

# **Spartan Family (Xilinx FPGA)**



# خانواده اسپارتان



## • Spartan:

☐ برنامه‌ریزی مبتنی بر SRAM

☐ دو دسته:

– LX: بدون Gigabit Xceiver

– LTX: با Gigabit Xceiver

☐ آخرین سری:

– Spartan 6



# بلوک‌های منطقی

## • CLB:

Configurable Logic Block ☐

دو Slice مشابه ☐

هر Slice: ☐

- چهار LUT و چهار FF و ...

SliceM و SliceL: ☐

- مدار carry chain

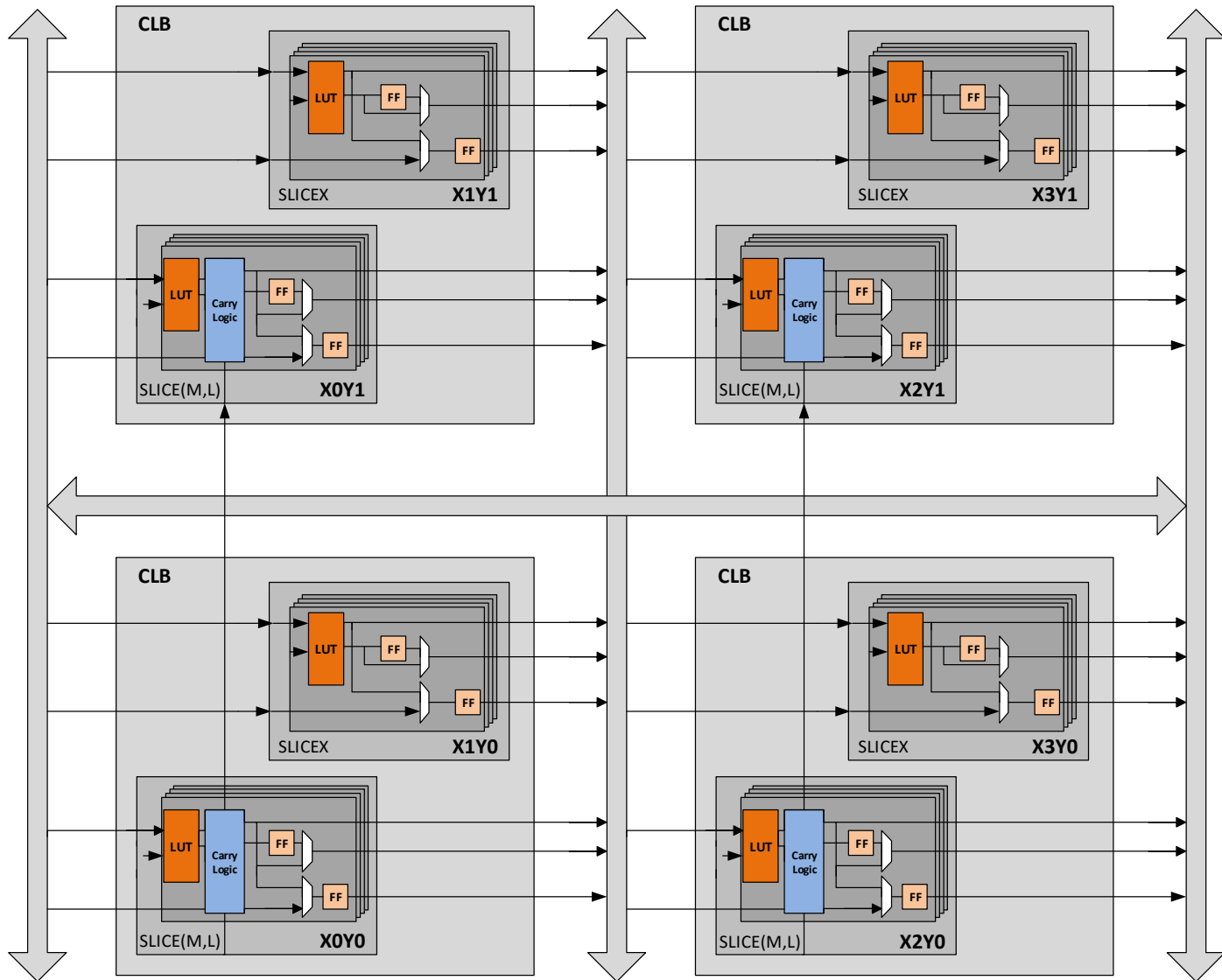
- SliceL: بدون حافظه توزیع شده و ثبات انتقال

