

*А.В. ИВАШКО*, канд. техн. наук, *Д.А. ЛУНИН* (г. Харьков)

## **К ОЦЕНКЕ СЛОЖНОСТИ ПЛИС-РЕАЛИЗАЦИЙ ПРОЦЕССОРОВ БЫСТРЫХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ**

У статті розглянуті методи побудови структур процесорів швидких теоретико-чисельних перетворень, які можуть виявитися корисними для оцінки спектрально-кореляційних характеристик сигналів. При виборі структур бралася до уваги можливість їх реалізації на основі ПЛІС технологій. Приведені кількісні оцінки апаратної складності і продуктивності процесорів для різних порядків моделей.

The methods of construction of fast number theoretic transforms processors structures which can be useful for the estimation of spectral-correlation properties of signals are considered in the article. At the choice of structures possibility of their realization on basis FPGA was taken into account. The quantitative estimations of productivity of processors are resulted for the different orders of models.

При обработке сигналов во многих случаях приходится измерять спектры дискретных сигналов. Так, в задачах распознавания речи, в системах сжатия речевых сигналов, в гидроакустических и радиолокационных системах спектральный анализ обычно является основной задачей.

Существует большое количество алгоритмов, которые решают основную задачу спектрального анализа – оценивание спектральной плотности мощности. Классические методы имеют широкую область применения, но проигрывают по качеству оценивания авторегрессионным методам и методам, основанным на собственных значениях. Однако в реальном масштабе времени использование альтернативных методов затруднено из-за вычислительной сложности. Наиболее трудоемкой частью многих алгоритмов спектрального анализа, является вычисление автокорреляционных функций (АКФ) сигнала. При этом задача усложняется неизбежным снижением точности за счет эффектов округления и переполнения разрядной сетки.

Поэтому были предложены так называемые теоретико-числовые преобразования (ТЧП), у которых промежуточные результаты вычислений принимают только квантованные «неправильные» значения. Однако если правильный конечный результат гарантирован, тот факт, что промежуточные результаты были неверны, не имеет никакого значения.

Схема вычисления АКФ с помощью ТЧП была рассмотрена в [3]. Она сводится к вычислению ТЧП анализируемых последовательностей, перестановке отсчетов, поэлементному модульному перемножению и обратному ТЧП. В процессе вычисления ТЧП необходимо хранить два типа данных: входные данные, над которыми производится преобразование и данные, представляющие собой константные значения матрицы ТЧП. Т.к.

количество входных отсчетов имеет большую величину (для реальных видео- и аудиосигналов до нескольких тысяч), а, следовательно, и матрица преобразования имеет такую же размерность, то хранение значений этих двух типов данных предлагается хранить в отдельных модулях памяти: ОЗУ и ПЗУ.

Структурная схема устройства, обеспечивающего вычисление ТЧП, представлена на рис. 1. Преобразование начинается после подачи сигнала *START*. На каждом этапе вычисления «бабочки», устройство управления (*CU*) считывает по сгенерированным адресам из ОЗУ (*RAM*) и ПЗУ (*ROM*) входные данные и константы матрицы преобразования соответственно. Далее эти значения устройство управления отправляет на арифметико-логическое устройство (*ALU*), после чего данные отправляются в ОЗУ до очередного этапа вычисления «бабочки». После окончания преобразования выдается сигнал *FINISH*. Результат преобразования будет находиться в ОЗУ. Вход *C* служит для тактирования процесса преобразования.

