

The Summer School-Conference
2017




**РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА
УРАВНЕНИЯ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НА FPGA**

Бектуган Б.И.



Цель работы:

- реализация расчета одномерного уравнения теплопроводности явным методом на кристалле программируемой логической интегральной схемы



Для достижения поставленной цели решаются две основные задачи:

- Организуется взаимодействие между хост-машиной и устройством на ПЛИС.
- Реализуется специализированный вычислитель на ПЛИС для решения уравнения теплопроводности.

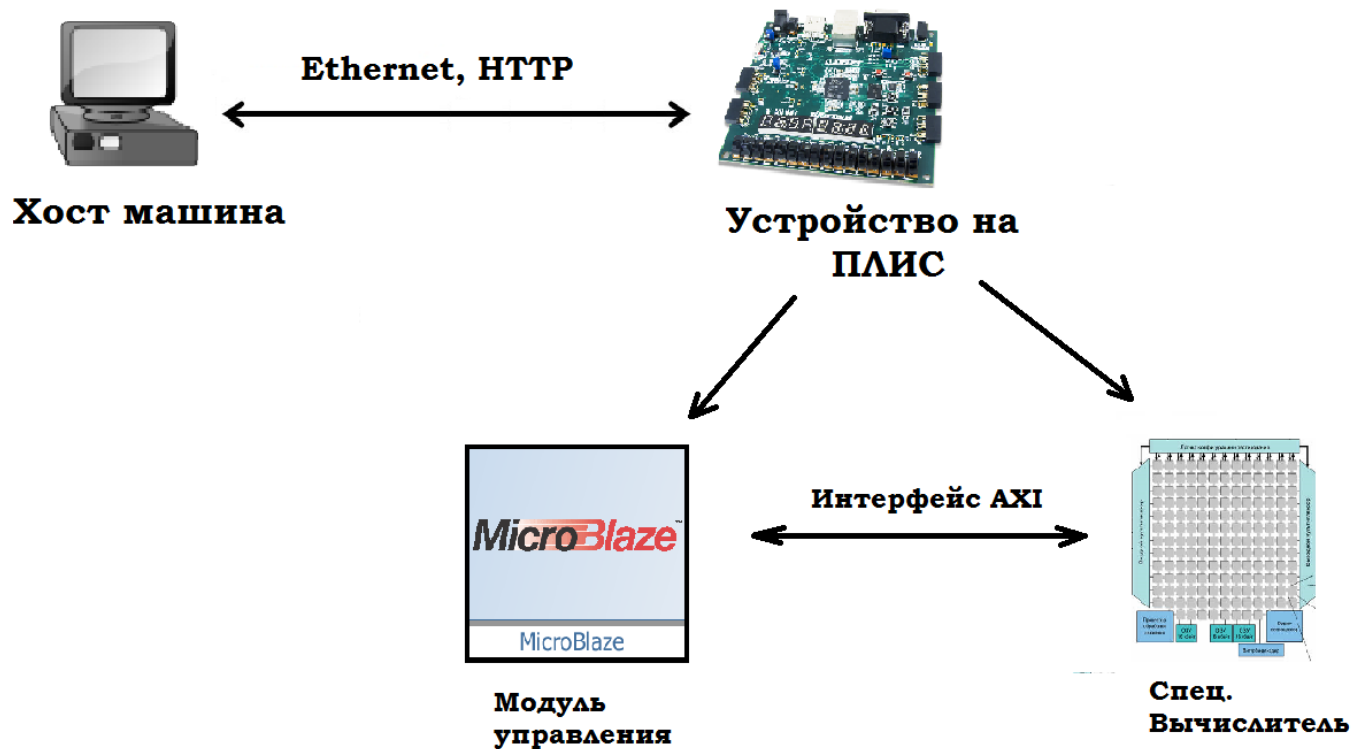


Для расчетов была использована плата Nexys 4, основанная на ПЛИС Xilinx серии Artix-7. Его основные характеристики:

- 15,850 логических блоков;
- 4,860 Kbits быстрый RAM;
- 16 МБ Cellular RAM;
- 240 DSP блоков;
- 10/100 Ethernet PHY.

В проектировании использовались среды Vivado и Xilinx SDK.


Общая архитектура проекта





Взаимодействие хост машины и ПЛИС

Взаимодействие хост-машины и устройства позволяет загружать начальные данные на вычислитель, запускать на нем счет, отслеживать выполнение счета и получать обратно результаты. Взаимодействие устройства и хост-машины реализуется с помощью сопроцессора **Microblaze**. С одной стороны к сопроцессору Microblaze подключается хост-машина по протоколу **HTTP**, а с другой стороны подключается специализированный вычислитель по интерфейсу **AXI**.



