

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ FPGA-ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Малиновский М. Л.<sup>1</sup>, Аленин Д. А.<sup>2</sup>, Барсов В. И.<sup>2</sup>, Коноваленко Н. В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко (г. Харьков),

<sup>2</sup> Украинская инженерно-педагогическая академия (г. Харьков),

<sup>3</sup> Научно-производственное предприятие "Стального" (г. Харьков)

*Предложена архитектура цифровой системы, реализованной на основе FPGA, которая позволяет повысить эффективность проектирования программно-аппаратных комплексов для ответственного применения.*

**Постановка задачи.** Нет сомнений в том, что проблемы, связанные с построением систем критического применения, в обозримом будущем не утратят своей актуальности. Это обусловлено такими очевидными причинами, как высокая ответственность выполняемых функций управления, растущие требования к показателям безопасности и сложность систем. Не последнюю роль в этом играет быстрое моральное и физическое старение микросистемной элементной базы, на основе которой строятся современные системы автоматизации. Специалисты, как правило, называют эту элементную базу микропроцессорной, упуская из виду, что многие микросистемные компоненты, выполняющие сложные операции обработки данных, вовсе не содержат микропроцессорных узлов. К таким компонентам, в частности, относятся программируемые пользователем вентильные матрицы – FPGA, которые в последние годы успешно и все более широко применяются как альтернатива микропроцессорным средствам, в том числе в системах, связанных с безопасностью.

Несмотря на то, что преимущества FPGA давно подтверждены практическим использованием в атомной энергетике, космических системах и других областях, связанных с безопасностью, в системах железнодорожной автоматики эта элементная база ещё не получила широкого распространения. Невысокие темпы внедрения FPGA-технологий на ж.д. транспорте обусловлены многими факторами, в том числе недостаточностью проработки теоретических положений, дефицитом специалистов, отсутствием средств автоматизированного проектирования программного обеспечения для систем ж.д. автоматики на основе FPGA и т.д. В связи с этим задача разработки моделей и методов проектирования специализированных средств автоматизированного проектирования программного обеспечения для систем железнодорожной автоматики является актуальной.

**Анализ публикаций.** Обоснование применения FPGA на основе рассчитанных рисков в системах критического применения представлено в [1]; методы построения цифровых систем железнодорожной автоматики описаны в [2]; проблемы построения вычислительных систем, связанных с безопасностью, рассмотрены в [3].

**Целью исследования,** проводимого авторами, является разработка архитектуры цифровой системы

на основе FPGA для создания четырёхъядерного центрального вычислительного модуля комплекса программно-аппаратных средств железнодорожной автоматики.

**Основные материалы исследования.** FPGA (Field-Programmable Gate Array) – полупроводниковое устройство, которое может быть сконфигурировано производителем или разработчиком после изготовления. Наиболее часто употребляемый русскоязычный аналог – ПЛИС: программируемые логические интегральные схемы.

В отличие от обычных цифровых микросхем и микропроцессоров, логика работы FPGA не определяется при изготовлении, а задаётся путём программирования (проектирования).

Проектирование архитектуры FPGA, как правило, выполняется на так называемых языках описания аппаратуры. С точки зрения внешнего наблюдателя этот процесс ничем не отличается от традиционного программирования.

Указанные отличия FPGA определяют их важнейшие преимущества по сравнению с микропроцессорами и устройствами на их основе (промышленными компьютерами и контроллерами):

- глубокая оптимизация внутренней структуры;
- минимальная аппаратная и программная избыточность;
- повышение надёжности;
- повышение производительности;
- повышение тестопригодности;
- упрощение верификации.

Данные преимущества оказывают существенное влияние на функциональную безопасность и становятся определяющими при выборе элементной базы для построения систем критического применения.

Рядом ведущих специалистов в области безопасности были проведены исследования по оценке рисков, связанных с применением микропроцессорных средств и FPGA в системах критического применения. Результатом этих исследований стало появление научно-технического отчёта [1], в котором представлена таблица рисков, отражающая преимущества FPGA по сравнению с микропроцессорами. Риски разбиты на три группы: связанные со свойствами объектов, с реализацией процессов жизненного цикла и специфические риски, связанные с реализацией схемотехнических решений на базе FPGA. Общий вывод, вытекающий из таблицы, заключается в том, что применение FPGA как альтерна-

тивы микропроцессорам позволяет снизить 10 из 16 видов рисков, связанных с внедрением новых систем критического применения.

В табл. 1 приведены примеры использования FPGA-технологий в системах, связанных с безопасностью[1].