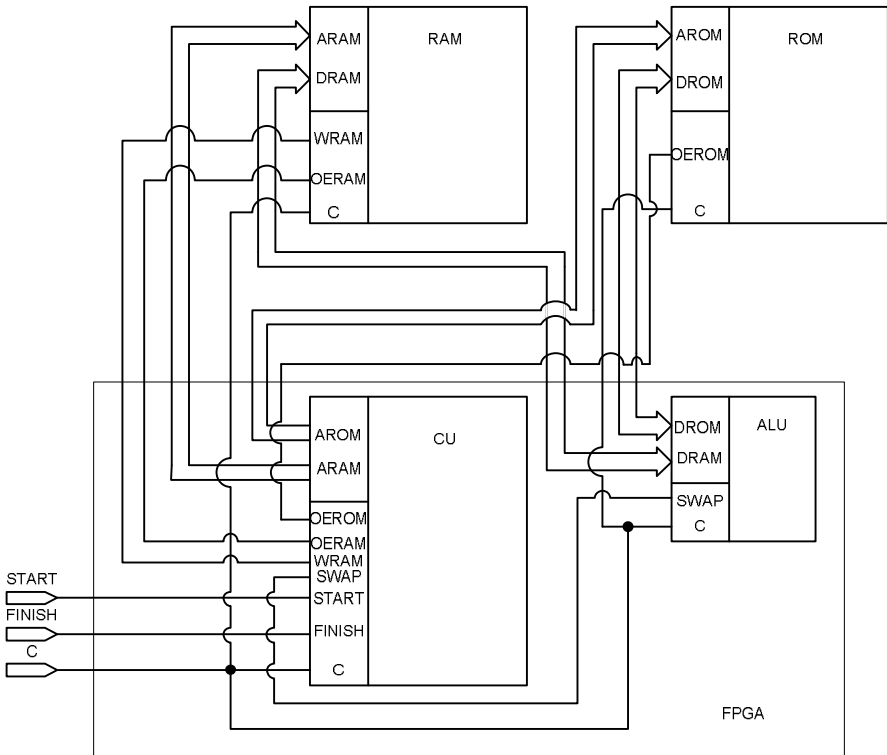


Рис. 1. Структурная схема процессора быстрого ТЧП

Цель статьи заключается в сравнении сложности ПЛИС-реализации быстрого ТЧП, реализация которого представлена на рис. 1 и процессора обычного ТЧП, рассмотренного в [4].

Для аппаратной реализации *CU* и *ALU* были выбраны программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Описание моделей алгоритмов выполнялось на языке *VHDL*, который обеспечивает компактную запись для проектируемой схемы и обеспечивает значительное сокращение трудоемкости и сроков разработки больших схем.

Моделирование схемы вычисления ТЧП велось с применением программного пакета *Active-HDL* 6.1. Синтез *HDL*-кода выполнялся при помощи пакета *FPGA Express*, который транслирует и оптимизирует описание на *HDL*-коде на вентиляльном уровне. Реализация синтезированного кода на ПЛИС велась в пакете системы проектирования *Altera Maxplus II 10.1 BASELIN* на чипе *EPF10K70RC240-2* семейства *FLEX 10K*, в результате чего была получена степень использования ПЛИС.

Временные диаграммы, подтверждающие достоверность работы ПЛИС-модели устройства ТЧП приведены на рис. 2. Для наглядности рассмотрен простейший случай  $N = 4$ . На диаграммах приведены последовательности адресов, обеспечивающие двоично-инверсную перестановку данных и результаты вычисления “бабочек” ТЧП. Для случаев более высокой размерности (8-512) результаты аналогичны

