

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчет по лабораторной работе №6_2
Курс: «Проектирование реконфигурируемых гибридных
вычислительных систем»
Тема: «Port-level IO protocols»

Выполнил студент гр. 3540901/81501

Селиверстов С.А.

(подпись)

Руководитель

Антонов А.П.

(подпись)

“ ____ ” _____ 2019 г.

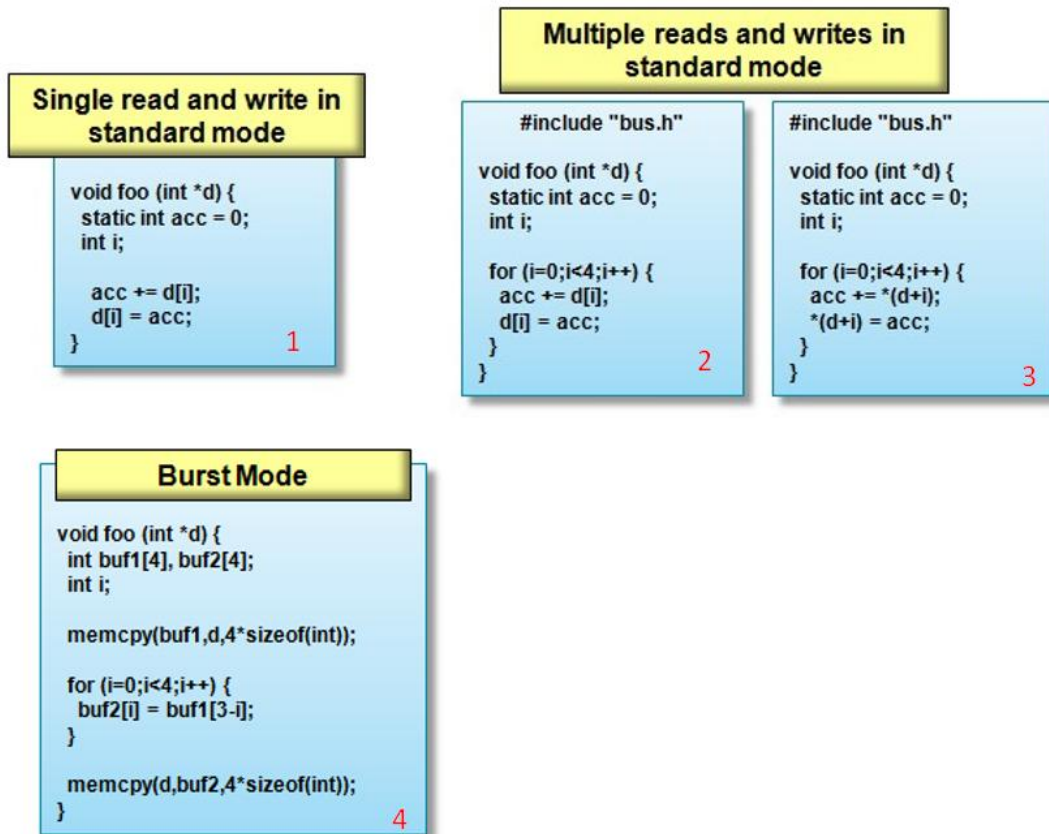
Санкт – Петербург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Задание | 3 |
| 1. Первое решение..... | 5 |
| 1.1. Исходный код программы и теста..... | 5 |
| 1.2. Моделирование | 6 |
| 1.3. Синтез..... | 6 |
| 1.4. C RTL моделирование | 8 |
| 2. Второе решение | 10 |
| 2.1. Настройки второго решения | 10 |
| 2.2. Моделирование | 11 |
| 2.3. Синтез..... | 11 |
| 2.4. C RTL моделирование | 13 |
| 3. Третье решение | 15 |
| 3.1. Настройки третьего решения | 15 |
| 3.2. Моделирование | 16 |
| 3.3. Синтез..... | 16 |
| 3.4. C RTL моделирование | 19 |
| 4. Четвертое решение | 20 |
| 4.1. Настройки четвертого решения..... | 20 |
| 4.2. Моделирование | 21 |
| 4.3. Синтез..... | 21 |
| 4.4. C RTL моделирование | 23 |
| 4.Выводы..... | 25 |

Задание

- Создать проект lab6_2
- Микросхема: xa7a12tcs325-1q
- Создать четыре функции на основе слайда (функция foo_1, foo_2, foo_3, foo_4).
При желании можно сделать 4 отдельные лабораторные работы lab6_2_1...lab6_2_4 но они все будут очень похожи.



- Создать тест lab6_2_test.c для проверки функций выше (это может быть один тест или разные тесты. Функция main д.б. одна, а в ней использовать проверяемый модуль. Д.б. вывод результатов в консоль.).
- Для каждой функции сделать свой solution
 - задать: clock period 10; clock_uncertainty 0.1
 - Задать протокол
 - a: ap_bus
 - осуществить моделирование (с выводом результатов в консоль)
 - осуществить синтез
 - привести в отчете:
 - performance estimates=>summary
 - utilization estimates=>summary
 - Performance Profile
 - interface estimates=>summary
 - объяснить какой интерфейс использован для блока (и какие сигналы входят) и для портов (и какие сигналы входят).
 - scheduler viewer (выполнить Zoom to Fit)

- На скриншоте показать Latency
 - На скриншоте показать Initiation Interval
- resource viewer (выполнить Zoom to Fit)
 - На скриншоте показать Latency
 - На скриншоте показать Initiation Interval
- Осуществить C|RTL моделирование
 - Привести результаты из консоли
 - Открыть временную диаграмму (все сигналы)
 - Отобразить два цикла обработки на одном экране
 - На скриншоте показать Latency
 - На скриншоте показать Initiation Interval
- Выводы
 - Объяснить отличие процедур обращения к элементам массива для каждого случая

1. Первое решение

Clock

Period: Uncertainty:

Part Selection

Part: **xa7a12t-csg325-1Q**

Рисунок 1.1. Параметры первого решения

1.1. Исходный код программы и теста

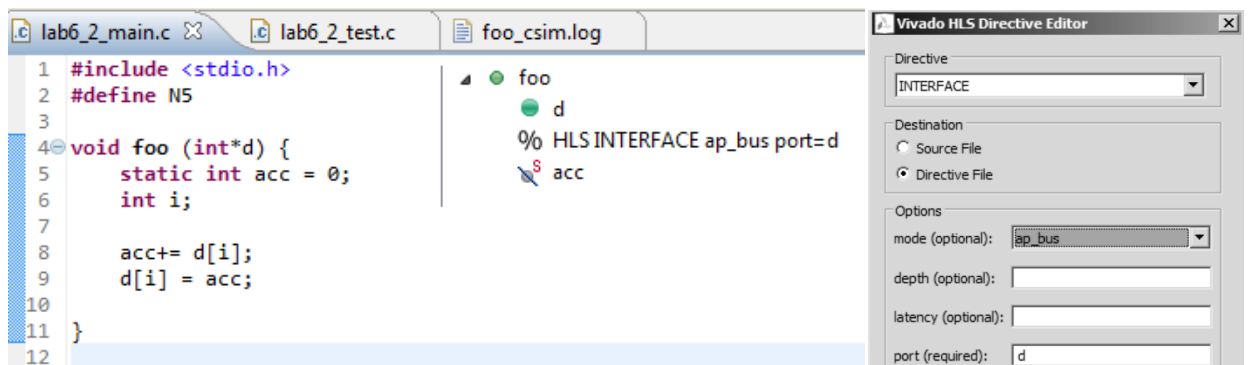


Рисунок 1.2. Исходный код синтезируемой функции

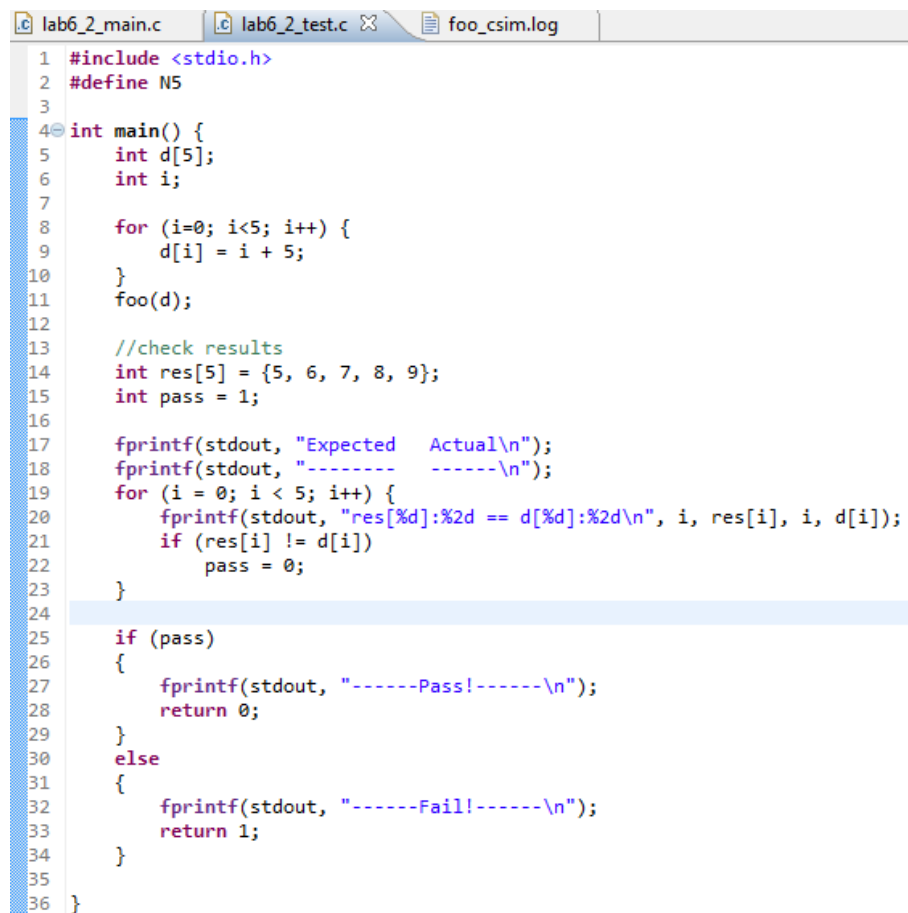


Рисунок 1.3. Исходный код теста

1.2. Моделирование



```
1 INFO: [SIM 2] ***** CSIM start *****
2 INFO: [SIM 4] CSIM will launch GCC as the compiler.
3   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2/lab6_2_test.c in debug mode
4 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
5 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 00:07:24 +0300 2020
6 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2/solution1/csim/build'
7 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
8 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
9   Generating csim.exe
10 Expected   Actual
11 -----
12 res[0]: 5 == d[0]: 5
13 res[1]: 6 == d[1]: 6
14 res[2]: 7 == d[2]: 7
15 res[3]: 8 == d[3]: 8
16 res[4]: 9 == d[4]: 9
17 -----Pass!-----
18 INFO: [SIM 1] CSim done with 0 errors.
19 INFO: [SIM 3] ***** CSIM finish *****
```

Рисунок 1.4. Результат успешного моделирования

Моделирование прошло успешно.