SliceX: ☐

- بدون carry chain

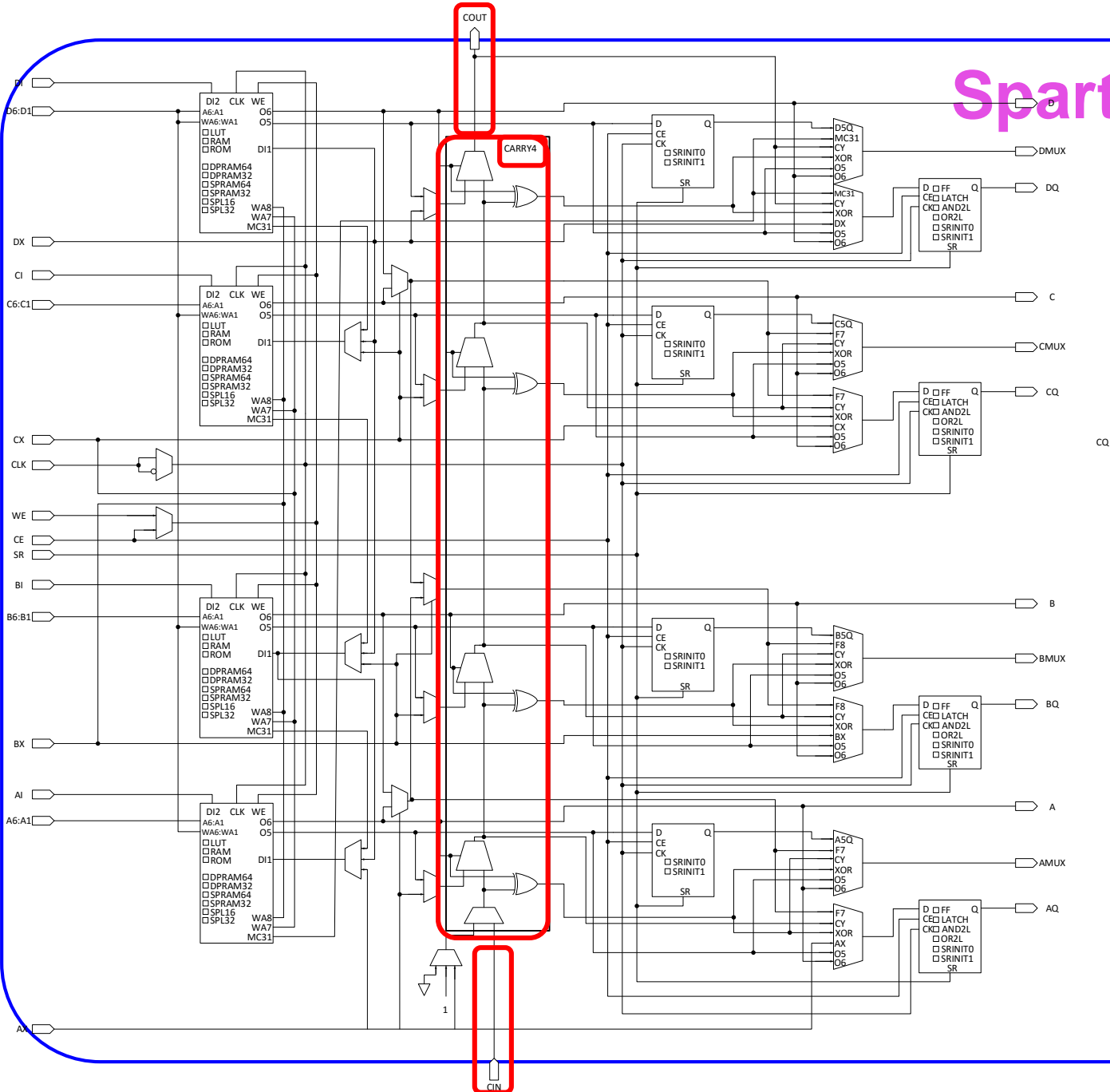


# Spartan CLB





# Spartan SliceM



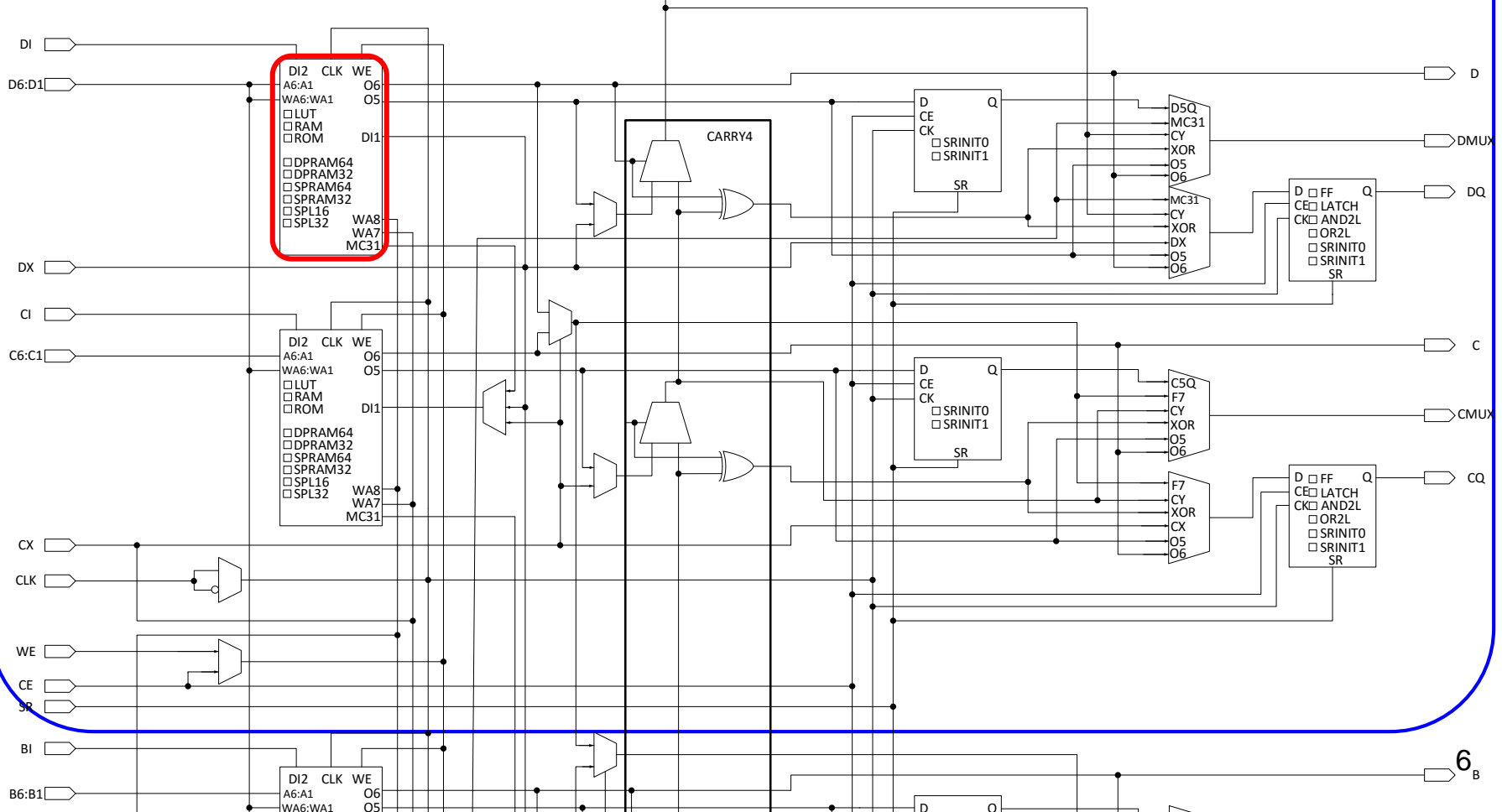


# Spartan SliceM

• **LUT به عنوان جدول جستجو:**

تابع شش ورودی: فقط 06 قابل استفاده

دو تابع پنج ورودی با ورودی‌های مشترک (A1-A5): خروجی‌های O5 و O6



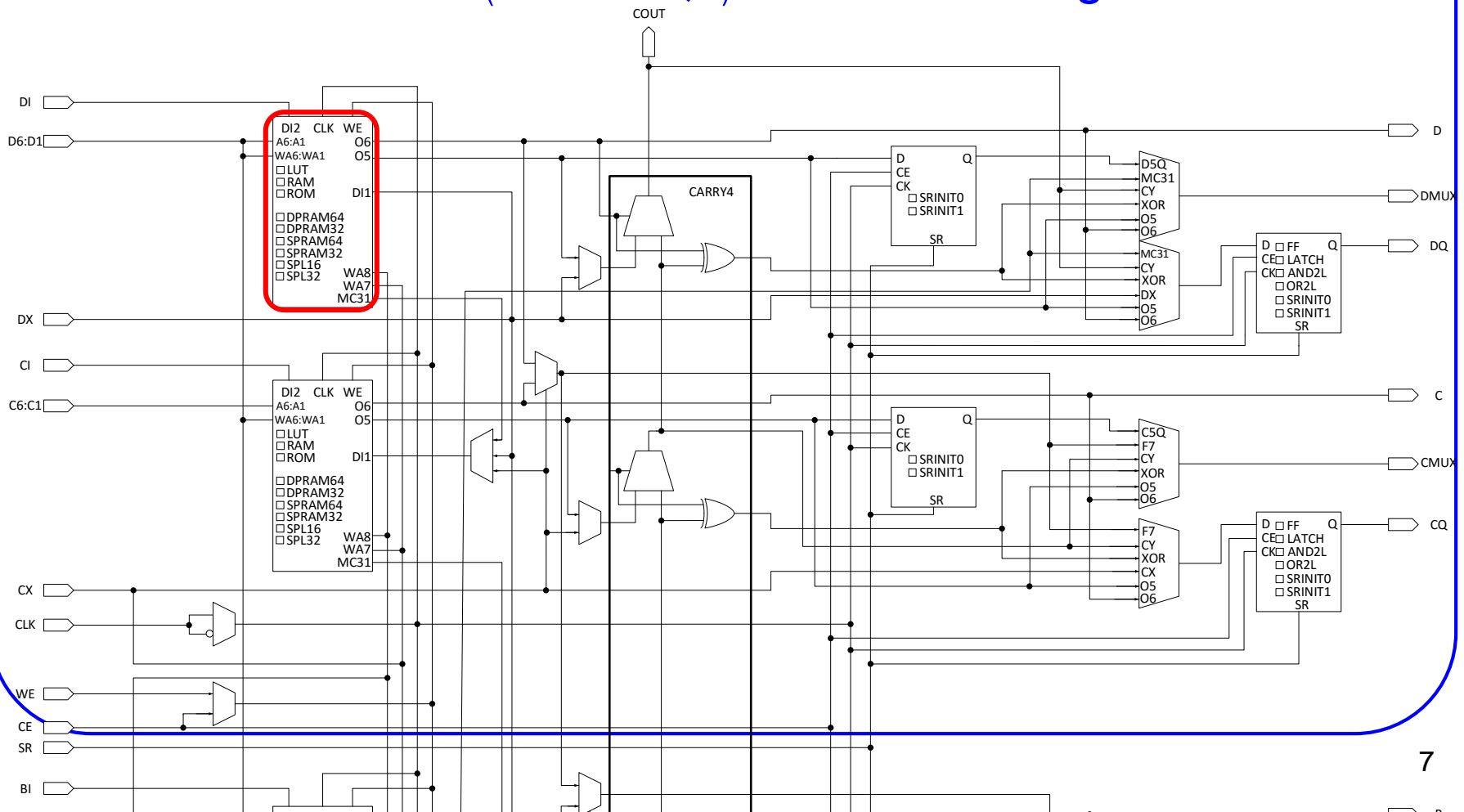


# Spartan SliceM

• LUT به عنوان حافظه توزیع شده:

Single/Dual/Quad-Port Memory ☐

32-bit Shift Register (دنباله MC31) ☐





# Spartan SliceM

• دسته دوم عناصر حافظه:

☐ فقط DFF

☐ ورودی از LUT (فقط O5)

• دسته اول عناصر حافظه:

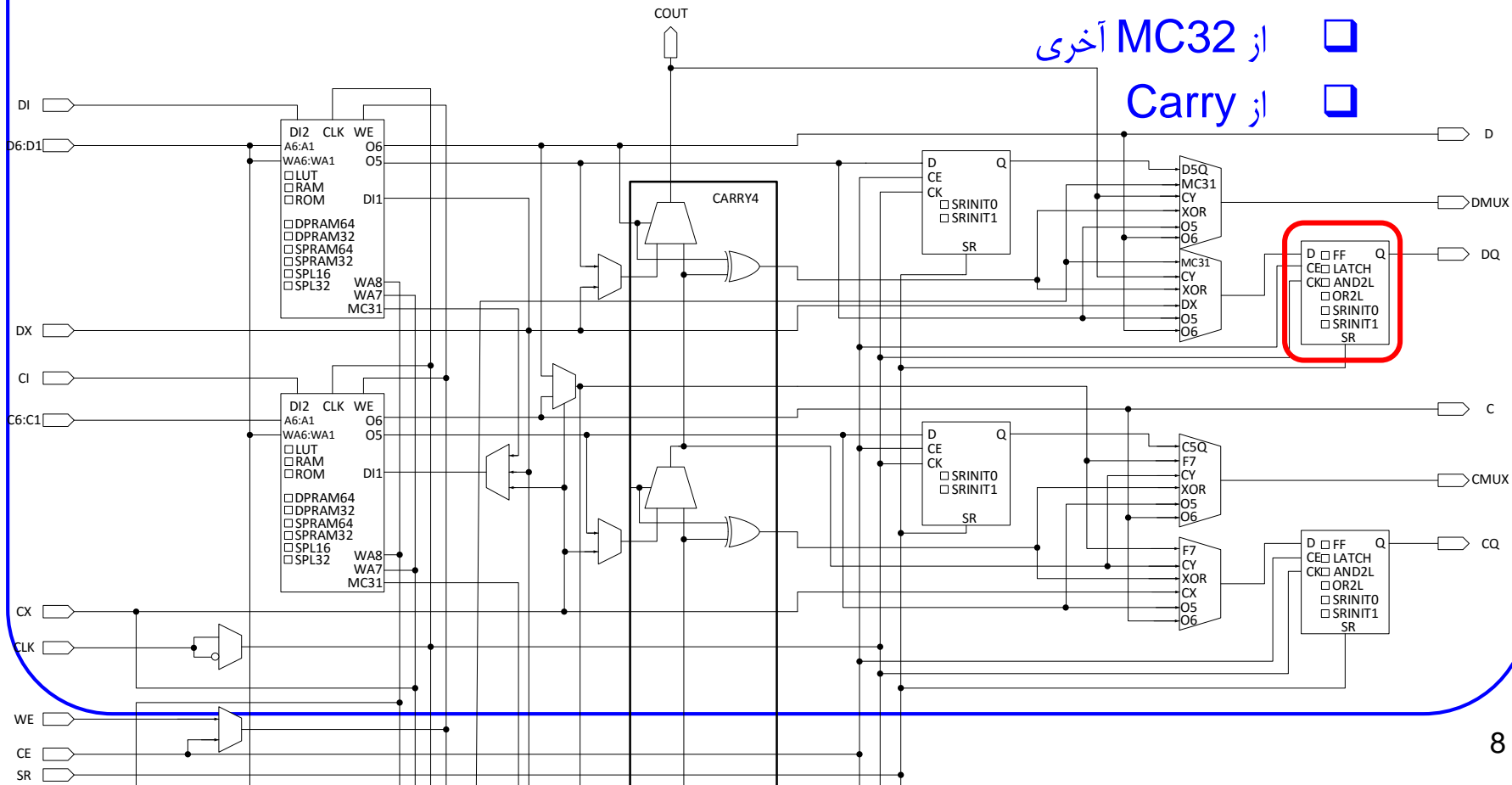
☐ DFF یا لچ

☐ ورودی از LUT (O5 یا O6)

☐ مستقیم از بیرون (DX)