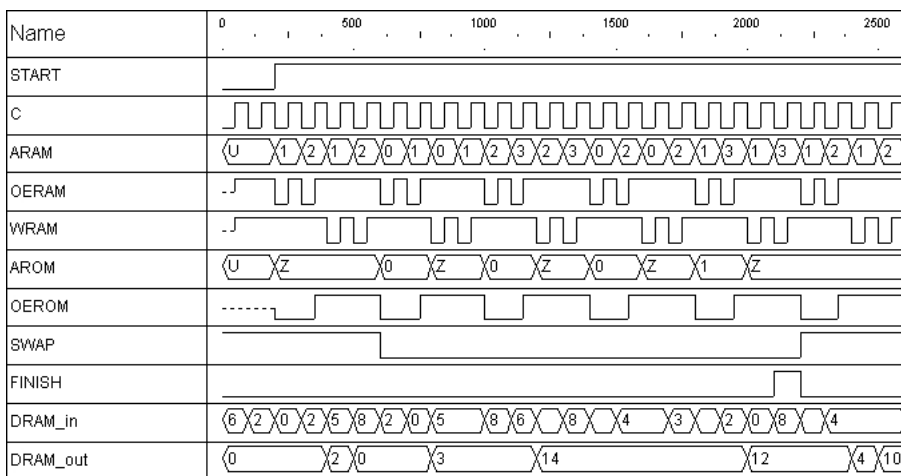


Рис. 2. Временные диаграммы работы устройства быстрого вычисления ТЧП

Построение ПЛИС-моделей в соответствии со структурной схемой расчета ТЧП позволило получить результаты, представленные на рис 3.

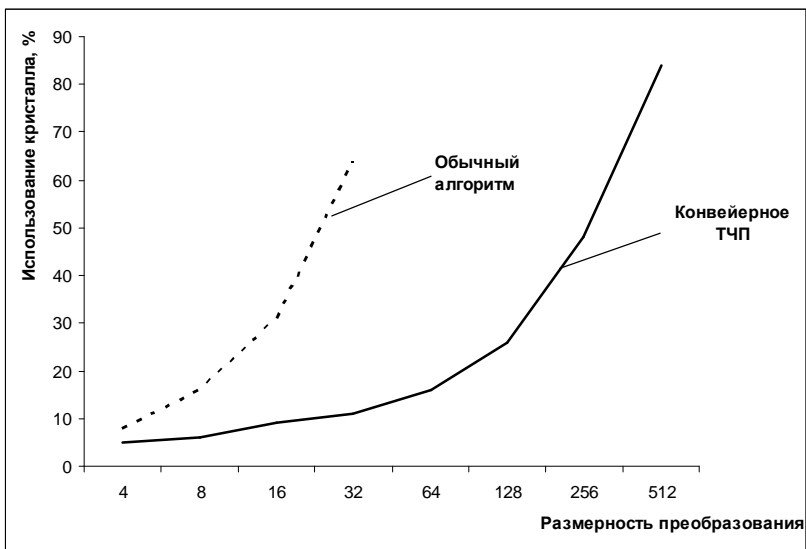


Рис. 3. Зависимость относительных используемых ресурсов ПЛИС от порядка модели

Из рис. 3 видно, что алгоритм, основанный на быстром преобразовании, требует существенно меньше места на ПЛИС. Очевидно, что применение этого алгоритма оправдано при больших размерах порядка модели ( $>128$ ).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что за счет применения быстрых алгоритмов вычисления возможно существенное увеличение порядка модели известных алгоритмов ТЧП.

Моделирование устройств быстрого ТЧП на основе ПЛИС показывает, что для больших  $N$ , несмотря на применение быстрых алгоритмов, время и аппаратные затраты принимают недопустимо большие значения. Поэтому дальнейшей перспективой является оптимизация структур быстрого ТЧП по критериям быстрей действия и степени использования ПЛИС.

**Список литературы:** 1. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов.- М.: Мир, 1990.- 850 с. 2. Ахмед Н., Рао К.Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов.- М.: Связь, 1980.- 248 с. 3. Ивашко А.В., Луни Д.А. Оценка автокорреляционных функций с использованием теоретико-числовых преобразований. – Вестник НТУ «ХПИ».- 2005.- № 7, с. 64-67. 4. Ивашко А.В., Луни Д.А. Сравнительная оценка ПЛИС-реализаций устройств оценивания автокорреляционных функций с использованием теоретико-числовых преобразований. – Вестник НТУ «ХПИ».- 2007.- № 37, с. 48-51

Поступила в редколлегию 18.12.08