1.3. Синтез

Данные о проекте

Performance Estimates

Timing (ns)

Summary

| Clock | Target | Estimated | Uncertainty |
|--------|--------|-----------|-------------|
| ap_clk | 10.00 | 9.900 | 0.10 |

Latency (clock cycles)

Summary

| Latency | | Interval | | Type |
|---------|-----|----------|-----|------|
| min | max | min | max | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | none |

Рисунок 1.5. Performance estimates – summary

Здесь можно увидеть, что достигнутая задержка равна $9.900 + 0.1$, что укладывается в заданные нами требования к тактовой частоте.

Utilization Estimates

Summary

| Name | BRAM_18K | DSP48E | FF | LUT | URAM |
|-----------------|----------|--------|-------|------|------|
| DSP | - | - | - | - | - |
| Expression | - | - | 0 | 39 | - |
| FIFO | - | - | - | - | - |
| Instance | - | - | - | - | - |
| Memory | - | - | - | - | - |
| Multiplexer | - | - | - | 48 | - |
| Register | - | - | 101 | - | - |
| Total | 0 | 0 | 101 | 87 | 0 |
| Available | 40 | 40 | 16000 | 8000 | 0 |
| Utilization (%) | 0 | 0 | ~0 | 1 | 0 |

Рисунок 1.6. Utilization estimates – summary

Данный проект займет на микросхеме 101 регистр для хранения чисел и 87 LUT.

Interface

Summary

| RTL Ports | Dir | Bits | Protocol | Source Object | C Type |
|---------------|-----|------|------------|---------------|--------------|
| ap_clk | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_rst | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_start | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_done | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_idle | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_ready | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| d_req_din | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_full_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_write | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_empty_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_read | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_address | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_datain | in | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_dataout | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_size | out | 32 | ap_bus | d | pointer |

Рисунок 1.7. Interface estimates – summary

Для расчета схемы требуется более одного такта. На рисунке 1.7 представлены интерфейсы, которые используются в синтезированном устройстве. Видно, что в схеме применяется протокол ap_bus. Порты d_address, d_datain, d_dataout и d_size 32-битные.

Performance Profile

Resource Profile

| | Pipelined | Latency | Iteration Latency | Initiation Interval | Trip count |
|-----|-----------|---------|-------------------|---------------------|------------|
| foo | - | 4 | - | 5 | - |

Рисунок 1.8. Performance Profile

На рисунке 1.8 видно, что задержка получения выходного значения составляет 4 такта с момента старта, а задержка после старта до готовности приема новых данных – 5.

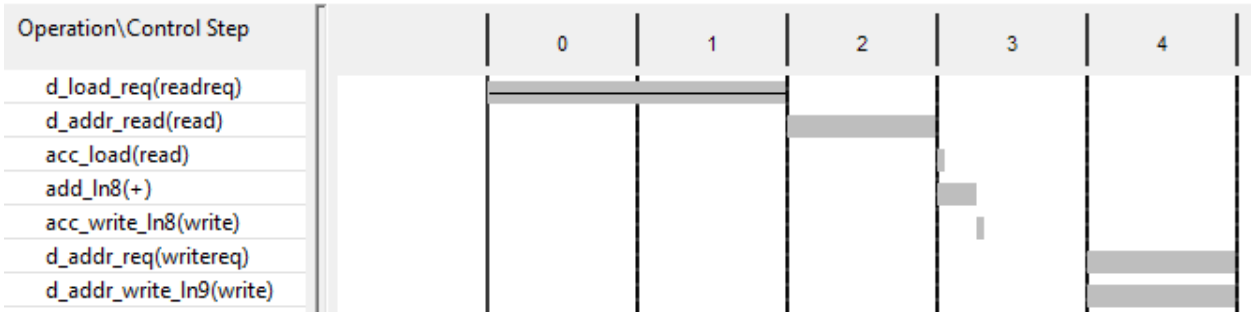
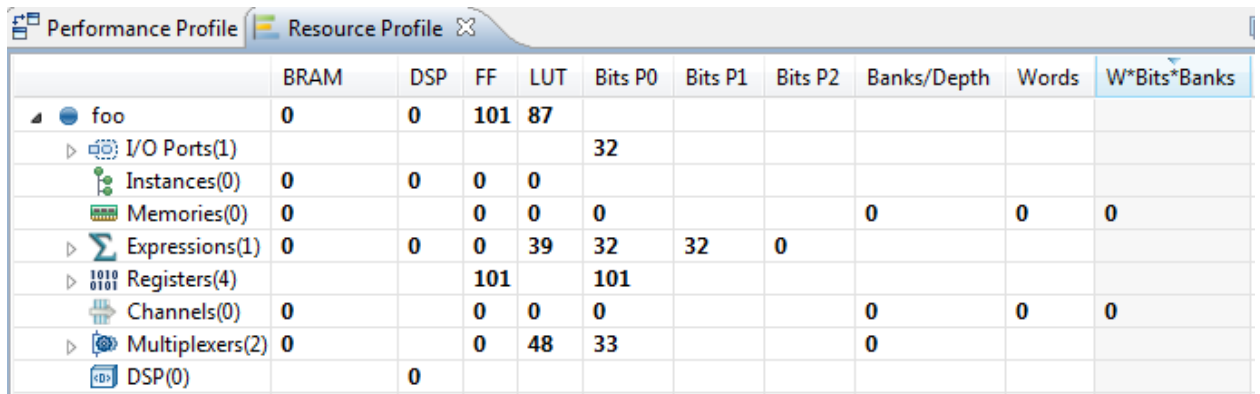


Рисунок 1.9. Schedule viewer

На рисунке 1.9 представлена диаграмма Schedule viewer. На ней видно, что величина Latency составляет 4 такта, а Iteration latency – 5 тактов.

Далее рассмотрим профиль ресурсов:

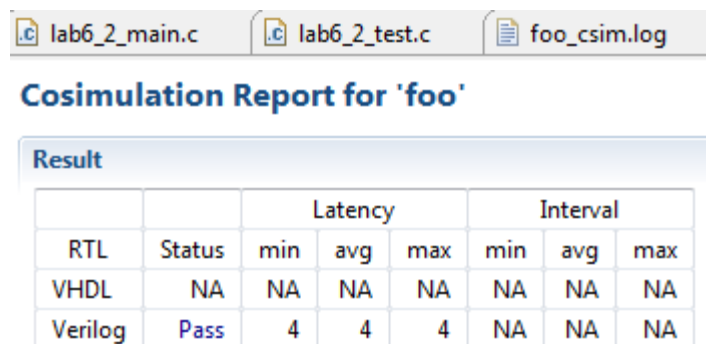


| | BRAM | DSP | FF | LUT | Bits P0 | Bits P1 | Bits P2 | Banks/Depth | Words | W*Bits*Banks |
|-----------------|------|-----|-----|-----|---------|---------|---------|-------------|-------|--------------|
| foo | 0 | 0 | 101 | 87 | | | | | | |
| I/O Ports(1) | | | | | 32 | | | | | |
| Instances(0) | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Memories(0) | 0 | | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Expressions(1) | 0 | 0 | 0 | 39 | 32 | 32 | 0 | | | |
| Registers(4) | | | 101 | | 101 | | | | | |
| Channels(0) | 0 | | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Multiplexers(2) | 0 | | 0 | 48 | 33 | | | 0 | | |
| DSP(0) | | 0 | | | | | | | | |

Рисунок 1.10. Resource Profile.

Значения в Resource Profile на рис. 1.10 совпадают с результатами синтеза на рис. 1.6.

1.4. C|RTL моделирование



| Cosimulation Report for 'foo' | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|---------|-----|-----|----------|-----|-----|
| Result | | | | | | | |
| | | Latency | | | Interval | | |
| RTL | Status | min | avg | max | min | avg | max |
| VHDL | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Verilog | Pass | 4 | 4 | 4 | NA | NA | NA |

Рисунок 1.11. Cosimulation Report

При совместном моделировании, программа на рисунке 1.11 отобразила те же самые, ожидаемые нами значения Latency и П.

