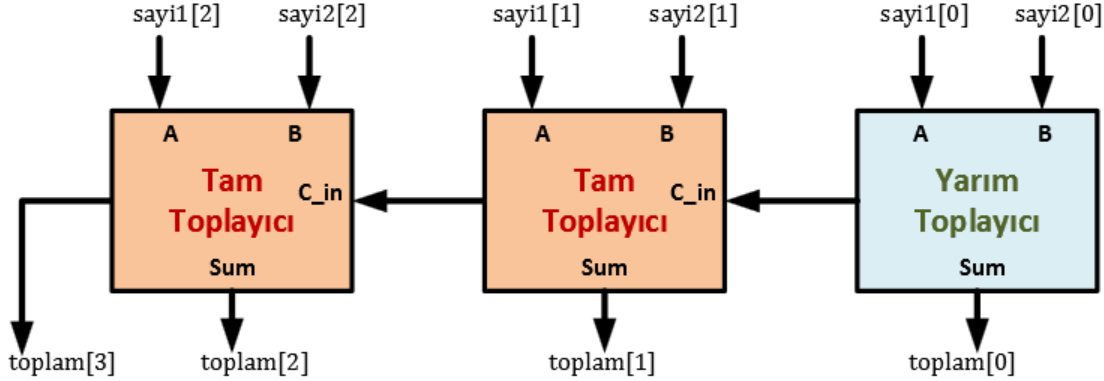
- **[Gerçekleştirme - 1]:** Tam Toplayıcı devresini yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi, önceki bölümde kendi yaptığınız Yarım Toplayıcı modülünü kullanarak kapı seviyesinde gerçekleyin. Tam Toplayıcı modülünde girişler "a", "b" ve "carry\_in", çıkışlar ise "sum" ve "carry\_out" isminde olmalıdır.
- **[Doğrulama - 1]:** Tam Toplayıcı devresini doğrulamak için bir testbench kodu yazın ve simülasyon sonucunda üretilen waveform'u inceleyerek devrenin istenildiği gibi çalıştığından emin olun. Yazacağınız testbench, tam toplayıcı devresinin alabileceği tüm farklı giriş değerlerini test edebilmelidir.



## BİL264L - Mantıksal Devre Tasarımı Laboratuvarı ELE263L - Sayısal Sistem Tasarımı Laboratuvarı

### 2.2 ÜÇ BİTLİK TOPLAYICI BİRİMİ

Bu bölümde, üç bit genişliğindeki iki sayıyı toplayan ve dört bit genişliğinde bir sonuç veren toplayıcı modülü, 1-bitlik yarım ve tam toplayıcılar kullanarak gerçekleştirilecektir. 3-bitlik toplayıcı devresinin görünümü, Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: 3-bitlik Toplayıcı Birimi

- **[Gerçekleştirme -2]:** 3-bitlik iki sayıyı toplayacak olan modüle “Adder3Bit” ismini verin. 3 bitlik toplanacak sayılara “sayi1” ve “sayi2”, 4 bitlik çıkışa ise “toplam” ismini verin. Modülü gerçekleştirirken bir önceki bölümde tasarladığınız yarım ve tam toplayıcı modüllerini kullanın. Modülü kapı seviyesinde tasarlamalısınız.
- **[Doğrulama - 2]:** “Adder3Bit” modülünün doğrulamasını yapan bir testbench kodu yazın. Devrenin simülasyonunu yaparak seçtiğiniz iki sayının toplamının doğru sonucu verdiğini gözlemleyin.



### 3 İKİNCİ KISIM: ÇARPICILAR

#### 3.1 İŞARETSİZ ÇARPMA BİRİMİ

Bu bölümde, işaretsiz iki sayıyı çarpan bir çarpıcı modülü Verilog HDL ile kapı seviyesinde tasarlamamız beklenmektedir. Tasarlamamız istenen çarpıcı devresinin giriş/çıkışlarını gösteren şematik aşağıda verilmiştir. N bitlik iki sayının çarpımı  $2N$  bit genişliğinde olabileceğinden, modülünüzün çıkışı  $2N$  boyutunda olmalıdır.