Хост-машина является клиентом (инициатором запроса) и отправляет начальное условие, краевые условия и константы для вычисления на устройство на ПЛИС. После этого устройство на ПЛИС, работающее в роли сервера, обрабатывает принятые данные, вычисляет значение функции и отправляет ответ обратно на машину.

Уравнение теплопроводности

Уравнение теплопроводности — дифференциальное уравнение в частных производных n -го порядка, которое описывает распределение температуры в заданной области пространства и ее изменение во времени.

Уравнение имеет вид:

$$\frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\tau} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{n^2}$$

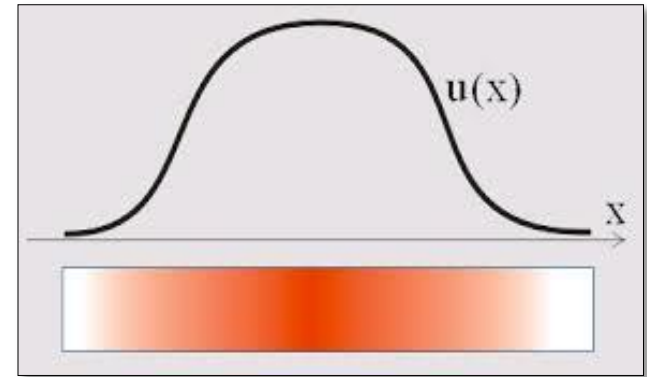
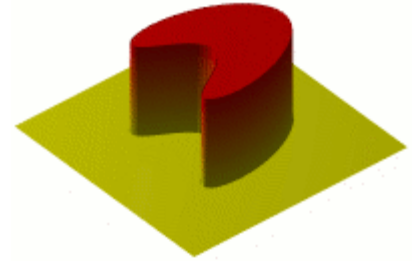
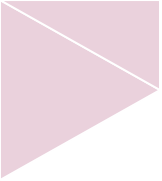


График уравнения теплопроводности



Решение уравнения теплопроводности

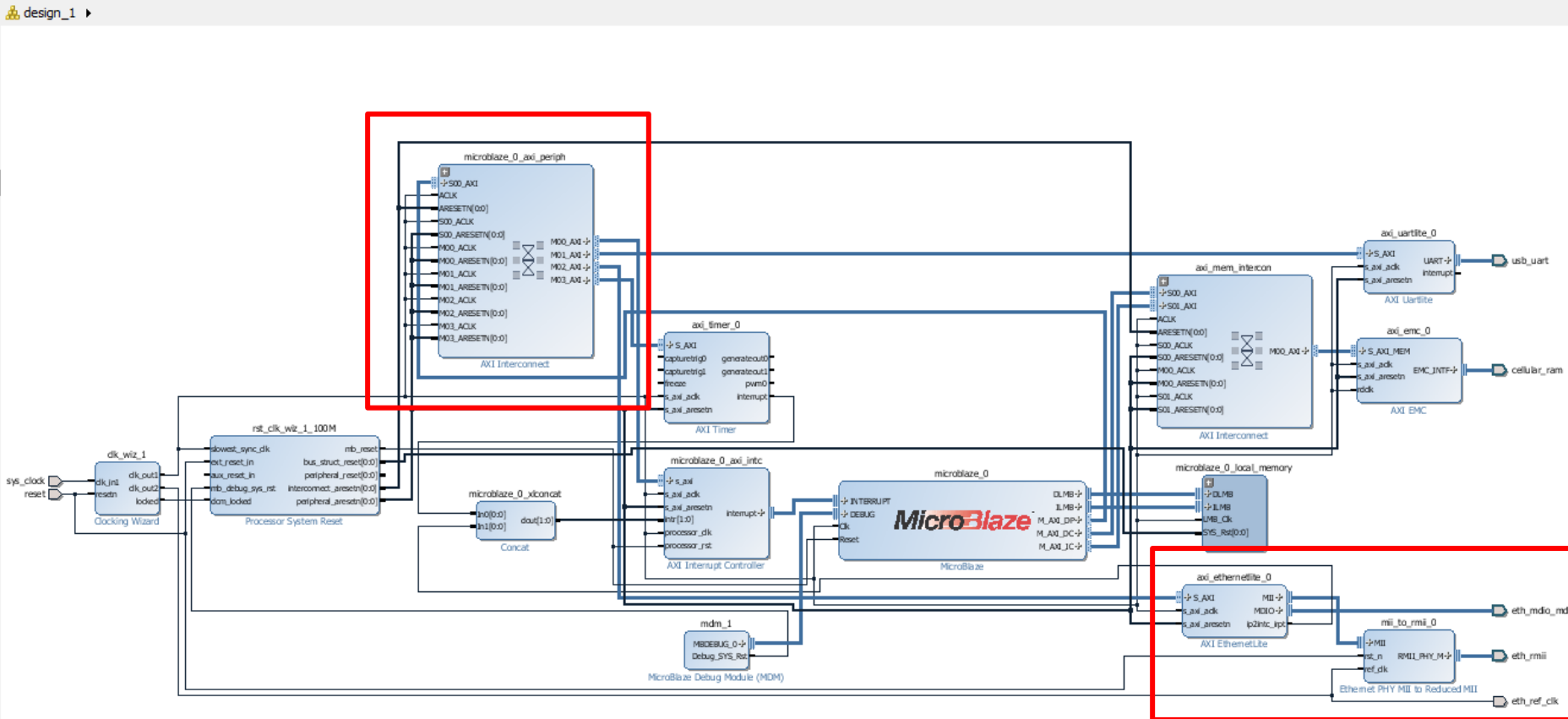
На специализированном вычислителе реализуется решение одномерного уравнения теплопроводности с использованием метода Якоби. По этому методу, принимая значения начального и граничных условий, задача сводится к решению дифференциального уравнения. Для решения задачи требуется найти функцию $u(x,t)$ – температуру в произвольном сечении x стержня в любой момент времени t .