Покажем на рисунке 1.12 временную диаграмму совместного моделирования с отмеченными на ней Latency и П:

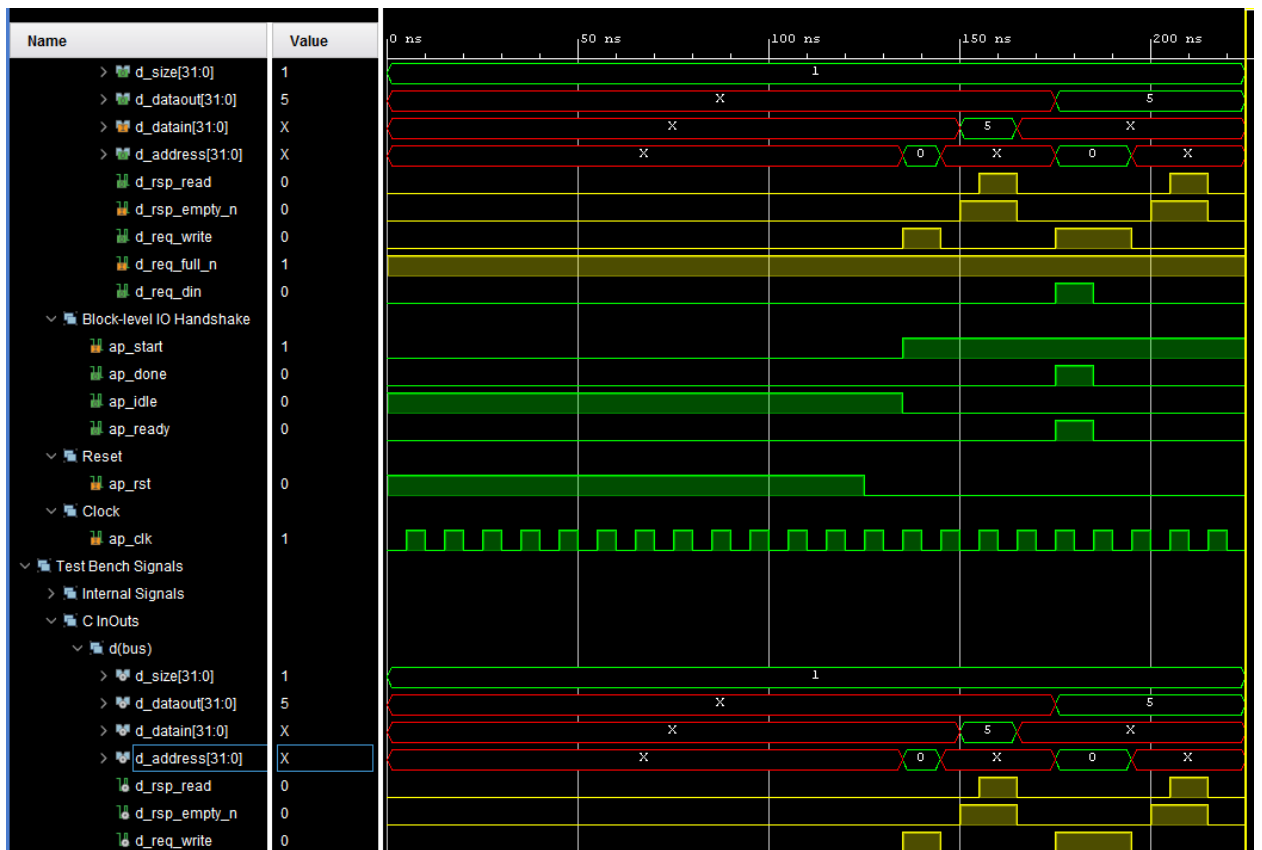


Рисунок 1.12. Design Top Signals

2. Второе решение

2.1. Настройки второго решения

Solution Name: solution1

Clock
Period: 10 Uncertainty: 0.1

Part Selection
Part: xa7a12tcs9325-1Q

☐ SDAccel Bottom Up Flow

Рисунок 2.0. Параметры второго решения

Программа, тест к ней и интерфейс (директива) представлены на рисунках 2.1 и 2.2.

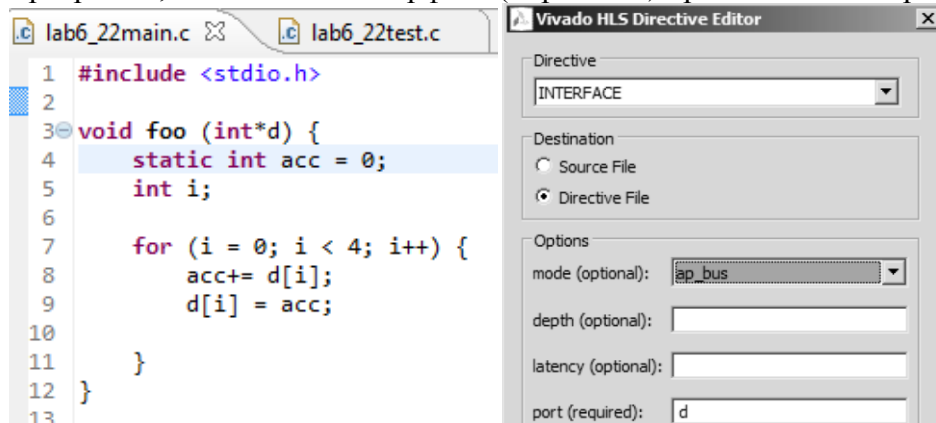


Рисунок 2.1 Исходная программа.

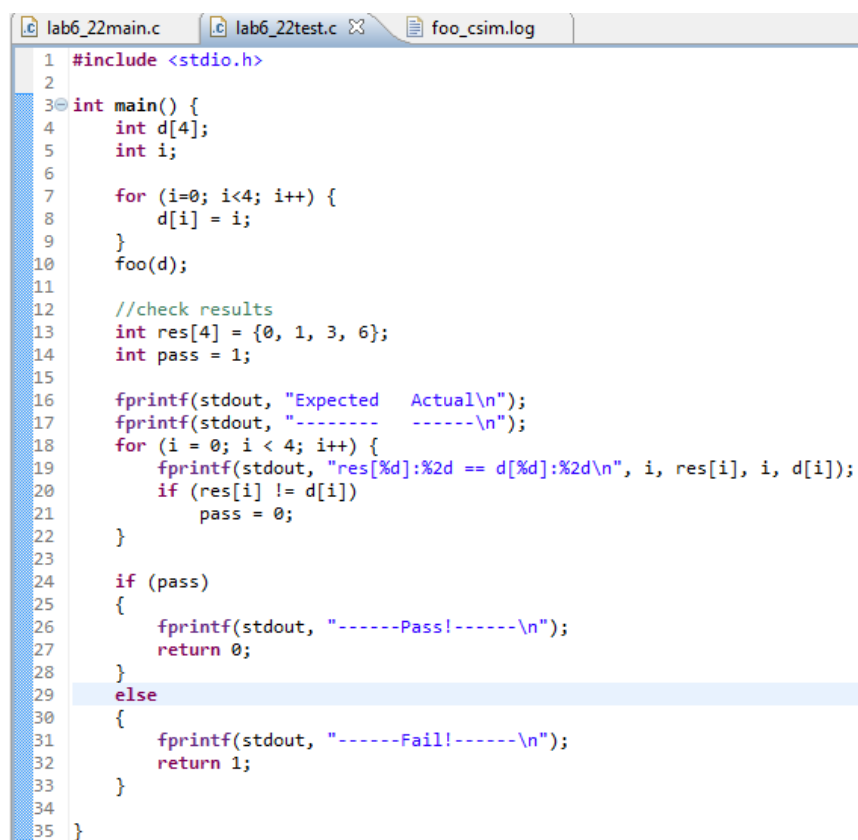
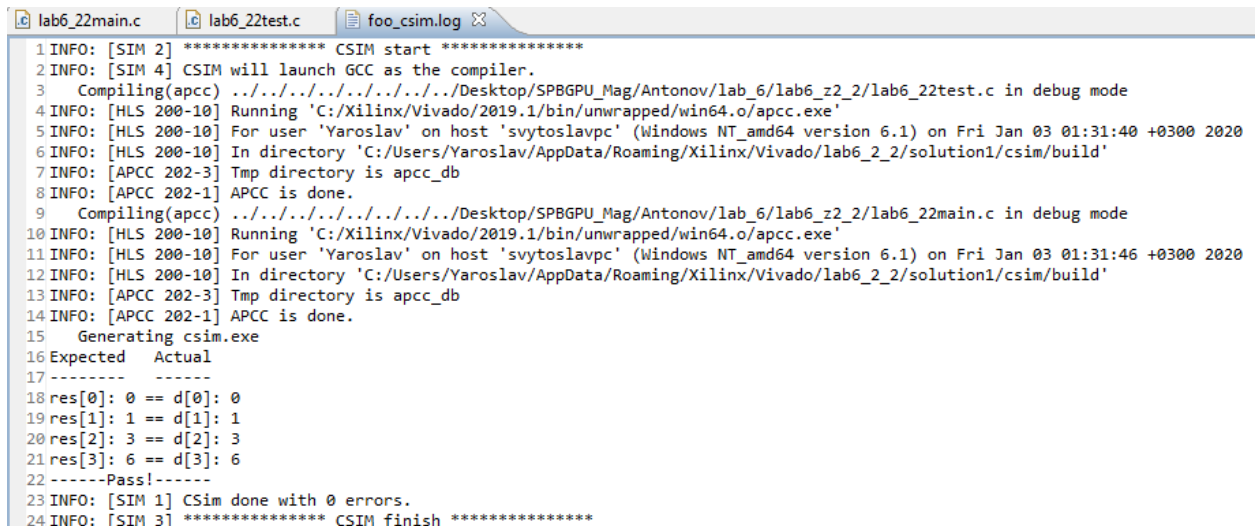


Рисунок 2.2. Тест к программе.

2.2. Моделирование

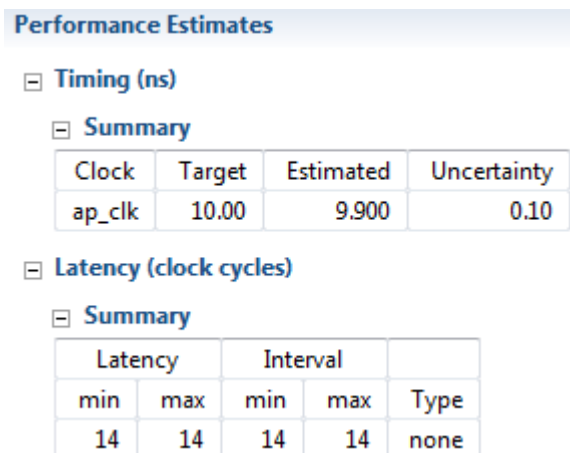


```
1 INFO: [SIM 2] ***** CSIM start *****
2 INFO: [SIM 4] CSIM will launch GCC as the compiler.
3   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2_2/lab6_22test.c in debug mode
4 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
5 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 01:31:40 +0300 2020
6 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2_2/solution1/csim/build'
7 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
8 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
9   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2_2/lab6_22main.c in debug mode
10 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
11 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 01:31:46 +0300 2020
12 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2_2/solution1/csim/build'
13 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
14 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
15   Generating csim.exe
16 Expected  Actual
17 -----
18 res[0]: 0 == d[0]: 0
19 res[1]: 1 == d[1]: 1
20 res[2]: 3 == d[2]: 3
21 res[3]: 6 == d[3]: 6
22 -----Pass!-----
23 INFO: [SIM 1] CSim done with 0 errors.
24 INFO: [SIM 3] ***** CSIM finish *****
```

Рисунок 2.3 Результат успешного моделирования

Моделирование второго решения также прошло успешно.