Şekil 3: N-bitlik iki sayıyı çarpan çarpıcı modülü.

İkili tabanda çarpma işlemi, onluk tabanda yapmaya alışkın olduğumuz çarpmaya benzer bir yöntemle yapılmaktadır. 2 bitlik sayıların nasıl çarpıldığı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

				A	B
				C	D
			x		
				A.D	A.B
			A.C	B.C	
		+			
	Carry2	A.C + Carry	A.D + B.C	B.D	

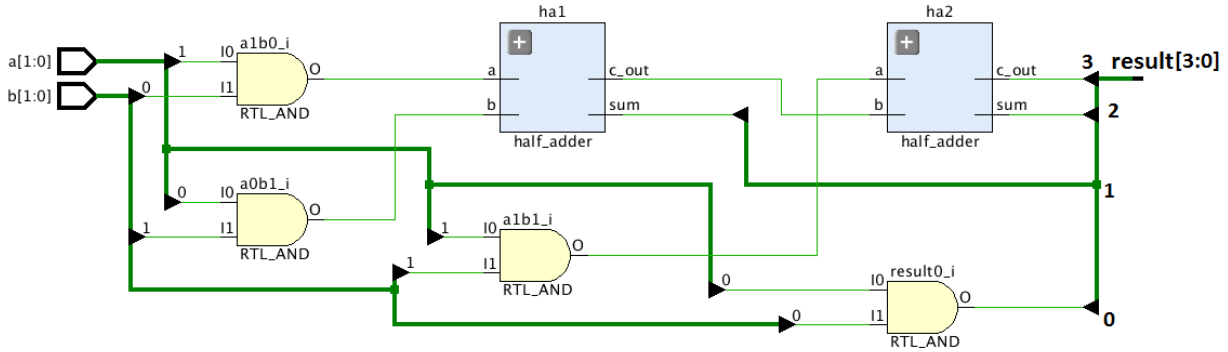
Şekil 4: AB ve CD iki bitlik sayılarının çarpılması.

Birer bitlik iki sayıyı çarpma işlemi, mantıksal olarak çarpılacak değerlerin **VE**'sini almakla eşdeğerdir (Bunu bir doğruluk tablosu oluşturarak kolayca görebilirsiniz). Bu bölümde tasarlayacağınız çarpıcı modülde, çarpma işlemlerini yapmak için iki girişli VE kapıları, oluşan ara değerleri toplamak içinse daha önce tasarladığınız yarım ve tam toplayıcıları kullanmalısınız.



## BİL264L - Mantıksal Devre Tasarımı Laboratuvarı ELE263L - Sayısal Sistem Tasarımı Laboratuvarı

İki bitlik çarpıcı devresinin görünümü aşağıdaki gibidir.



Şekil 5: 2-bitlik işaretli çarpıcı modülü devresi.