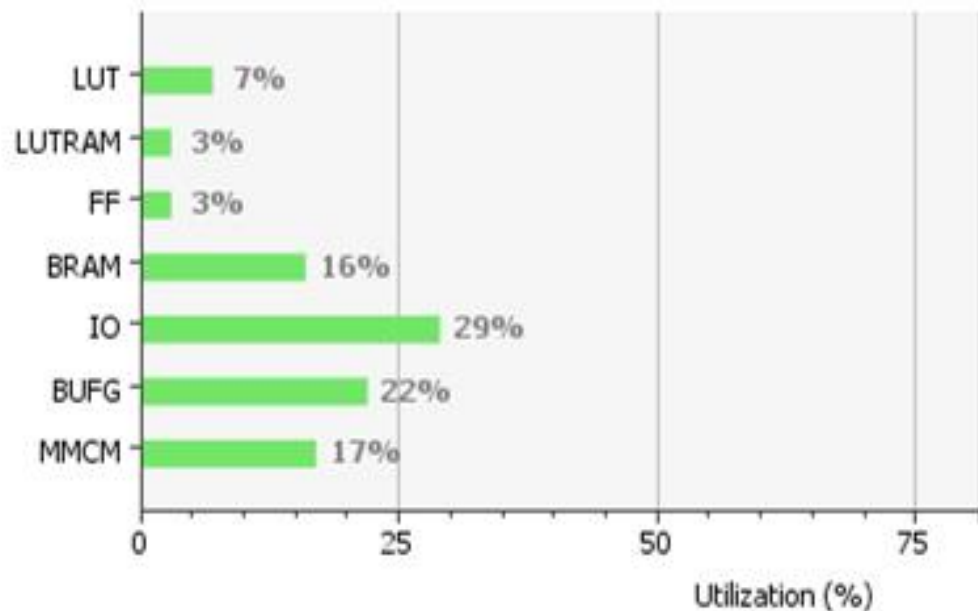
Специализированный вычислитель

На данный момент разработан вычислитель целочисленных арифметических операции. Программный код вычислителя был написан на языке Verilog. На основе этого вычислителя будет разработан специализированный вычислитель для чисел с плавающей запятой, для решения дифференциальных задач.

Структура подсистемы взаимодействия хост-машины и устройства



Utilization - Post-Implementation



Graph | Table

Post-Synthesis | **Post-Implementation**

Power

Total On-Chip Power:	0.335 W
Junction Temperature:	26,5 °C
Thermal Margin:	58,5 °C (12,7 W)
Effective θ_{JA} :	4,6 °C/W
Power supplied to off-chip devices:	0 W
Confidence level:	Low

Summary | On-Chip



Промежуточный результат работы

- Организована взаимодействие хост-машины и устройства на ПЛИС, как web-сервера и клиента;
- Разработан арифметико-логическое устройство для целочисленных операндов.



Заключение

В дальнейшем планируется реализовать на ПЛИС

- ❖ решение этой задачи с числами с плавающей точкой;
- ❖ решить двумерное уравнение теплопроводности;
- ❖ оценить ускорение полученной реализации в сравнении с последовательной версией для процессора и оптимизировать ее по времени вычисления.



Спасибо за внимание !