2.3. Синтез



| Performance Estimates | | | | |
|------------------------|--------|-----------|-------------|------|
| Timing (ns) | | | | |
| Summary | | | | |
| Clock | Target | Estimated | Uncertainty | |
| ap_clk | 10.00 | 9.900 | 0.10 | |
| Latency (clock cycles) | | | | |
| Summary | | | | |
| Latency | | Interval | | |
| min | max | min | max | Type |
| 14 | 14 | 14 | 14 | none |

Рисунок 2.4. Performance estimates – summary

На рисунке 2.4. можно увидеть, что достигнутая задержка равна $9.900 + 0.1$, укладывается в заданные требования тактовой частоты. А величина Latency 14.

Использование ресурсов:

| Utilization Estimates | | | | | |
|-----------------------|----------|--------|-------|------|------|
| Summary | | | | | |
| Name | BRAM_18K | DSP48E | FF | LUT | URAM |
| DSP | - | - | - | - | - |
| Expression | - | - | 0 | 71 | - |
| FIFO | - | - | - | - | - |
| Instance | - | - | - | - | - |
| Memory | - | - | - | - | - |
| Multiplexer | - | - | - | 42 | - |
| Register | - | - | 108 | - | - |
| Total | 0 | 0 | 108 | 113 | 0 |
| Available | 40 | 40 | 16000 | 8000 | 0 |
| Utilization (%) | 0 | 0 | ~0 | 1 | 0 |

Рисунок 2.5. Utilization estimates – summary

На рисунке 2.5. видно, что данный проект теперь займет на микросхеме 108 регистров для хранения чисел, и 113 LUT.

| Interface | | | | | |
|---------------|-----|------|------------|---------------|--------------|
| Summary | | | | | |
| RTL Ports | Dir | Bits | Protocol | Source Object | C Type |
| ap_clk | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_rst | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_start | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_done | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_idle | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_ready | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| d_req_din | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_full_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_write | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_empty_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_read | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_address | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_datain | in | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_dataout | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_size | out | 32 | ap_bus | d | pointer |

Рисунок 2.6. Interface Summary.

Полученные значения Interface Summary на рисунке 2.6. совпадают с прошлым решением, представленным на рисунке 1.7. На рисунке 2.6 также представлены интерфейсы, которые используются в синтезированном устройстве. Видно, что в схеме применяется те же протоколы ap_bus. Порты d_adress, d_datain, d_dataout и d_size 32-битные.

| Performance Profile | | | | | |
|---------------------|-----------|---------|-------------------|---------------------|------------|
| | Pipelined | Latency | Iteration Latency | Initiation Interval | Trip count |
| foo | - | 14 | - | 15 | - |
| Loop 1 | no | 12 | 3 | - | 4 |

Рисунок 2.7. Performance Profile

На рисунке 2.7. видно, что задержка получения первого выходного значения составляет 3 такта с момента старта, для остальных -14, а задержка после старта до готовности приема новых данных – 15:

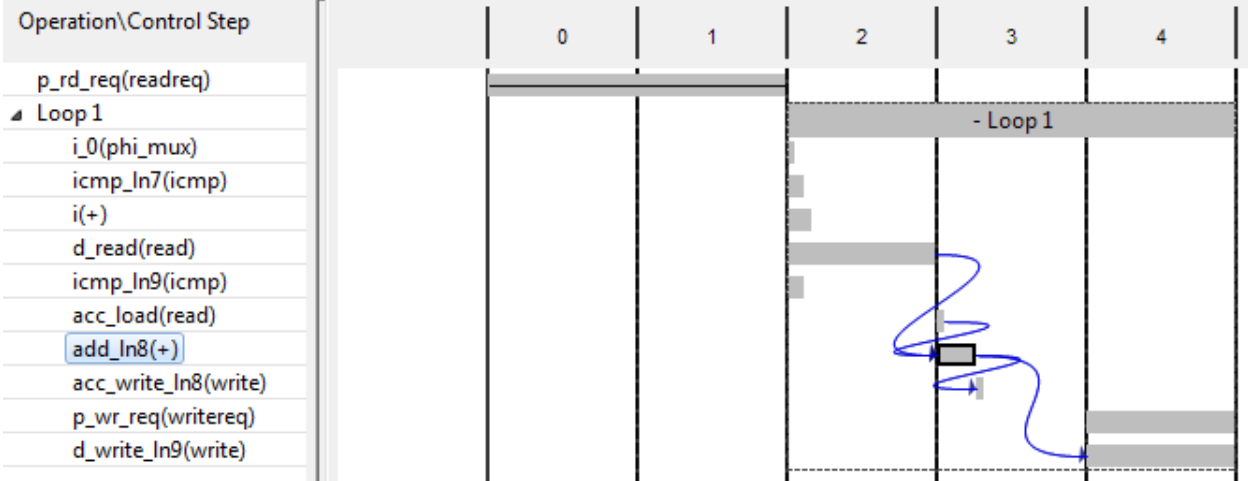


Рисунок 2.8. Schedule viewer

В отличие от предыдущего решения у нас присутствует цикл. За счет этого величина latency увеличилась до 14.

Рассмотрим профиль ресурсов:

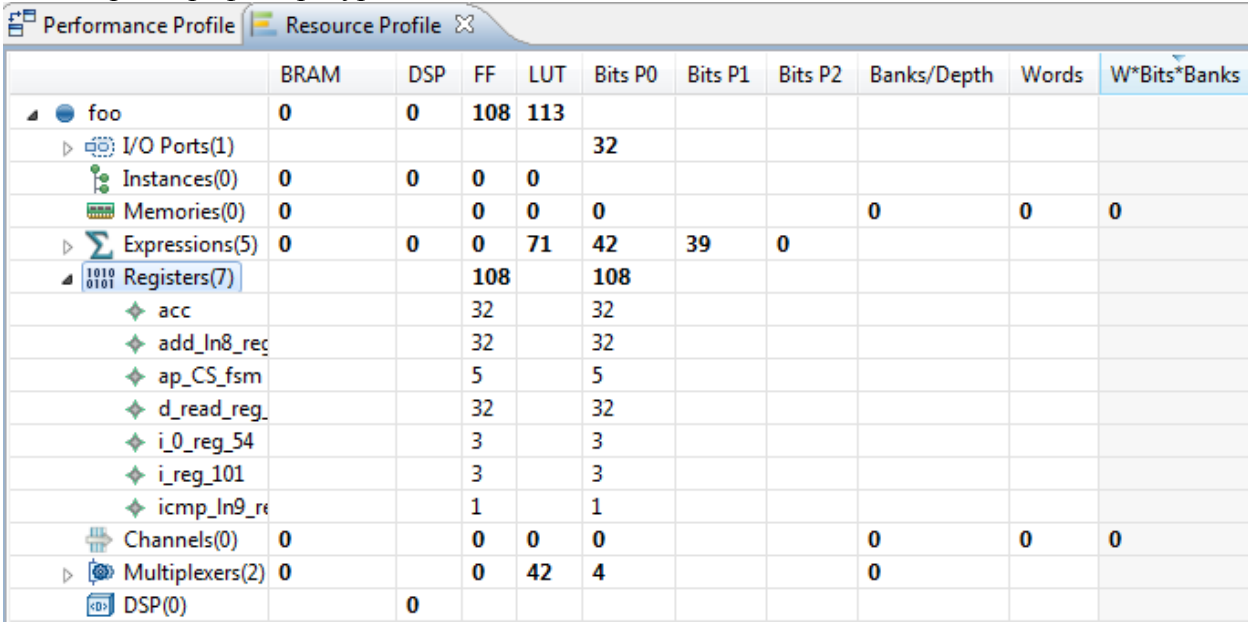


Рисунок 2.9. Resource Profile

Здесь мы также видим отличия, согласно общему отчету о затраченных ресурсах.

2.4. C|RTL моделирование

При осуществлении совместного моделирования программа показала ожидаемые результаты Latency

Cosimulation Report for 'foo'

Result

| RTL | Status | Latency | | | Interval | | |
|---------|--------|---------|-----|-----|----------|-----|-----|
| | | min | avg | max | min | avg | max |
| VHDL | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Verilog | Pass | 14 | 14 | 14 | NA | NA | NA |

Рисунок 2.10. Отчет о моделировании

Покажем временную диаграмму моделирования на рисунке 2.11.

