

Высокопроизводительная обработка данных электромагнитного каротажа

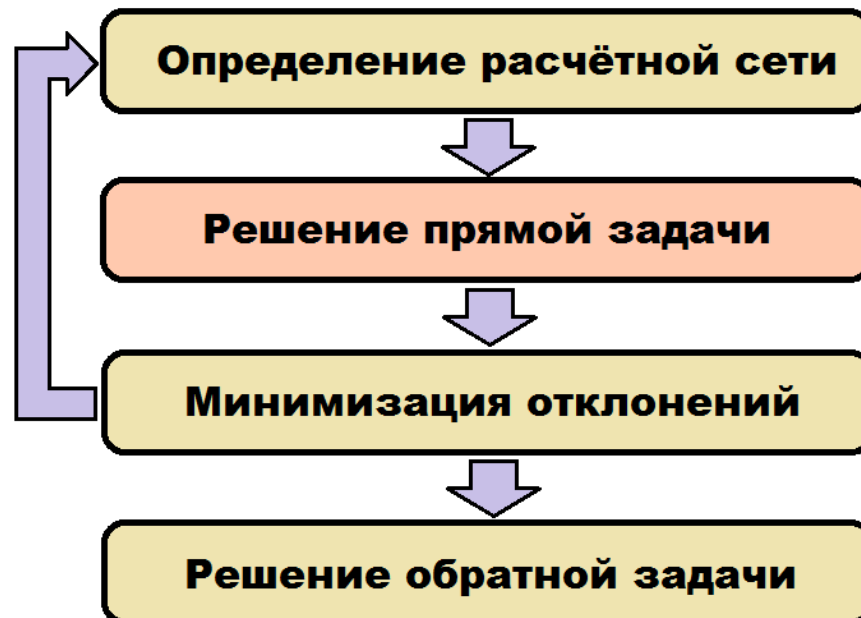
Персов Е.М., гр. 12224, КИИС ФИТ НГУ
научный руководитель: к.т.н., Лысаков К.Ф.

Рецензент: Жуланов В.В.

Место выполнения: Лаб. №13 ИАиЭ СО РАН

Актуальность

Интерпретация экспериментальных данных в геоэлектрике:
процесс минимизации отклонения синтетических сигналов
при заданных характеристиках среды.



Предпосылки

- ◆ Была показана допустимость подмены прямой задачи ВИКИЗ на её нейросетевой аналог
- ◆ Полученные результаты открыли новые возможности по созданию каротажного устройства, включающего в себя модуль интерпретации экспериментальных данных

Цель работы

Цель работы: создание высокопроизводительного программно–аппаратного комплекса для решения прямой нейросетевой задачи ВИКИЗ

Задачи:

- ♦ Анализ решаемой комплексом задачи
- ♦ Выбор аппаратной платформы
- ♦ Представление алгоритма в терминах выбранной платформы
- ♦ Формирование аппаратной базы комплекса
- ♦ Проектирование и реализация программного обеспечения, необходимого для интеграции устройства в вычислительную систему
- ♦ Анализ созданного программно-аппаратного комплекса и исследование перспектив дальнейшего развития выбранного направления

Анализ решаемой задачи

Входные данные – логарифмированная четырёхмерная сетка характеристик среды:

- ◆ $0.5 < RoP < 200.0$ - сопротивление пласта, Омм
- ◆ $1.0 < RoZp < 200.0$ - сопротивление зоны проникновения, Омм
- ◆ $0.05 < AP < 2.0$ - радиус зоны проникновения, м
- ◆ $0.02 < RoSkv < 10$ - сопротивление бурового раствора, Омм

$$A = (\ln(RoP), \ln(RoZp), \ln(AP), \ln(RoSkv))$$

Анализ решаемой задачи

Для каждого вектора характеристик среды A синтезируются сигналы φ от 9 зондов

$$\varphi_{\log} = \exp(c_{z0} + c_{z1} \cdot S)$$

$$\varphi_{norm} = (c_{z0} + c_{z1} \cdot S)^2$$

$$0^\circ < \varphi_z \leq 90^\circ$$

где

$$S_z = \sum_{i=1}^{1000} \sin \left(c_{zi0} + \sum_{j=1}^4 a_j \cdot c_{zij} \right)$$

Анализ решаемой задачи

- ◆ Вычислительная сложность обработки одного вектора входных значений A :
 - 45 000 сложений
 - 36 000 умножений
 - 9 000 вычислений синуса
- ◆ Вычислительных этап не содержит условных переходов
- ◆ Отсутствует зависимость между обработкой различных векторов входных значений; для обработки всегда готово множество векторов
- ◆ Допустимый диапазон входных, выходных и промежуточных значений делает привлекательным использование нестандартных типов данных