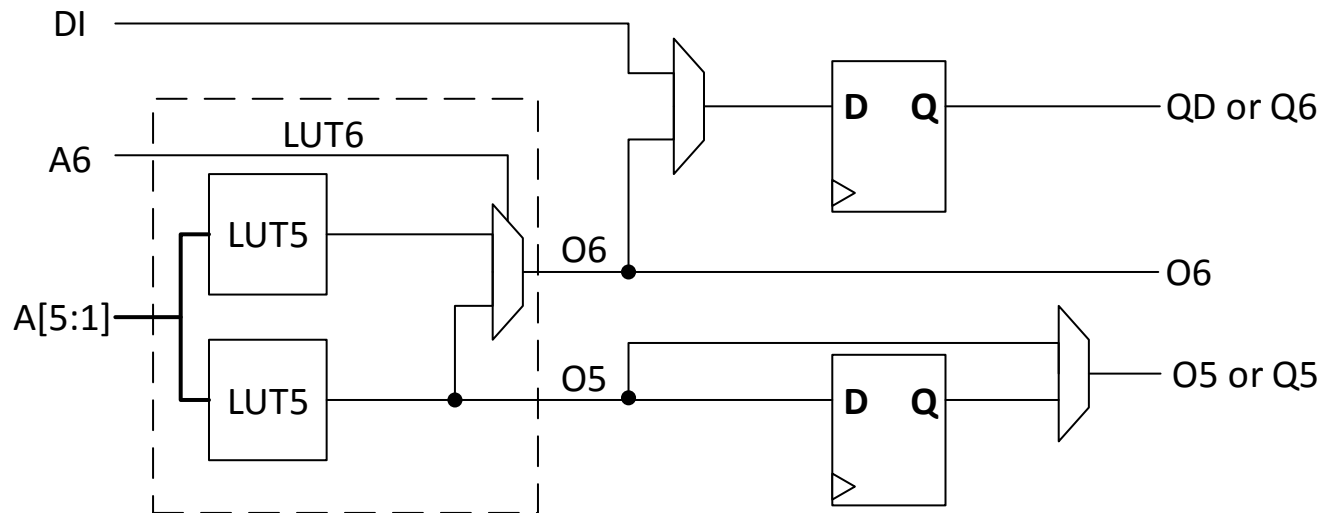
☐ از MC32 آخری

☐ از Carry



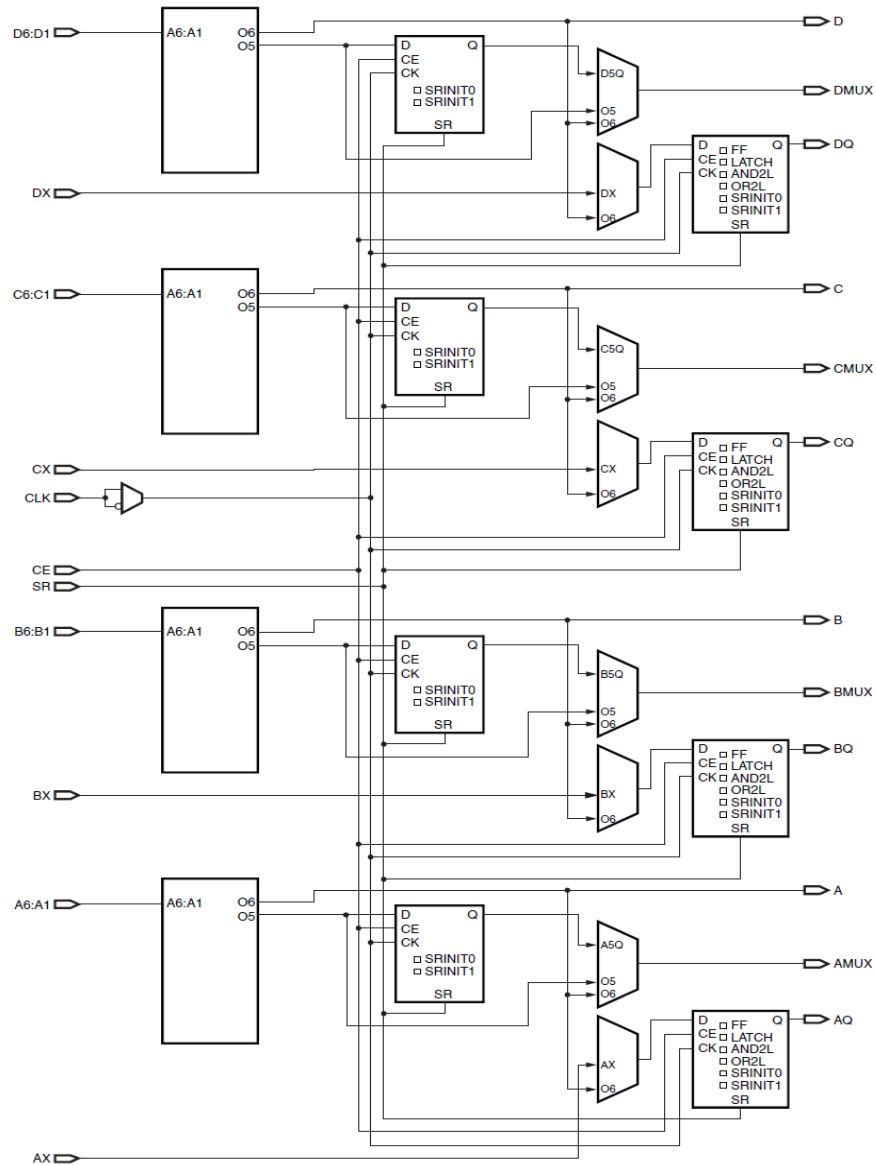


# مدار ساده شده



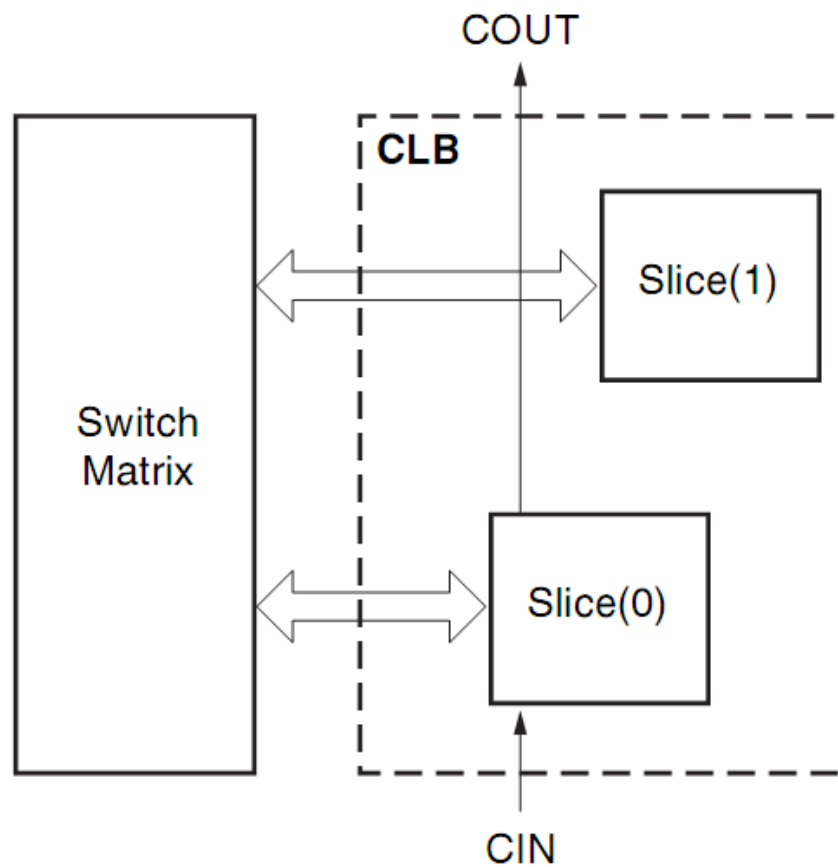


# Spartan SliceL



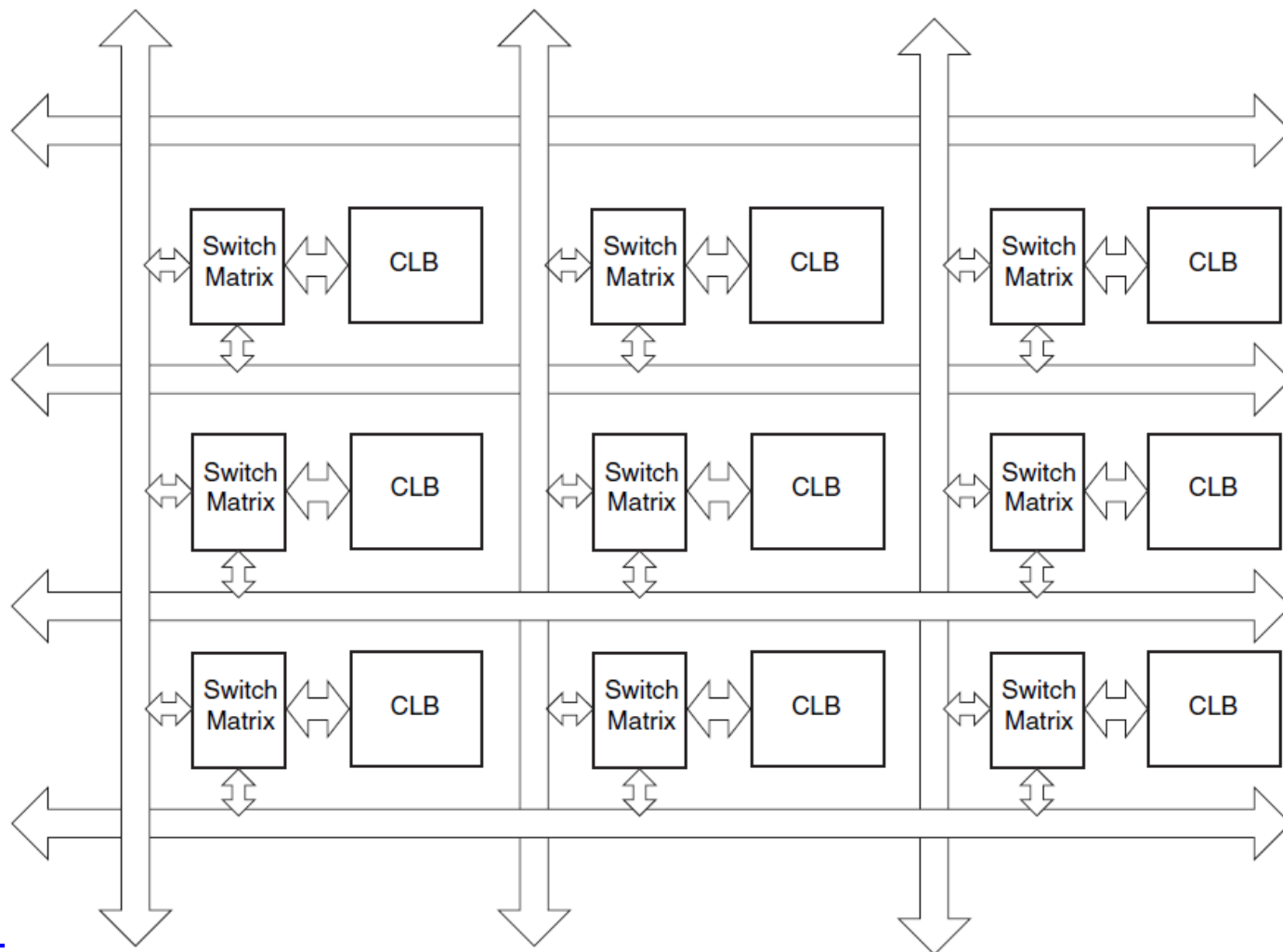


# معماری اتصالات



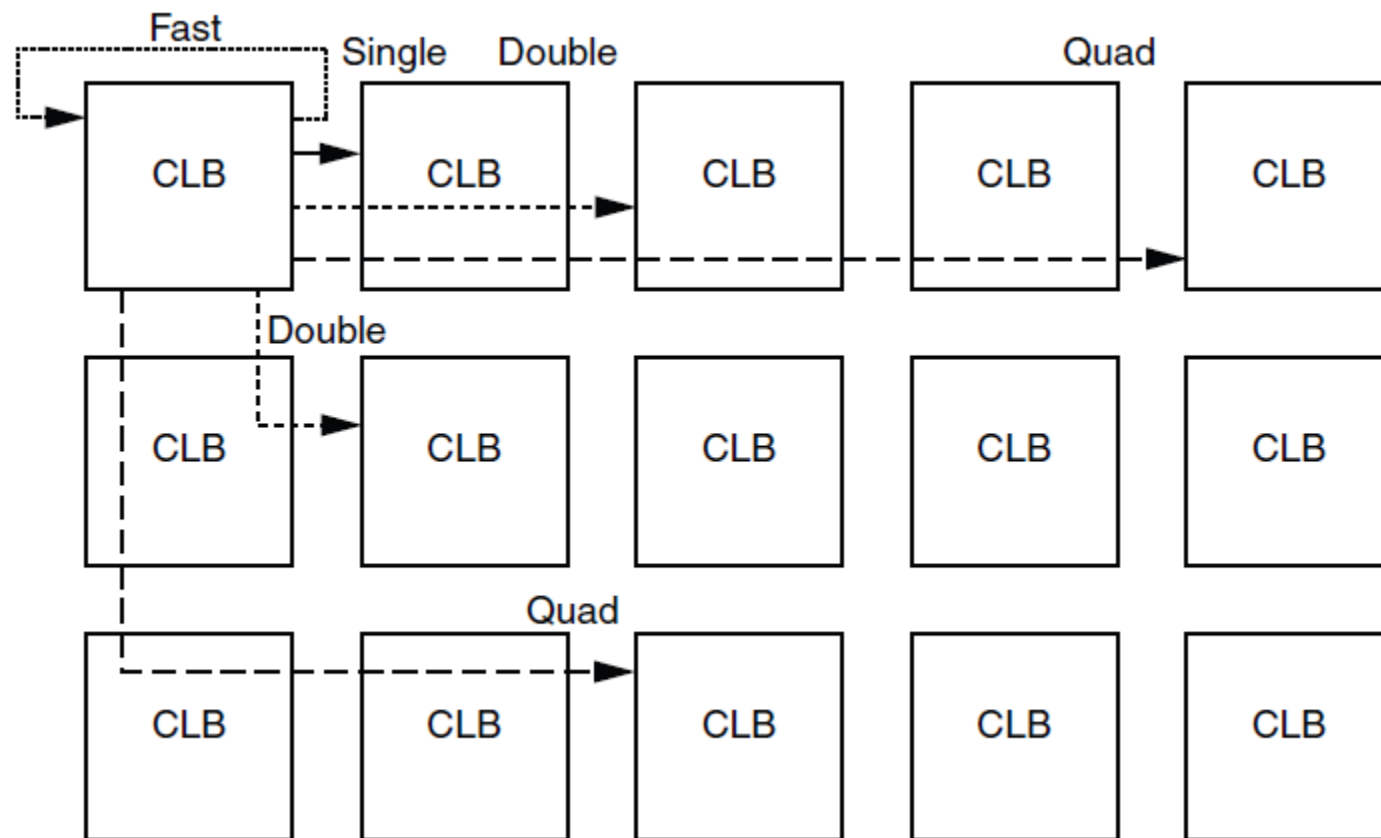


# معماری اتصالات





# معماری اتصالات





# حافظه بلوکی

## • بلوک ۱۸ کیلوبیتی

نمونه: 

- پیکربندی‌های گوناگون به صورت dual port
- یا یک نیمه ۹ کیلوبیتی به صورت single port

| پیکربندی ( تعداد بیت × تعداد کلمات ) |
|--------------------------------------|
| $512 \times 18$                      |
| $512 \times 16$                      |
| $1\text{ k} \times 9$                |
| $1\text{ k} \times 8$                |
| $2\text{ k} \times 4$                |
| $4\text{ k} \times 2$                |
| $8\text{ k} \times 1$                |



## مشخصات اسپارتان ۶

| Device     | Logic Cells <sup>(1)</sup> | Configurable Logic Blocks (CLBs) |            |                          | DSP48A1 Slices <sup>(3)</sup> | Block RAM Blocks     |          | CMTs <sup>(5)</sup> | Memory Controller Blocks (Max) <sup>(6)</sup> | Endpoint Blocks for PCI Express | Maximum GTP Transceivers | Total I/O Banks | Max User I/O |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
|            |                            | Slices <sup>(2)</sup>            | Flip-Flops | Max Distributed RAM (Kb) |                               | 18 Kb <sup>(4)</sup> | Max (Kb) |                     |   |                                 |                          |                 |              |
| XC6SLX4    | 3,840                      | 600                              | 4,800      | 75                       | 8                             | 12                   | 216      | 2                   | 0   | 0                               | 0                        | 4               | 132          |
| XC6SLX9    | 9,152                      | 1,430                            | 11,440     | 90                       | 16                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 200          |
| XC6SLX16   | 14,579                     | 2,278                            | 18,224     | 136                      | 32                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 232          |
| XC6SLX25   | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 266          |
| XC6SLX45   | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 358          |
| XC6SLX75   | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 408          |
| XC6SLX100  | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 480          |
| XC6SLX150  | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 576          |
| XC6SLX25T  | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 1                               | 2                        | 4               | 250          |
| XC6SLX45T  | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 1                               | 4                        | 4               | 296          |
| XC6SLX75T  | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 348          |
| XC6SLX100T | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 498          |
| XC6SLX150T | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 540          |