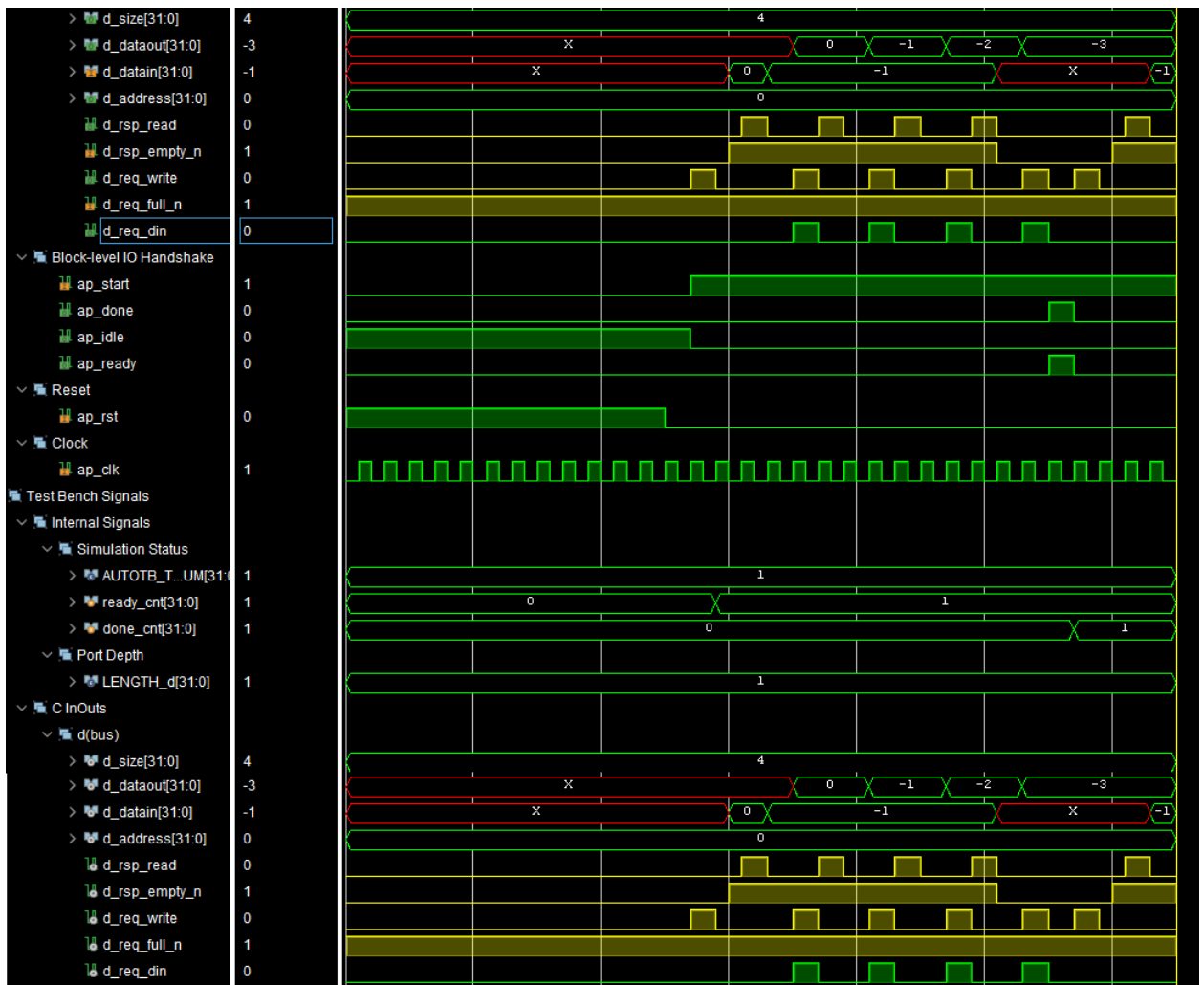


Рисунок 2.11. Design Top Signals

Здесь также видны отличия во времени выполнения итераций, задержка составила 14 в отличие от предыдущего решения, в котором она была равна 4.

3. Третье решение

3.1. Настройки третьего решения

Solution Name: solution1

Clock
Period: 10 Uncertainty: 0.1

Part Selection
Part: **x7a12tcs9325-1Q**

☐ SDAccel Bottom Up Flow

Рисунок 3.0. Параметры второго решения

Программа, тест к ней и интерфейс (директива) представлены на рисунках 3.1 и 3.2.

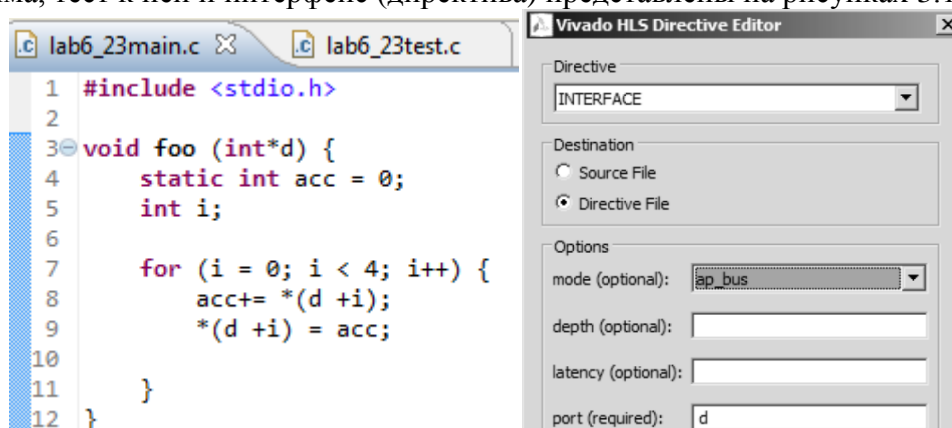


Рисунок 3.1 Исходная программа.

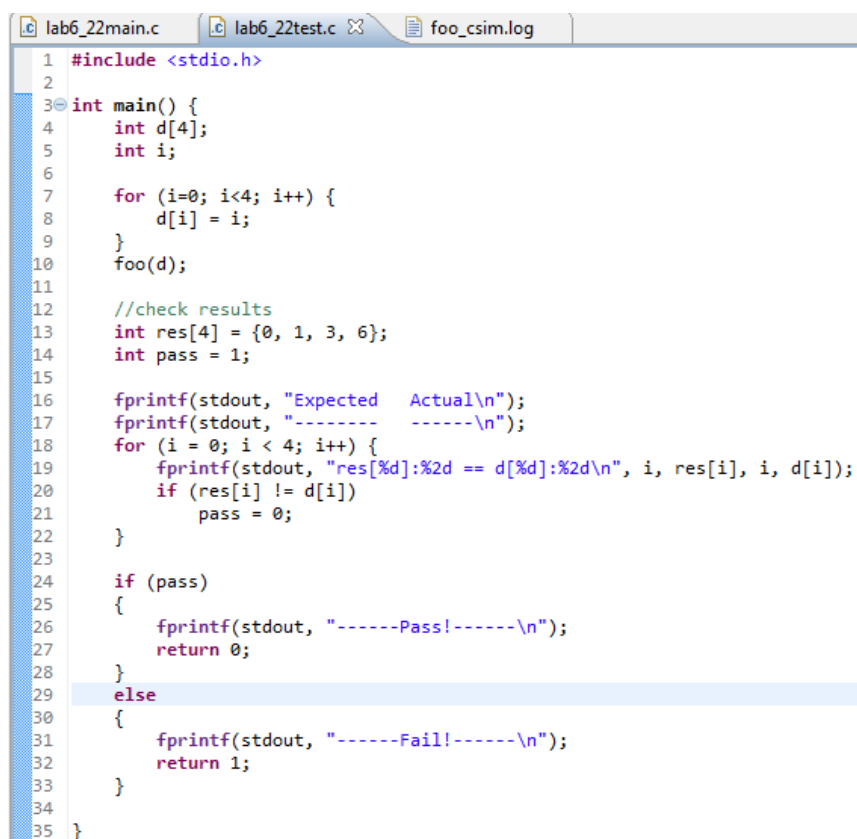


Рисунок 3.2. Тест к программе.

3.2. Моделирование

```

1 INFO: [SIM 2] ***** CSIM start *****
2 INFO: [SIM 4] CSIM will launch GCC as the compiler.
3   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2_3/lab6_23test.c in debug mode
4 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
5 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT_amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 02:35:54 +0300 2020
6 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2_3/solution1/csim/build'
7 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
8 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
9   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2_3/lab6_23main.c in debug mode
10 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
11 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT_amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 02:36:00 +0300 2020
12 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2_3/solution1/csim/build'
13 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
14 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
15   Generating csim.exe
16 Expected Actual
17 -----
18 res[0]: 0 == d[0]: 0
19 res[1]: 1 == d[1]: 1
20 res[2]: 3 == d[2]: 3
21 res[3]: 6 == d[3]: 6
22 -----Pass!-----
23 INFO: [SIM 1] CSim done with 0 errors.
24 INFO: [SIM 3] ***** CSIM finish *****
  
```

Рисунок 3.3 Результат успешного моделирования

Моделирование второго решения также прошло успешно.

3.3. Синтез

Performance Estimates

[-] Timing (ns)

[-] Summary

| Clock | Target | Estimated | Uncertainty |
|--------|--------|-----------|-------------|
| ap_clk | 10.00 | 9.900 | 0.10 |

[-] Latency (clock cycles)

[-] Summary

| Latency | | Interval | | |
|---------|-----|----------|-----|------|
| min | max | min | max | Type |
| 14 | 14 | 14 | 14 | none |

Рисунок 3.4. Performance estimates – summary

На рисунке 3.4. можно увидеть, что достигнутая задержка равна $9.900 + 0.1$, укладывается в заданные требования тактовой частоты и совпадает со вторым решением . Величина Latency равная 14, также совпадает со вторым решением .

Использование ресурсов:

| Utilization Estimates | | | | | |
|-----------------------|----------|--------|-------|------|------|
| Summary | | | | | |
| Name | BRAM_18K | DSP48E | FF | LUT | URAM |
| DSP | - | - | - | - | - |
| Expression | - | - | 0 | 71 | - |
| FIFO | - | - | - | - | - |
| Instance | - | - | - | - | - |
| Memory | - | - | - | - | - |
| Multiplexer | - | - | - | 42 | - |
| Register | - | - | 108 | - | - |
| Total | 0 | 0 | 108 | 113 | 0 |
| Available | 40 | 40 | 16000 | 8000 | 0 |
| Utilization (%) | 0 | 0 | ~0 | 1 | 0 |

Рисунок 3.5. Utilization estimates – summary

На рисунке 3.5. видно, что данный проект теперь займет на микросхеме 108 регистров для хранения чисел, и 113 LUT. Затрачиваемые ресурсы также совпадают со вторым решением.

| Interface | | | | | |
|---------------|-----|------|------------|---------------|--------------|
| Summary | | | | | |
| RTL Ports | Dir | Bits | Protocol | Source Object | C Type |
| ap_clk | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_rst | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_start | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_done | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_idle | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_ready | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| d_req_din | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_full_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_write | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_empty_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_read | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_address | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_datain | in | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_dataout | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_size | out | 32 | ap_bus | d | pointer |

Рисунок 3.6. Interface Summary.