Выбор аппаратной платформы

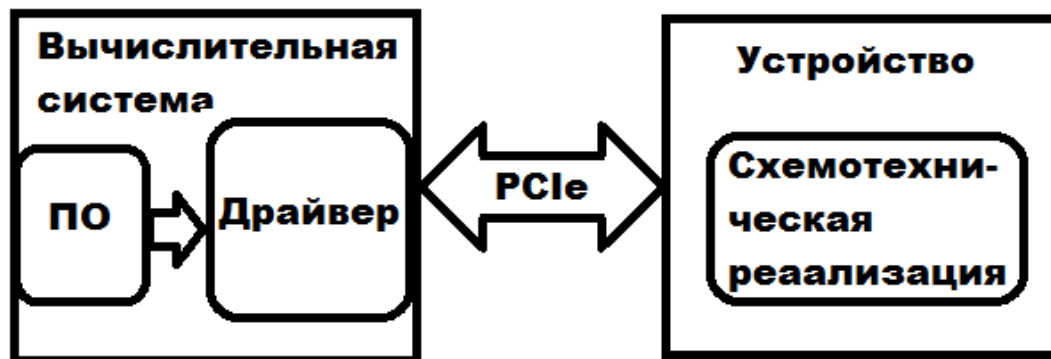
В результате анализа решаемой задачи была выбрана технология программируемых пользователем вентильных матриц.

- ◆ Данная технология позволяет в полной мере воспользоваться преимуществами алгоритма
- ◆ В перспективе позволяет создать специализированное автономное вычислительное устройство

В качестве аппаратной части комплекса в рамках данной работы было выбрано устройство SLEDv6 на базе кристалла Xilinx Virtex6 XC6VSX315T

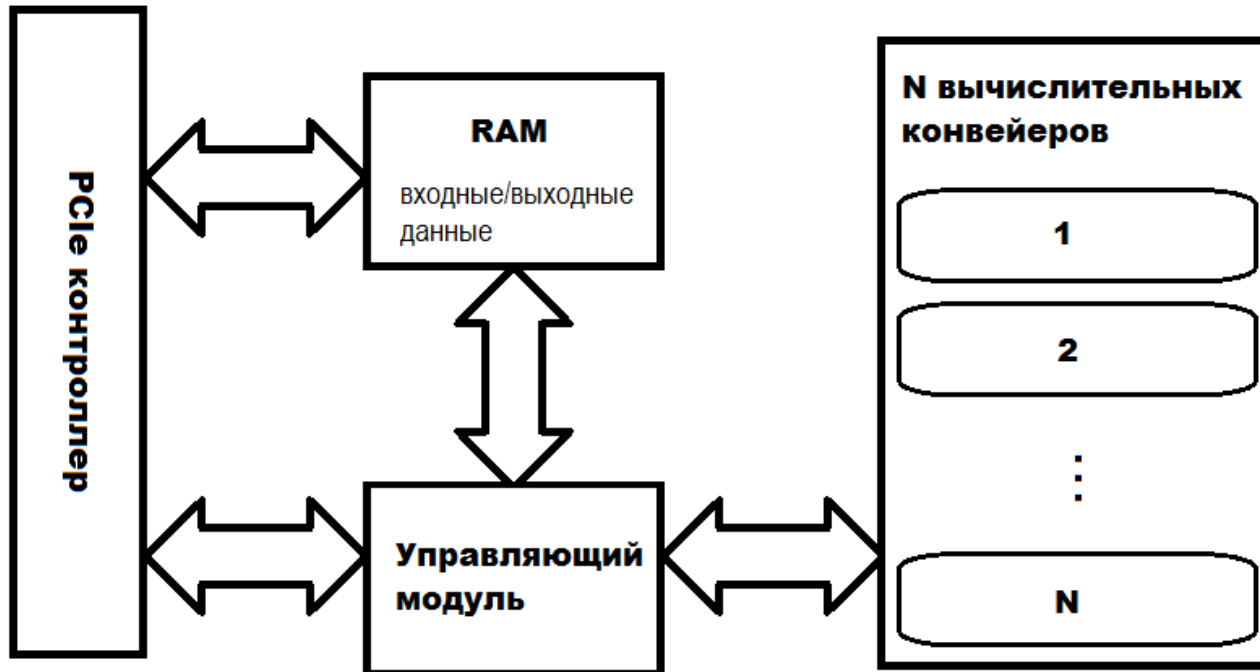
Проектирование комплекса

Общая схема программно–аппаратного комплекса:



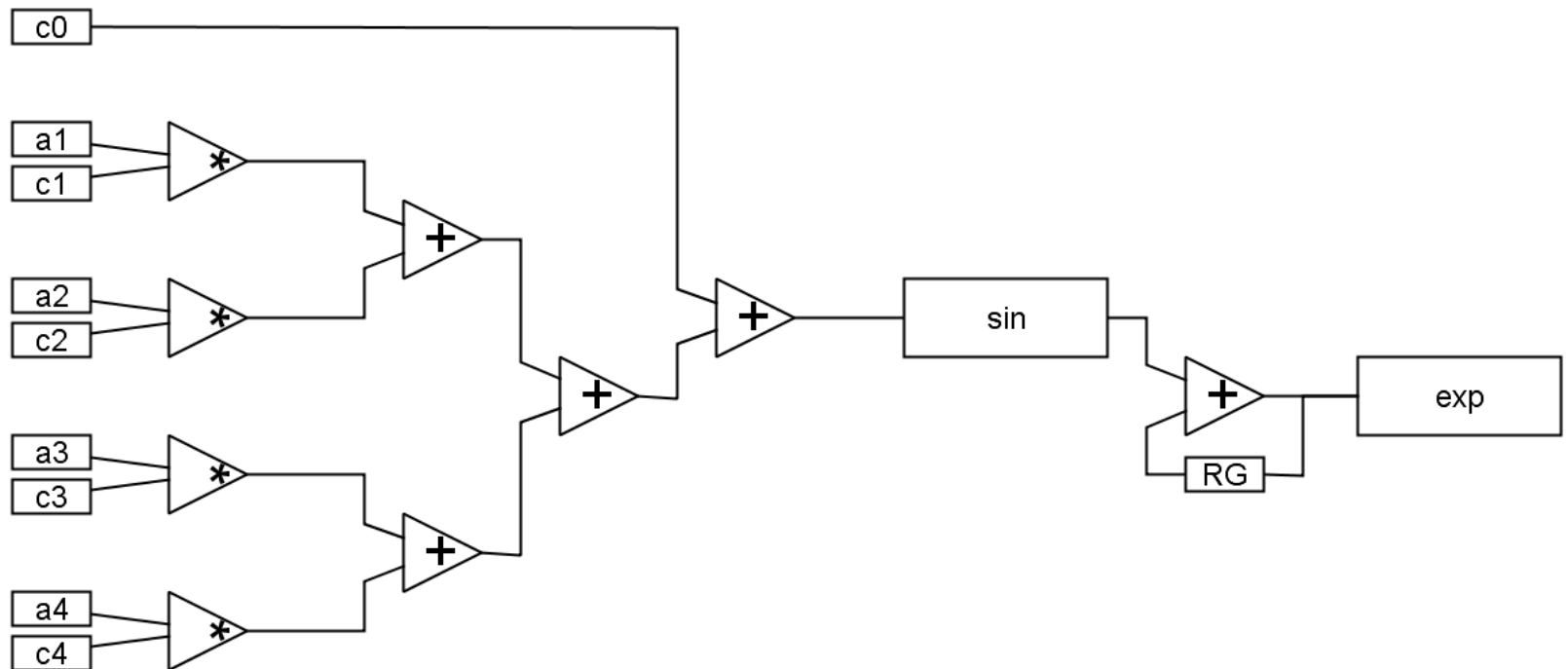
Проектирование комплекса

Логическая структура аппаратной части комплекса:

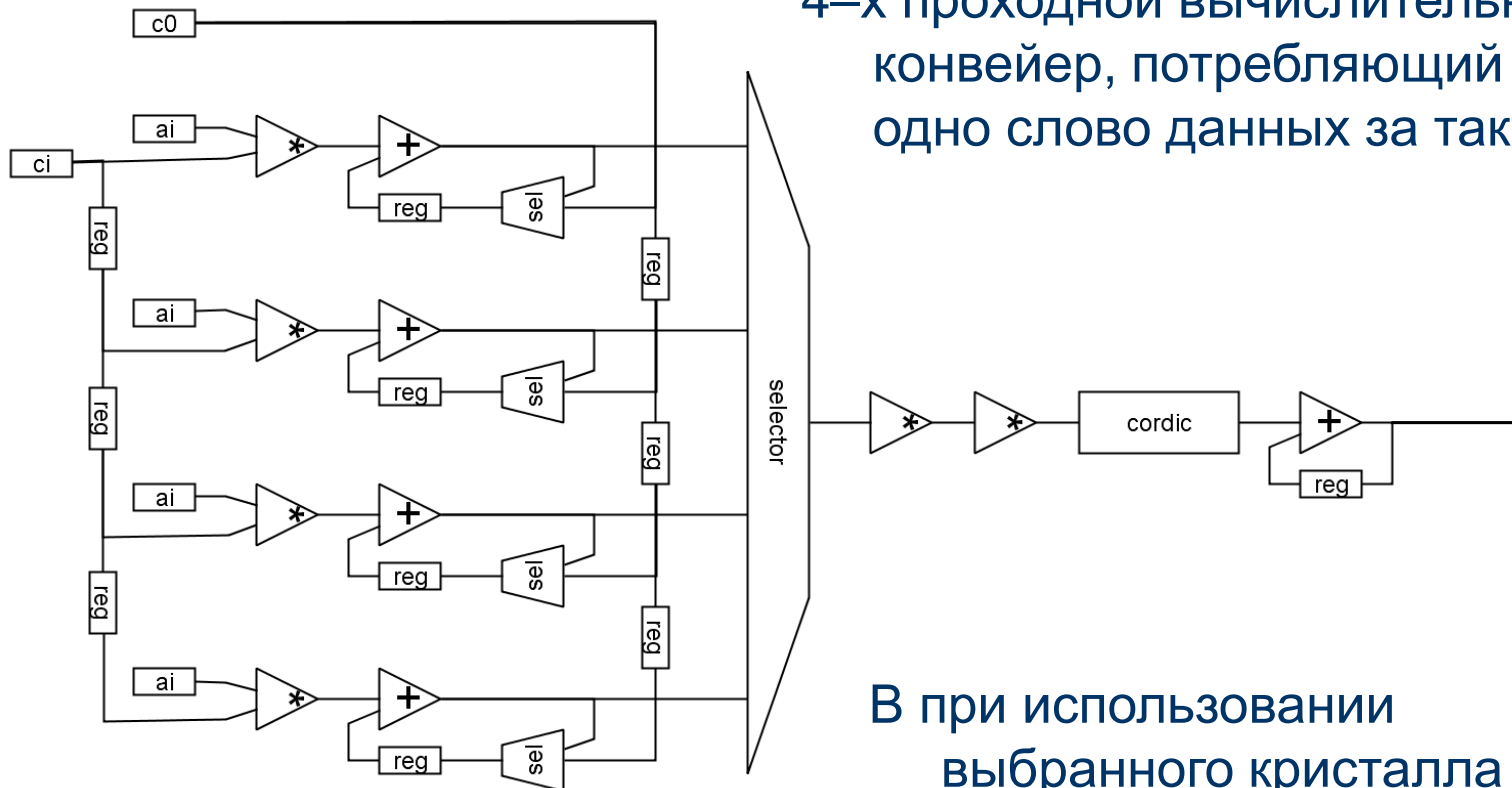


Проектирование комплекса

Вычислительный конвейер одного зонда:



Проектирование комплекса



4-х проходной вычислительный конвейер, потребляющий одно слово данных за такт:

В при использовании выбранного кристалла нецелесообразен.

Проектирование комплекса

- ◆ Единица масштабирования – блок из девяти вычислительных конвейеров сумм Sz
- ◆ Один блок вычисления экспоненты на всё устройство
- ◆ Отсутствие необходимости в использовании динамической памяти, отсутствие контроллера памяти на кристалле
- ◆ Для вычисления синуса и экспоненты используется алгоритм поворота вектора CORDIC
- ◆ Основной используемый формат данных – 32bit fixed point

Вспомогательное ПО

- ◆ PCI-е драйвер устройства для семейства операционных систем MS Windows с поддержкой DMA
- ◆ Библиотека функций-обёрток вида

HRESULT solve(const double* input, double* output);

Результаты

Характеристики разработанного вычислительного конвейера:

Slice registers	41135
LUTs	40296
36k RAMBs	45
DSP48E1	279
Тактовая частота	125 MHz

	CPU, Intel Core i7-3770 @ 3.40GHz	Минимальное требование к комплексу	XC6VSX315T	XC7VX690T
Скорость решения обратной задачи, точек в секунду	30 тыс.	25 тыс.	480 тыс.	1.5 млн

Публикации

1. Лысаков К.Ф., Персов Е.М. *Высокопроизводительная обработка данных электромагнитного каротажа с помощью ПЛИС* // VI Международная научно-техническая конференция «Информационные технологии в науке, образовании и производстве», г. Орёл, 22-23 мая 2014 г.
2. Лысаков К.Ф., Персов Е.М. *Решение нейросетевой прямой задачи ВИКИЗ с помощью ПЛИС* // Международная научно-техническая конференция «Инновационные наукоёмкие технологии», 15 мая 2014 г.



Спасибо за внимание