# بلوک‌های محاسباتی

## • DSP48A1:

### □ OPMODE:

- انتخاب C از بیرون
- جمع و تفریق A و D پیش از ضرب
- MAC: انتخاب مسیر فیدبک P

□ یک ضرب کننده ۱۸ بیت در ۱۸ بیت

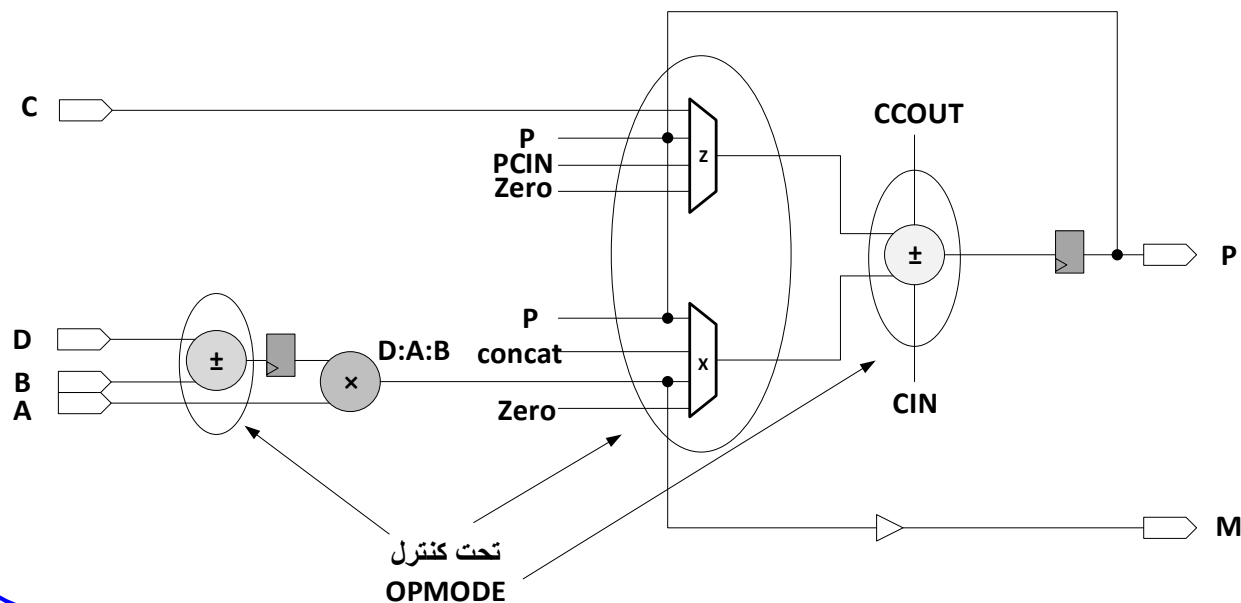
□ یک انباشتگر ۴۸ بیتی

□ تعدادی جمع کننده

□ ثبات‌ها:

- همگام کردن عملیات با کلاک

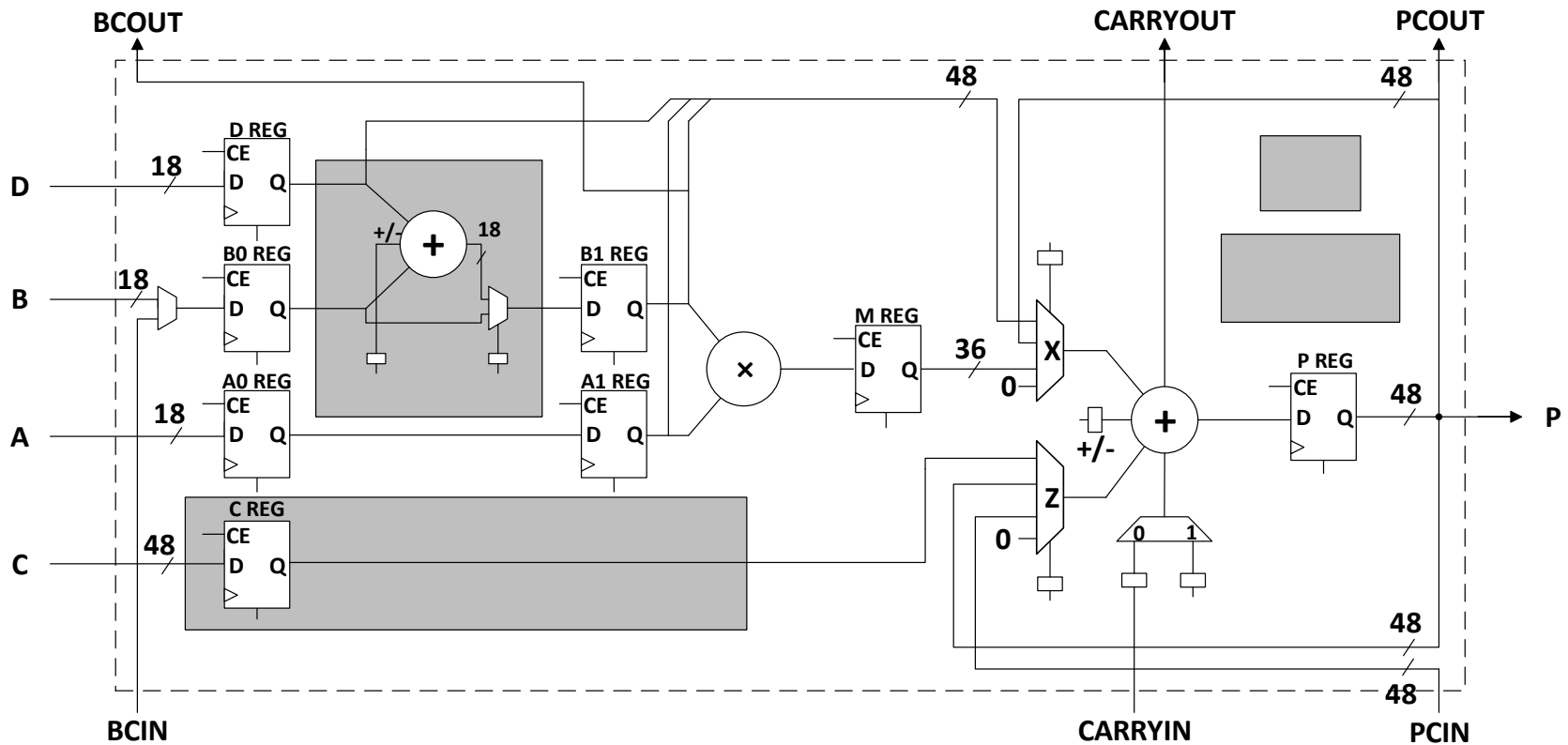
- ایجاد خط لوله





# بلوک‌های محاسباتی

• DSP48A1

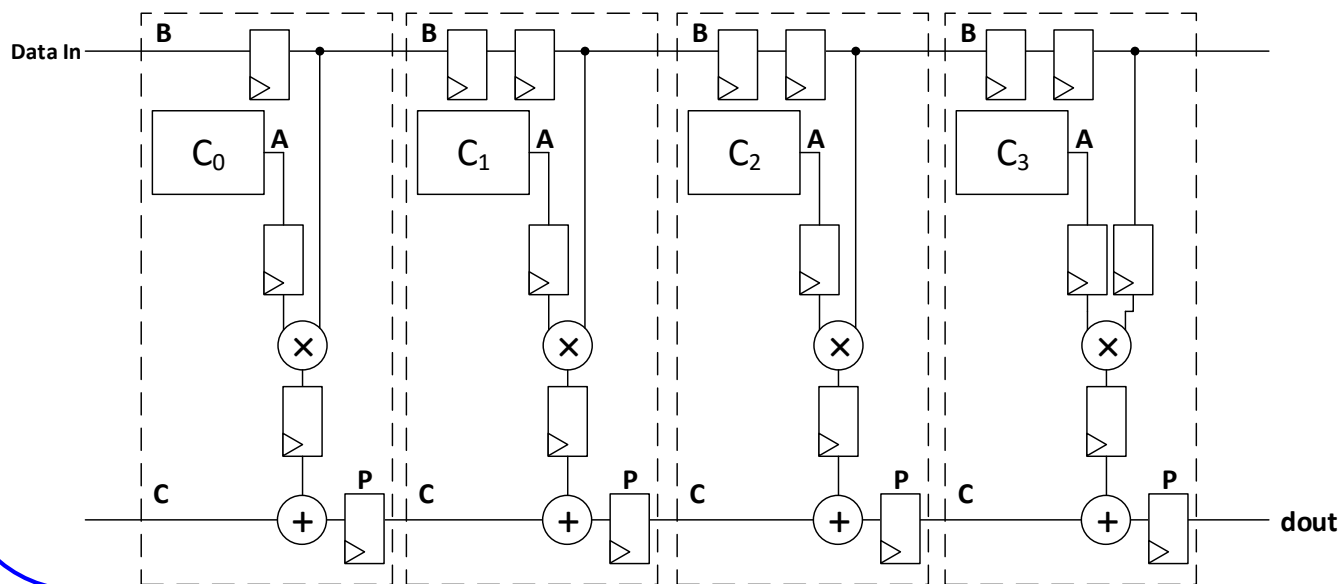
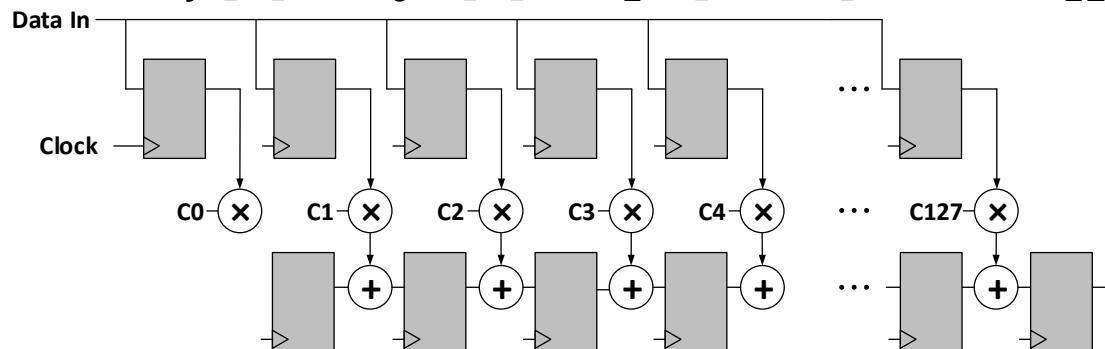