Полученные значения Interface Summary на рисунке 3.6. совпадают с прошлыми решениями, представленным на рисунке 1.7. и 2.6. На рисунке 3.6 также представлены интерфейсы, которые используются в синтезированном устройстве. Видно, что в схеме применяется те же протоколы ap_bus. Порты d_adress, d_datain, d_dataout и d_size 32-битные.

| Performance Profile | | Resource Profile | | | |
|---------------------|-----------|------------------|-------------------|---------------------|------------|
| | Pipelined | Latency | Iteration Latency | Initiation Interval | Trip count |
| foo | - | 14 | - | 15 | - |
| Loop 1 | no | 12 | 3 | - | 4 |

Рисунок 3.7. Performance Profile

Performance Profile совпадает на рисунке 3.7 совпадает с предыдущим решением. Из рисунка видно, что задержка получения первого выходного значения составляет 3 такта с момента старта, для остальных -14, а задержка после старта до готовности приема новых данных – 15.

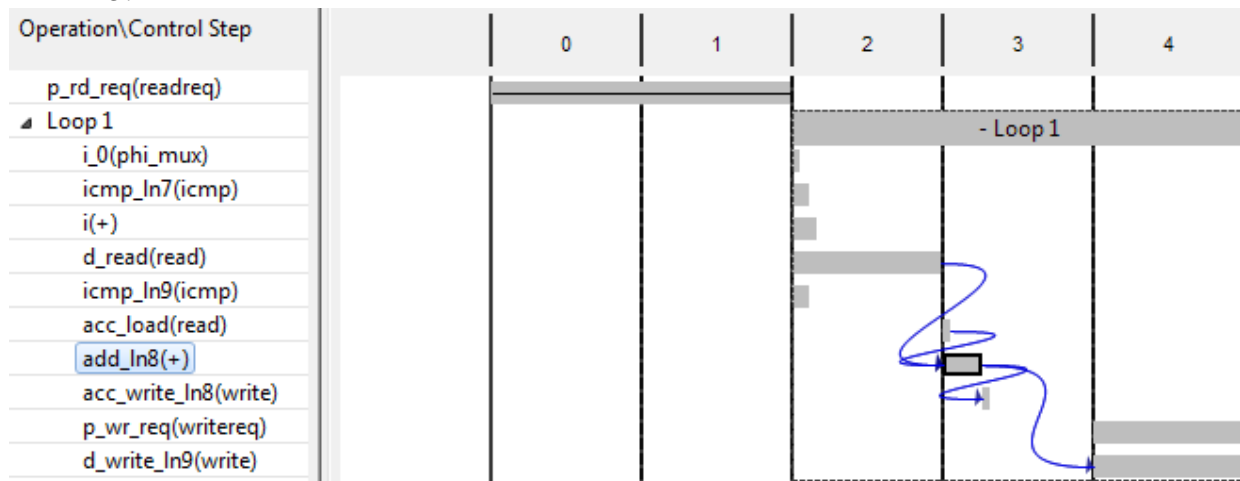


Рисунок 3.8. Schedule viewer

Schedule viewer также совпадает с предыдущим решением.

Величина latency также составила 14.

Профиль ресурсов также совпадает со вторым решением.

| Performance Profile | | Resource Profile | | | | | | | | |
|---------------------|------|------------------|-----|-----|---------|---------|---------|-------------|-------|--------------|
| | BRAM | DSP | FF | LUT | Bits P0 | Bits P1 | Bits P2 | Banks/Depth | Words | W*Bits*Banks |
| foo | 0 | 0 | 108 | 113 | | | | | | |
| I/O Ports(1) | | | | | 32 | | | | | |
| Instances(0) | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Memories(0) | 0 | | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Expressions(5) | 0 | 0 | 0 | 71 | 42 | 39 | 0 | | | |
| Registers(7) | | | 108 | | 108 | | | | | |
| acc | | | 32 | | 32 | | | | | |
| add_ln8_rec | | | 32 | | 32 | | | | | |
| ap_CS_fsm | | | 5 | | 5 | | | | | |
| d_read_reg | | | 32 | | 32 | | | | | |
| i_0_reg_54 | | | 3 | | 3 | | | | | |
| i_reg_101 | | | 3 | | 3 | | | | | |
| icmp_ln9_rec | | | 1 | | 1 | | | | | |
| Channels(0) | 0 | | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 |
| Multiplexers(2) | 0 | | 0 | 42 | 4 | | | 0 | | |
| DSP(0) | | 0 | | | | | | | | |

Рисунок 3.9. Resource Profile

Здесь мы также не видим отличий от второго решения.

3.4. C|RTL моделирование

При осуществлении совместного моделирования программа показала ожидаемые результаты Latency, которые также соответствуют второму решению.

lab6_22main.c lab6_22test.c foo_csim.log

Cosimulation Report for 'foo'

Result

| RTL | Status | Latency | | | Interval | | |
|---------|--------|---------|-----|-----|----------|-----|-----|
| | | min | avg | max | min | avg | max |
| VHDL | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Verilog | Pass | 14 | 14 | 14 | NA | NA | NA |

Рисунок 3.10. Отчет о моделировании

Покажем временную диаграмму моделирования на рисунке 3.11.

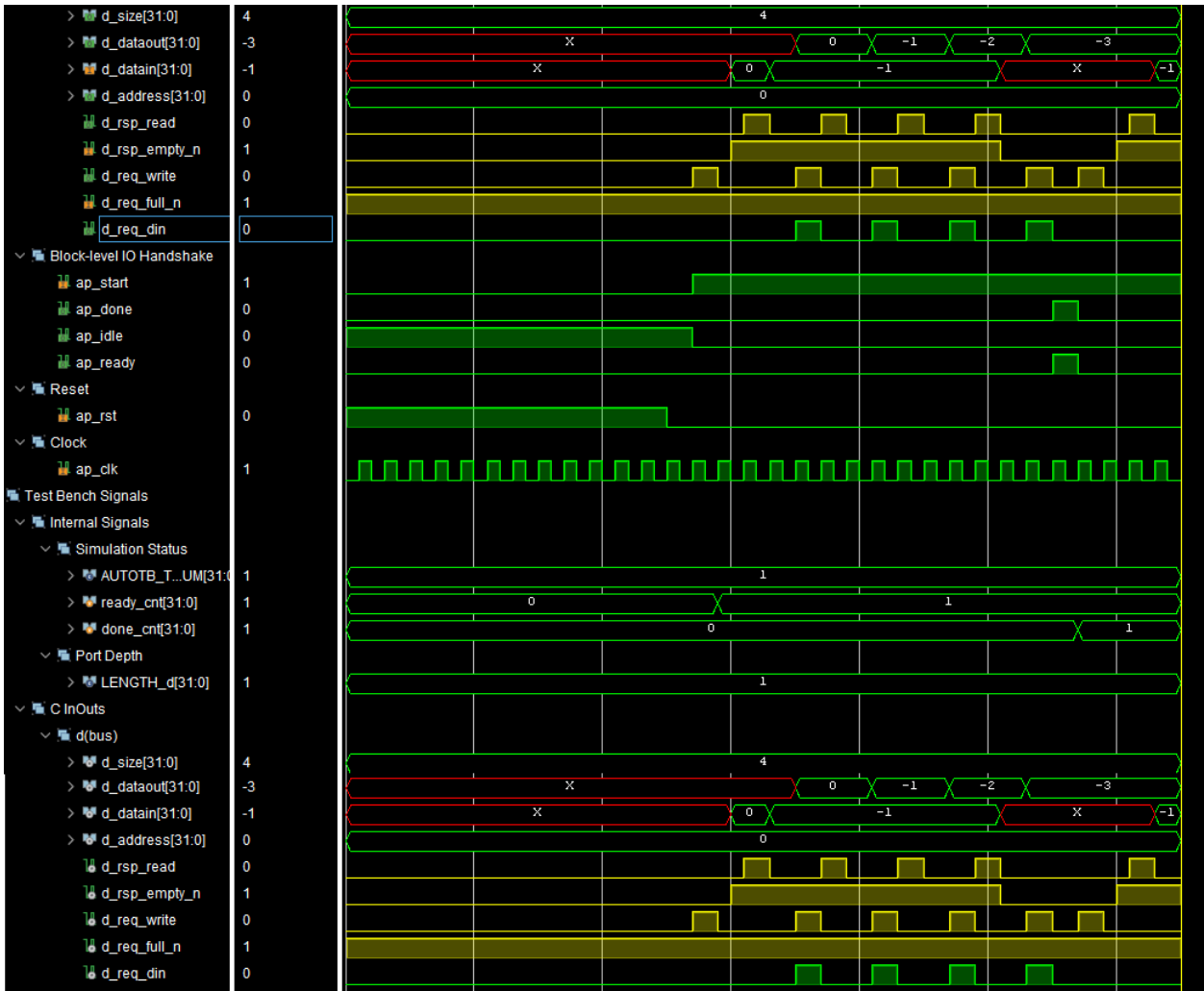
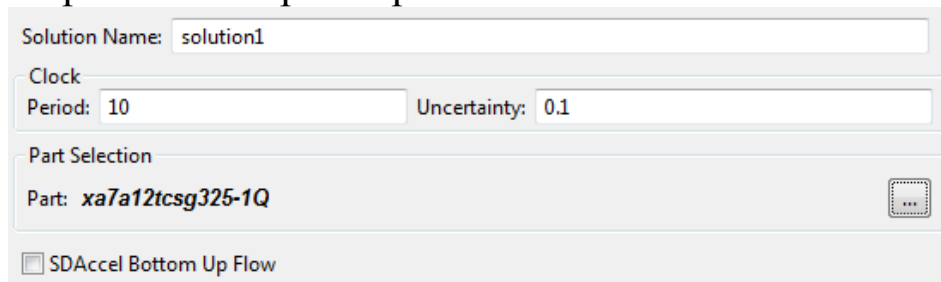


Рисунок 3.11. Design Top Signals

Здесь также не видны отличия во времени выполнения итераций от второго решения. Задержка составила также 14, отличие есть только с первым решением, в котором она была равна 4.