### 3.2 ÇOK BİTLİK İŞARETSİZ ÇARPICILAR

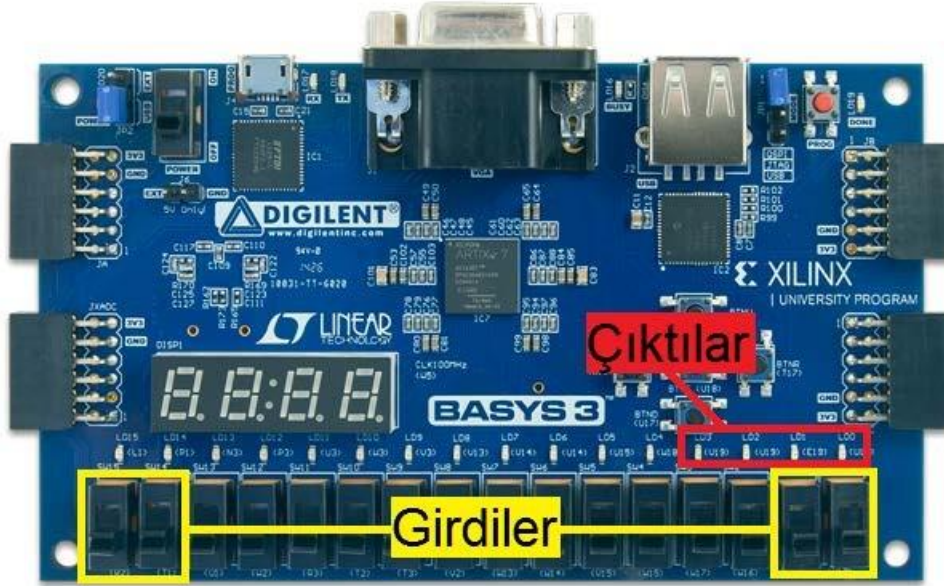
Bu bölümde farklı bit genişliklerindeki işaretli sayıları çarpan 2 çarpıcı modül gerçekleştirmeniz istenmektedir.

- **[Gerçekleştirme - 1]:** 2 bitlik iki işaretli sayıyı çarpacak olan modüle “mult2bit” ismini verin. 2 bitlik çarpılacak sayılara “num1” ve “num2” isimlerini verin. Sonucu gösteren çıkış sinyaline ise “result” ismini verin. Modülü gerçekleştirirken önceki derste gerçekleştirdiğiniz yarım ve tam toplayıcı modüllerini kullanın. Modülü Verilog ile kapı seviyesinde modelleme yaparak gerçekleştirin.
- **[Doğrulama - 1]:** “mult2bit” modülünün doğrulamasını yapan bir testbench kodu yazın.
- **[FPGA Kartı ile Deneme - 1]:** Çarpma işleminin sonucunu, doğru çalıştığından emin olduğunuz “mult2bit” modülünü kullanan bir uygulama yazmanız beklenmektedir. Uygulamanızda:
  - Çarpılacak 2 bitlik sayılardan “num1”i en solda bulunan 2 Switch ile, “num2”yi ise en sağda bulunan 2 Switch ile belirlemelisiniz.
  - Çarpılan sayıların sonucunu sağdan 4 LED’i kullanarak göstermelisiniz.

Bu uygulamada “clock” kullanmadığınız için Vivado bu konuda bir uyarı verebilir, uyarıyı dikkate almayın. Uygulamanızın verilen sayıları doğru bir şekilde çarptığını ve sonucu doğru bir şekilde elde ettiğini LED’ler aracılığıyla gözlemleyebilirsiniz.



## BİL264L - Mantıksal Devre Tasarımı Laboratuvarı ELE263L - Sayısal Sistem Tasarımı Laboratuvarı



Şekil 6: FPGA kartında deneme-1 için kullanılması gereken pinler.

- **[Gerçekleştirme - 2]:** 3 bitlik iki işaretli sayıyı çarpacak olan modüle “mult3bit” ismini verin. 3 bitlik çarpılacak sayılara “num1” ve “num2” isimlerini verin. Sonucu gösteren çıkış sinyaline ise “result” ismini verin. Modülü gerçekleştirirken önceki derste gerçekleştirdiğiniz yarım ve tam toplayıcı modüllerini kullanın. Modülü Verilog ile kapı seviyesinde modelleme yaparak gerçekleştirin.
- **[Doğrulama - 2]:** “mult3bit” modülünün doğrulamasını yapan bir testbench geliştirin.
- **[FPGA Kartı ile Deneme - 2]:** Çarpma işleminin sonucunu doğru hesapladığından emin olduğunuz “mult3bit” modülünü kullanan bir uygulama yazın.
  - Çarpılacak 3 bitlik sayılardan “num1” en solda bulunan switchler ile “num2” ise en sağda bulunan switchler ile belirlenecektir.
  - Çarpılan sayıların sonucunu LED’ler aracılığıyla gösterin.