# بلوک‌های محاسباتی

## • پیاده‌سازی FIR Filter با DSP48A1:

$$y[n] = c_0 x[n] + c_1 x[n - 1] + \dots + c_{127} x[n - 127]$$





# مشخصات اسپارتان ۶

| Device     | Logic Cells <sup>(1)</sup> | Configurable Logic Blocks (CLBs) |            |                          | DSP48A1 Slices <sup>(3)</sup> | Block RAM Blocks     |          | CMTs <sup>(5)</sup> | Memory Controller Blocks (Max) <sup>(6)</sup> | Endpoint Blocks for PCI Express | Maximum GTP Transceivers | Total I/O Banks | Max User I/O |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
|            |                            | Slices <sup>(2)</sup>            | Flip-Flops | Max Distributed RAM (Kb) |                               | 18 Kb <sup>(4)</sup> | Max (Kb) |                     |   |                                 |                          |                 |              |
| XC6SLX4    | 3,840                      | 600                              | 4,800      | 75                       | 8                             | 12                   | 216      | 2                   | 0   | 0                               | 0                        | 4               | 132          |
| XC6SLX9    | 9,152                      | 1,430                            | 11,440     | 90                       | 16                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 200          |
| XC6SLX16   | 14,579                     | 2,278                            | 18,224     | 136                      | 32                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 232          |
| XC6SLX25   | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 266          |
| XC6SLX45   | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 358          |
| XC6SLX75   | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 408          |
| XC6SLX100  | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 480          |
| XC6SLX150  | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 576          |
| XC6SLX25T  | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 1                               | 2                        | 4               | 250          |
| XC6SLX45T  | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 1                               | 4                        | 4               | 296          |
| XC6SLX75T  | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 348          |
| XC6SLX100T | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 498          |
| XC6SLX150T | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 540          |



# بلوک‌های مدیریت کلاک

• CMT:

Clock Management Tiles ☐

☐ ضرب فرکانس کلاک در  $n$  یا  $n/2$

–  $n \in [1, 16]$

☐ تقسیم فرکانس کلاک بر  $n$

–  $n \in [1, 128]$

☐ انتقال فاز به اندازه مضارب  $45^\circ$



# مشخصات اسپارتان ۶

| Device     | Logic Cells <sup>(1)</sup> | Configurable Logic Blocks (CLBs) |            |                          | DSP48A1 Slices <sup>(3)</sup> | Block RAM Blocks     |          | CMTs <sup>(5)</sup> | Memory Controller Blocks (Max) <sup>(6)</sup> | Endpoint Blocks for PCI Express | Maximum GTP Transceivers | Total I/O Banks | Max User I/O |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
|            |                            | Slices <sup>(2)</sup>            | Flip-Flops | Max Distributed RAM (Kb) |                               | 18 Kb <sup>(4)</sup> | Max (Kb) |                     |   |                                 |                          |                 |              |
| XC6SLX4    | 3,840                      | 600                              | 4,800      | 75                       | 8                             | 12                   | 216      | 2                   | 0   | 0                               | 0                        | 4               | 132          |
| XC6SLX9    | 9,152                      | 1,430                            | 11,440     | 90                       | 16                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 200          |
| XC6SLX16   | 14,579                     | 2,278                            | 18,224     | 136                      | 32                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 232          |
| XC6SLX25   | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 266          |
| XC6SLX45   | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 358          |
| XC6SLX75   | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 408          |
| XC6SLX100  | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 480          |
| XC6SLX150  | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 576          |
| XC6SLX25T  | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 1                               | 2                        | 4               | 250          |
| XC6SLX45T  | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 1                               | 4                        | 4               | 296          |
| XC6SLX75T  | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 348          |
| XC6SLX100T | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 498          |
| XC6SLX150T | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 540          |



# بلوک‌های ورودی / خروجی

| Device     | Logic Cells <sup>(1)</sup> | Configurable Logic Blocks (CLBs) |            |                          | DSP48A1 Slices <sup>(3)</sup> | Block RAM Blocks     |          | CMTs <sup>(5)</sup> | Memory Controller Blocks (Max) <sup>(6)</sup> | Endpoint Blocks for PCI Express | Maximum GTP Transceivers | Total I/O Banks | Max User I/O |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
|            |                            | Slices <sup>(2)</sup>            | Flip-Flops | Max Distributed RAM (Kb) |                               | 18 Kb <sup>(4)</sup> | Max (Kb) |                     |   |                                 |                          |                 |              |
| XC6SLX4    | 3,840                      | 600                              | 4,800      | 75                       | 8                             | 12                   | 216      | 2                   | 0   | 0                               | 0                        | 4               | 132          |
| XC6SLX9    | 9,152                      | 1,430                            | 11,440     | 90                       | 16                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 200          |
| XC6SLX16   | 14,579                     | 2,278                            | 18,224     | 136                      | 32                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 232          |
| XC6SLX25   | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 266          |
| XC6SLX45   | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 358          |
| XC6SLX75   | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 408          |
| XC6SLX100  | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 480          |
| XC6SLX150  | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 576          |
| XC6SLX25T  | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 1                               | 2                        | 4               | 250          |
| XC6SLX45T  | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 1                               | 4                        | 4               | 296          |
| XC6SLX75T  | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 348          |
| XC6SLX100T | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 498          |
| XC6SLX150T | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 540          |



# بلوک‌های ورودی / خروجی

## • هر پایه

- ☐ در حالت امپدانس بالا قرار گیرد
- ☐ به طور دلخواه با مقاومت‌های pull-up یا pull-down
- ☐ کنترل نرخ سرعت تغییر
- ☐ تنظیم مقاومت پایانه



# بلوک‌های فرستنده / گیرنده گیگابیتی

• GTP:

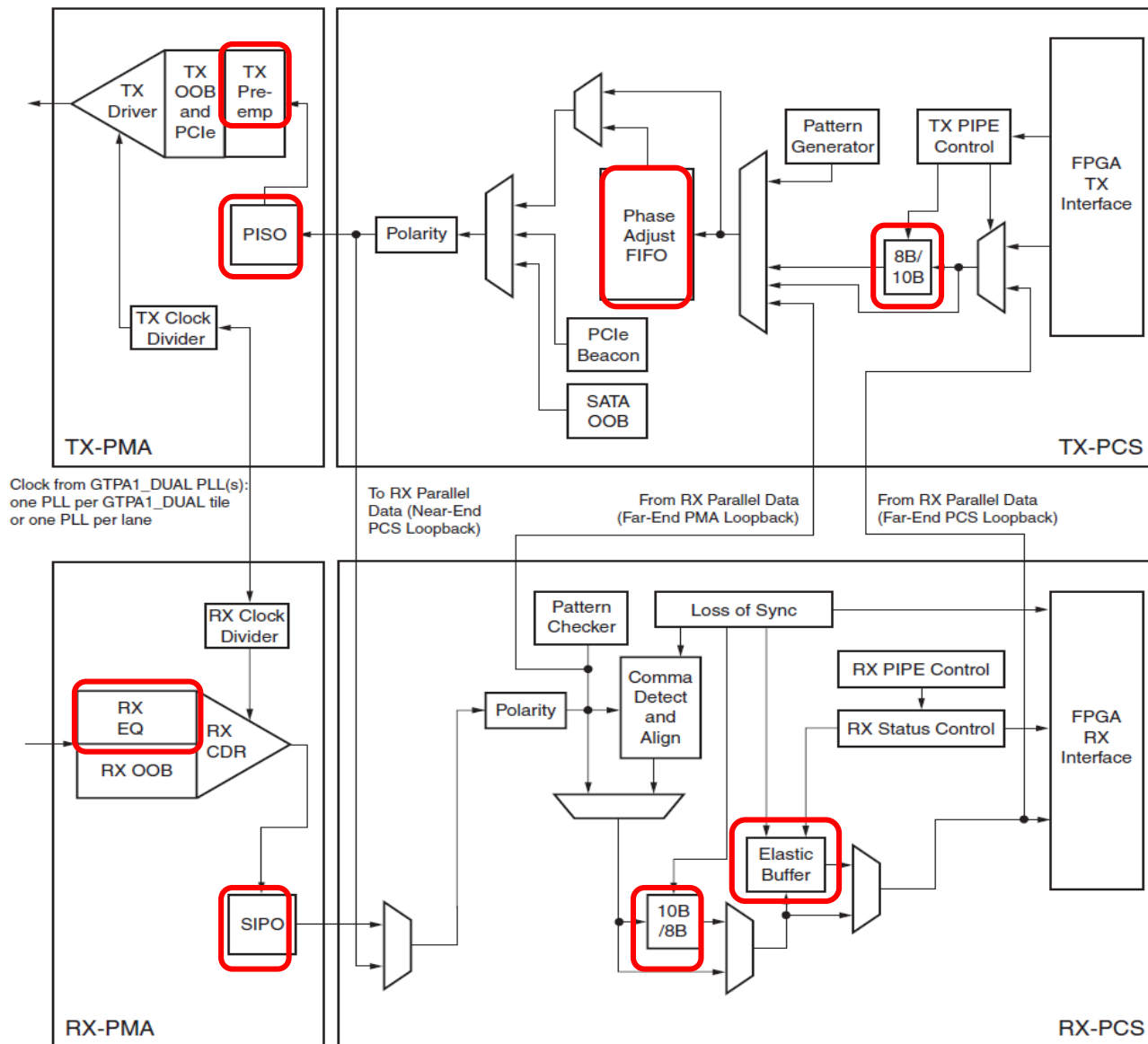
□ ۶۱۴ Mbps تا ۳/۱۲۵ Mbps

| Device     | Logic Cells <sup>(1)</sup> | Configurable Logic Blocks (CLBs) |            |                          | DSP48A1 Slices <sup>(3)</sup> | Block RAM Blocks     |          | CMTs <sup>(5)</sup> | Memory Controller Blocks (Max) <sup>(6)</sup> | Endpoint Blocks for PCI Express | Maximum GTP Transceivers | Total I/O Banks | Max User I/O |
|------------|----------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------|---------------------|---|---------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
|            |                            | Slices <sup>(2)</sup>            | Flip-Flops | Max Distributed RAM (Kb) |                               | 18 Kb <sup>(4)</sup> | Max (Kb) |                     |   |                                 |                          |                 |              |
| XC6SLX4    | 3,840                      | 600                              | 4,800      | 75                       | 8                             | 12                   | 216      | 2                   | 0   | 0                               | 0                        | 4               | 132          |
| XC6SLX9    | 9,152                      | 1,430                            | 11,440     | 90                       | 16                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 200          |
| XC6SLX16   | 14,579                     | 2,278                            | 18,224     | 136                      | 32                            | 32                   | 576      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 232          |
| XC6SLX25   | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 266          |
| XC6SLX45   | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 0                               | 0                        | 4               | 358          |
| XC6SLX75   | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 408          |
| XC6SLX100  | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 480          |
| XC6SLX150  | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 0                               | 0                        | 6               | 576          |
| XC6SLX25T  | 24,051                     | 3,758                            | 30,064     | 229                      | 38                            | 52                   | 936      | 2                   | 2   | 1                               | 2                        | 4               | 250          |
| XC6SLX45T  | 43,661                     | 6,822                            | 54,576     | 401                      | 58                            | 116                  | 2,088    | 4                   | 2   | 1                               | 4                        | 4               | 296          |
| XC6SLX75T  | 74,637                     | 11,662                           | 93,296     | 692                      | 132                           | 172                  | 3,096    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 348          |
| XC6SLX100T | 101,261                    | 15,822                           | 126,576    | 976                      | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 498          |
| XC6SLX150T | 147,443                    | 23,038                           | 184,304    | 1,355                    | 180                           | 268                  | 4,824    | 6                   | 4   | 1                               | 8                        | 6               | 540          |



# بلوک‌های فرستنده / گیرنده گیگابیتی

• GTP:





## **7 Series Family (Xilinx FPGA)**



# مشخصات تراشه‌های Xilinx FPGA

|                                  | اسپارتان ۶ | آرتیکس ۷ | کینتکس ۷  | ورتکس ۷    | کینتکس اولترا اسکیل | ورتکس اولترا اسکیل |
|----------------------------------|------------|----------|-----------|------------|---------------------|--------------------|
| سلول های منطقی                   | 147,443    | 215,360  | 477,760   | 1,954,560  | 1,160,880           | 4,407,480          |
| Block RAM                        | 4.8Mb      | 13Mb     | 34Mb      | 68Mb       | 76Mb                | 115Mb              |
| بلوک های DSP                     | 180        | 740      | 1,920     | 3,600      | 5,520               | 2,880              |
| بلوک های فرستنده/گیرنده گیگابیتی | 8          | 16       | 32        | 96         | 64                  | 104                |
| سرعت فرستنده/گیرنده              | 3.2 Gb/s   | 6.6 Gb/s | 12.5 Gb/s | 28.05 Gb/s | 16.3 Gb/s           | 32.75 Gb/s         |
| مجموع پهنای باند فرستنده/گیرنده  | 50 Gb/s    | 211 Gb/s | 800 Gb/s  | 2,784 Gb/s | 2,086 Gb/s          | 5,101 Gb/s         |
| تعداد پین های I/O                | 576        | 500      | 500       | 1,200      | 832                 | 1,456              |



# Virtex Family



## • Virtex:

- ☐ معماری بلوک‌های منطقی
- ☐ معماری اتصالات
- ☐ بلوک‌های محاسباتی
- ☐ بلوک‌های حافظه
- ☐ بلوک‌های ورودی-خروجی
- ☐ بلوک‌های فرستنده-گیرنده گیگابیتی

مشابه اسپار تان

• قابلیت‌های بیشتر

• قیمت بیشتر



# Virtex 7

## • Virtex 7:

- ❑ بلوک‌های حافظه ۳۶ کیلوبیتی
- ❑ بلوک‌های DSP سریع تر و با تعداد بیت بیشتر
- ❑ دارای پردازنده سخت ARM (در سری‌های قبل PowerPC)