4. Четвертое решение

4.1. Настройки четвертого решения



Solution Name: solution1

Clock

Period: 10 Uncertainty: 0.1

Part Selection

Part: xa7a12tcsg325-1Q

☐ SDAccel Bottom Up Flow

Рисунок 4.0. Параметры второго решения

Программа, тест к ней и интерфейс (директива) представлены на рисунках 4.1 и 4.2.

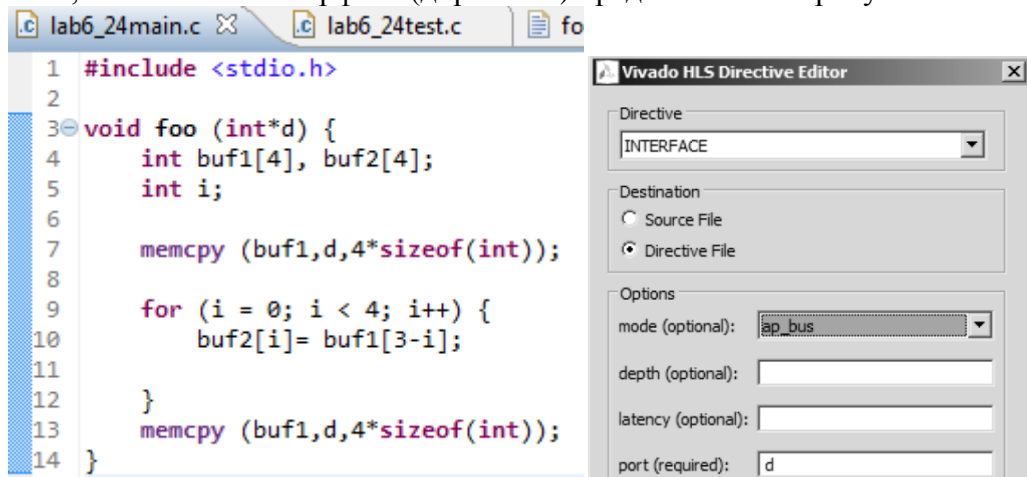


Рисунок 4.1. Исходная программа.

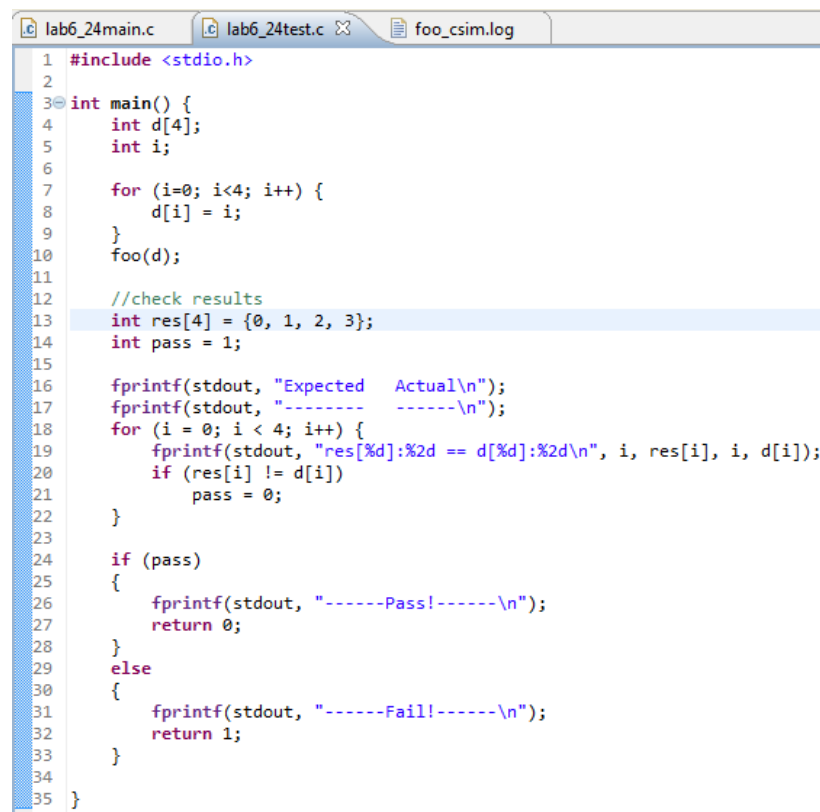
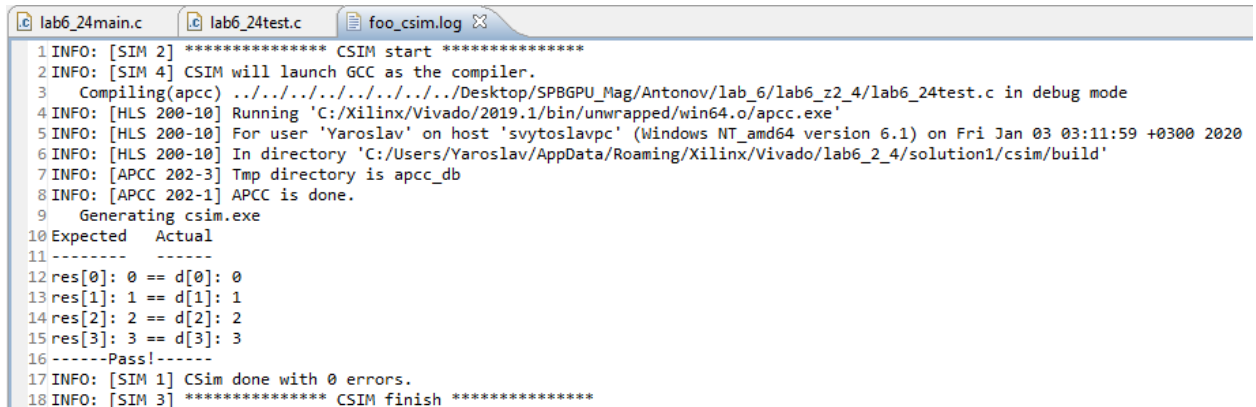


Рисунок 4.2. Тест к программе.

4.2. Моделирование

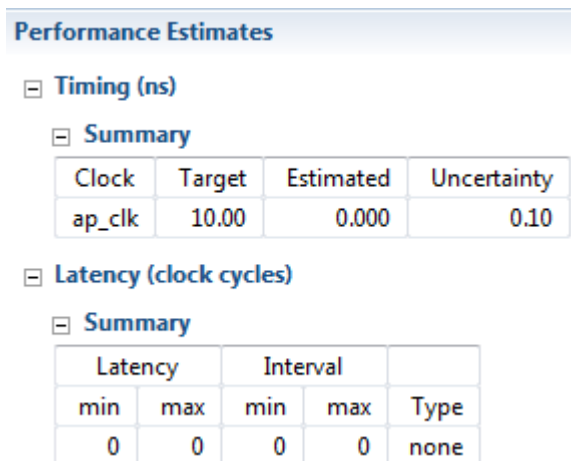


```
1 INFO: [SIM 2] ***** CSIM start *****
2 INFO: [SIM 4] CSIM will launch GCC as the compiler.
3   Compiling(apcc) ../../../../../../Desktop/SPBGPU_Mag/Antonov/lab_6/lab6_z2_4/lab6_24test.c in debug mode
4 INFO: [HLS 200-10] Running 'C:/Xilinx/Vivado/2019.1/bin/unwrapped/win64.o/apcc.exe'
5 INFO: [HLS 200-10] For user 'Yaroslav' on host 'svytoslavpc' (Windows NT_amd64 version 6.1) on Fri Jan 03 03:11:59 +0300 2020
6 INFO: [HLS 200-10] In directory 'C:/Users/Yaroslav/AppData/Roaming/Xilinx/Vivado/lab6_2_4/solution1/csim/build'
7 INFO: [APCC 202-3] Tmp directory is apcc_db
8 INFO: [APCC 202-1] APCC is done.
9   Generating csim.exe
10 Expected   Actual
11 -----
12 res[0]: 0 == d[0]: 0
13 res[1]: 1 == d[1]: 1
14 res[2]: 2 == d[2]: 2
15 res[3]: 3 == d[3]: 3
16 -----Pass!-----
17 INFO: [SIM 1] CSim done with 0 errors.
18 INFO: [SIM 3] ***** CSIM finish *****
```

Рисунок 4.3 Результат успешного моделирования

Моделирование четвертого решения – операции копирования также прошло успешно.

4.3. Синтез



| Performance Estimates | | | | |
|------------------------|--------|-----------|-------------|------|
| Timing (ns) | | | | |
| Summary | | | | |
| Clock | Target | Estimated | Uncertainty | |
| ap_clk | 10.00 | 0.000 | 0.10 | |
| Latency (clock cycles) | | | | |
| Summary | | | | |
| Latency | | Interval | | |
| min | max | min | max | Type |
| 0 | 0 | 0 | 0 | none |

Рисунок 4.4. Performance estimates – summary

На рисунке 4.4. можно увидеть, что достигнутая задержка $0.000 + 0.1$, и не совпадает ни с одним решением. Величина Latency составила 0, что также не совпадает ни с одним решением. Операция копирования прошла без задержек.

Использование ресурсов:

| Utilization Estimates | | | | | |
|-----------------------|----------|--------|-------|------|------|
| Summary | | | | | |
| Name | BRAM_18K | DSP48E | FF | LUT | URAM |
| DSP | - | - | - | - | - |
| Expression | - | - | - | - | - |
| FIFO | - | - | - | - | - |
| Instance | - | - | - | - | - |
| Memory | - | - | - | - | - |
| Multiplexer | - | - | - | - | - |
| Register | - | - | 1 | - | - |
| Total | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Available | 40 | 40 | 16000 | 8000 | 0 |
| Utilization (%) | 0 | 0 | ~0 | 0 | 0 |

Рисунок 4.5. Utilization estimates – summary

На рисунке 4.5. видно, что данный проект теперь займет на микросхеме только 1 регистр для хранения чисел. Затрачиваемые ресурсы не совпадают ни с одним решением, так осуществляется процедура копирования.

| Interface | | | | | |
|---------------|-----|------|------------|---------------|--------------|
| Summary | | | | | |
| RTL Ports | Dir | Bits | Protocol | Source Object | C Type |
| ap_clk | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_rst | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_start | in | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_done | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_idle | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| ap_ready | out | 1 | ap_ctrl_hs | foo | return value |
| d_req_din | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_full_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_req_write | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_empty_n | in | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_rsp_read | out | 1 | ap_bus | d | pointer |
| d_address | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_datain | in | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_dataout | out | 32 | ap_bus | d | pointer |
| d_size | out | 32 | ap_bus | d | pointer |

Рисунок 4.6. Interface Summary.

Полученные значения Interface Summary на рисунке 4.6. совпадают с прошлыми решениями, представленным на рисунке 1.7, 2.6 и 3.6. На рисунке 4.6 также представлены интерфейсы, которые используются в синтезированном устройстве. Видно, что в схеме применяется те же протоколы ap_bus. Порты d_address, d_datain, d_dataout и d_size 32-битные.

| Performance Profile | | | | | |
|---------------------|-----------|---------|-------------------|---------------------|------------|
| | Pipelined | Latency | Iteration Latency | Initiation Interval | Trip count |
| foo | - | 0 | - | 1 | - |

Рисунок 4.7. Performance Profile

Performance Profile на рисунке 4.7 говорит о том, что задержка при копировании отсутствует, а арифметических операций не происходит.

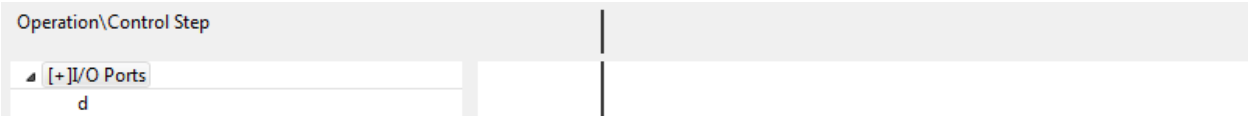


Рисунок 4.8. Schedule viewer

Schedule viewer также говорит о том, что процедура копирования происходит без задержек.

Профиль ресурсов также имеет ожидаемую структуру.

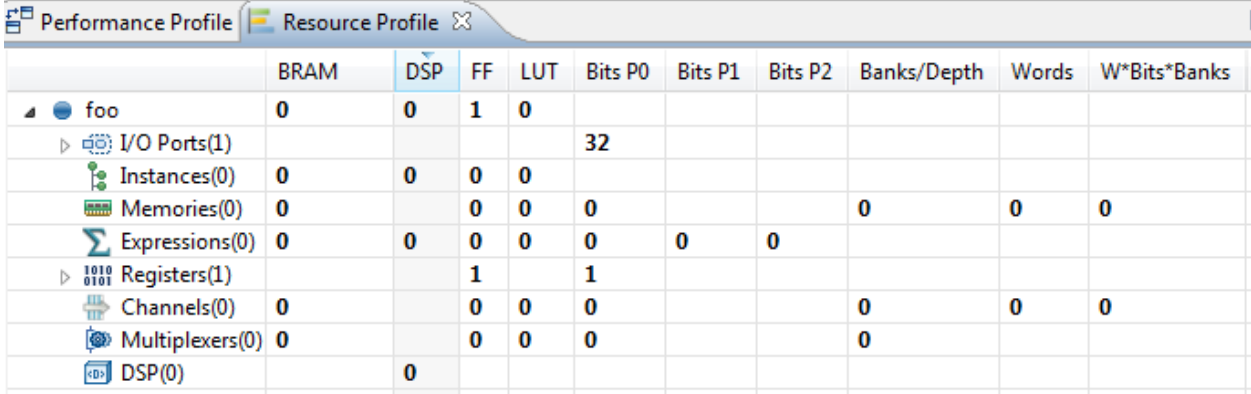


Рисунок 4.9. Resource Profile

4.4. C|RTL моделирование

При осуществлении совместного моделирования программа показала ожидаемые результаты Latency, которые также соответствуют второму решению.

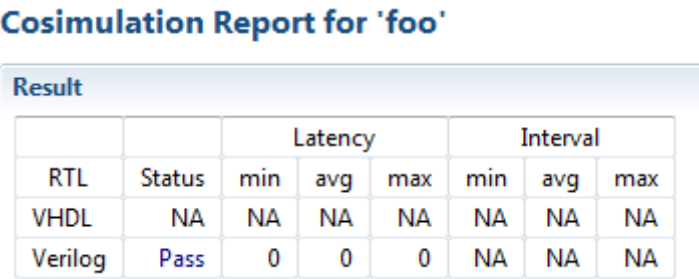


Рисунок 4.10. Отчет о моделировании

Покажем временную диаграмму моделирования на рисунке 4.11.

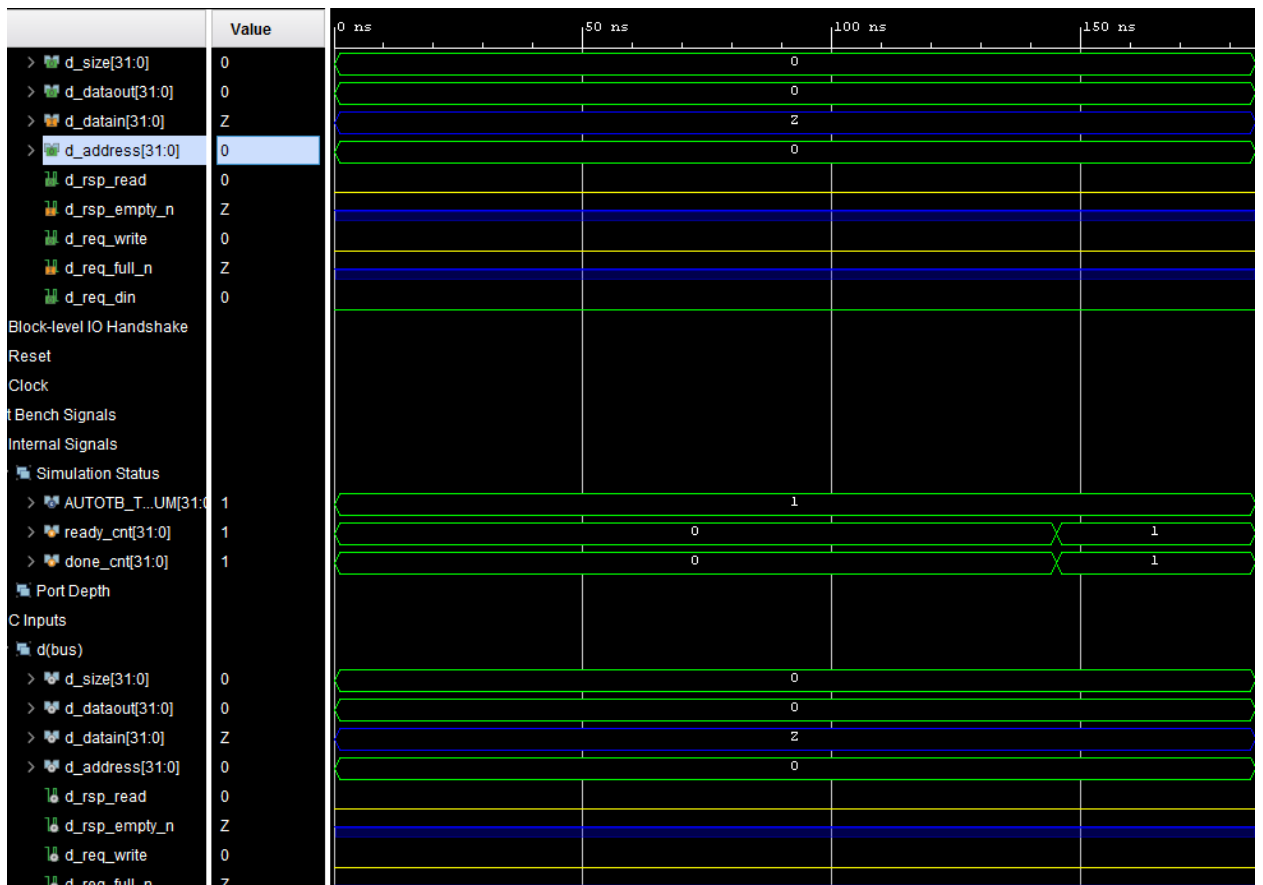


Рисунок 4.11. Design Top Signals

Здесь также видно, что операция копирования идет без задержек и иных арифметических операций не происходит.

4. Выводы

В данной работе были рассмотрены различия, которые могут появиться при синтезе устройства с применением протокола шины на уровне порта.

Инструмент Vivado HLS поддерживает протокол ввода-вывода шины:

- Протокол ввода-вывода - это протокол общей шины
- Протокол ввода / вывода не является отраслевым стандартом
- Протокол шины инструментов Vivado HLS позволяет подключаться к ядрам адаптера.

Протокол ввода / вывода шины поддерживает memсru

- Протокол ввода / вывода шины поддерживает функцию C memсru
- Обеспечивает высокопроизводительный интерфейс для пакетной передачи данных в стиле DMA

Протокол ввода / вывода шины поддерживает сложную арифметику указателей на вводе / выводе

- Указатели на ввод / вывод могут быть синтезированы в ar_fifo или ar_bus
- При использовании ar_fifo доступ должен быть последовательным
- Если используется арифметика указателя, порт должен использовать ar_bus

Протокол типа ar_bus реализует переменные указателя и передачи по ссылке в виде шины общего назначения.

В результате получены 4 решения: первое – одиночная операция чтения и записи массива в стандартном режиме. Величина latency составила 4 такта, а максимальная задержка обработки сигнала на такте составляет $9.900 + 0.1\text{нс}$; второе – множественная операция чтения и записи массива с аккумулярующим значением без дополнительных арифметических операций в стандартном режиме, полный цикл выполнения за 14 тактов, задержка составила также $9.900 + 0.1\text{нс}$; третье решение также - множественная операция чтения и записи массива с аккумулярующим значением с дополнительными арифметическими операциями в стандартном режиме, полный цикл выполнения также за 14 тактов, а максимальная задержка обработки сигнала на такте составила также $9.900 + 0.1\text{нс}$; четвертое решение - режим копирования, данный режим прошел без задержек и занял минимальное количество ресурсов.