Таблица 1 – Применение FPGA в системах, связанных с безопасностью

Военная техника	- ракетно-космические системы управления APACHE, COMANCHE, B-52, F-14, F-15, F-16, F-18; - системы радиоэлектронной борьбы; - системы управления запуском и наведением ракет; - системы управления радарам; - система управления танком ABRAMS; - системы запуска и наведения ракет PATRIOT, TOMAHAWK, STINGER.
Космическая техника	- системы управления ARIAN-5 - системы управления Space-Shuttle и др.
Авиация	- системы управления Boeing 737, 777; - бортовые системы АН-70, АН140, связанные с безопасностью.
Атомная энергетика	- системы обеспечения безопасности атомных электростанций.
Железнодорожный транспорт	- объектные контроллеры МПЦ "Движение", аппаратура ТРЦ разработки КОМАГ-Б, расширитель центрального процессора МПЦ производства ОАО "Радиоавионика", диспетчерская централизация "Каскад"

одним из производителей в качестве основного средства для реализации логических зависимостей микропроцессорной централизации (МПЦ) и автоблокировки (АБ) в системах железнодорожной автоматики.

Компанией "Стальэнерго" и авторами этой статьи в рамках создания комплекса программно-технических средств железнодорожной автоматики и телемеханики "СТРЕЛА-10" разработана линейка устройств на основе FPGA. К этой линейке относятся концентраторы связи верхнего и нижнего уровней и центральный вычислительный модуль (ЦВМ) с четырехъядерной архитектурой. Четыре ядра ЦВМ объединены по схеме резервирования "два дублированных канала".

В каждом ядре на основе FPGA реализована цифровая система, архитектура которой приведена на рис. 1.

В данной архитектуре предусматривается параллельное выполнение многих процессов, связанных с передачей и обработкой данных, что практически невозможно реализовать на основе микропроцессоров. В результате распараллеливания алгоритмов производительность системы возрастает в десятки раз, благодаря чему решается проблема быстрейшего действия систем автоматики, что чрезвычайно актуально для линий скоростного движения.

На рис. 2 показана диаграмма состояний ядра логики ЦВМ. Диаграмма состоит из 6-и основных состояний, в которых осуществляется реализация всех необходимых функций: реализация логических зависимостей, обмен данными с объектами контроля и управления, межъядерный обмен, самодиагностика. В случае нарушения критериев безопасности ядро переходит в необратимое безопасное состояние (Safe State).

До недавнего времени FPGA не использовались ни

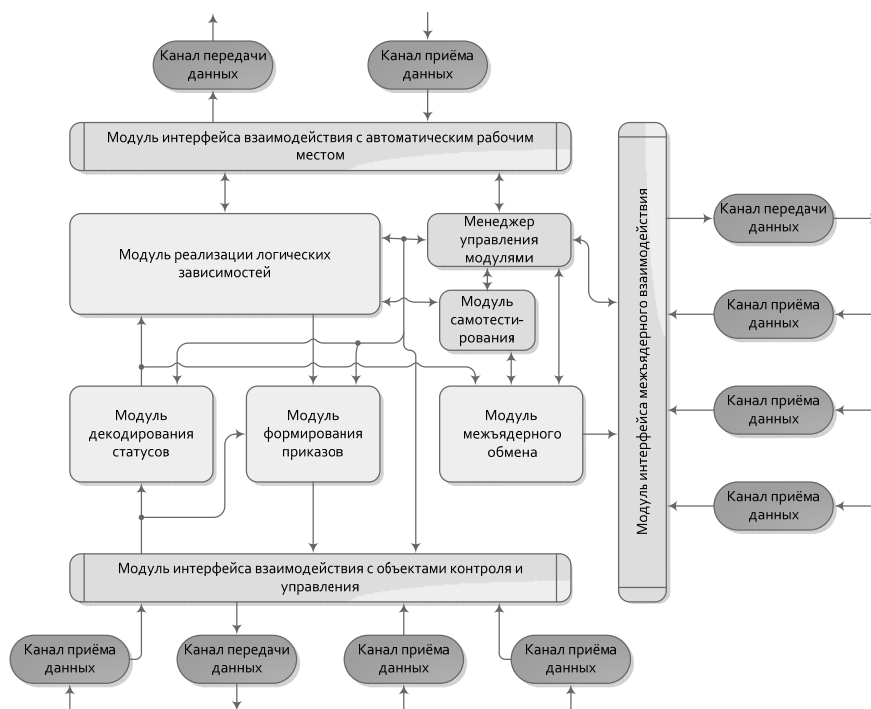


Рисунок 1 – Архитектура цифровой системы, реализованной на основе FPGA в ЦВМ комплекса "СТРЕЛА 10"

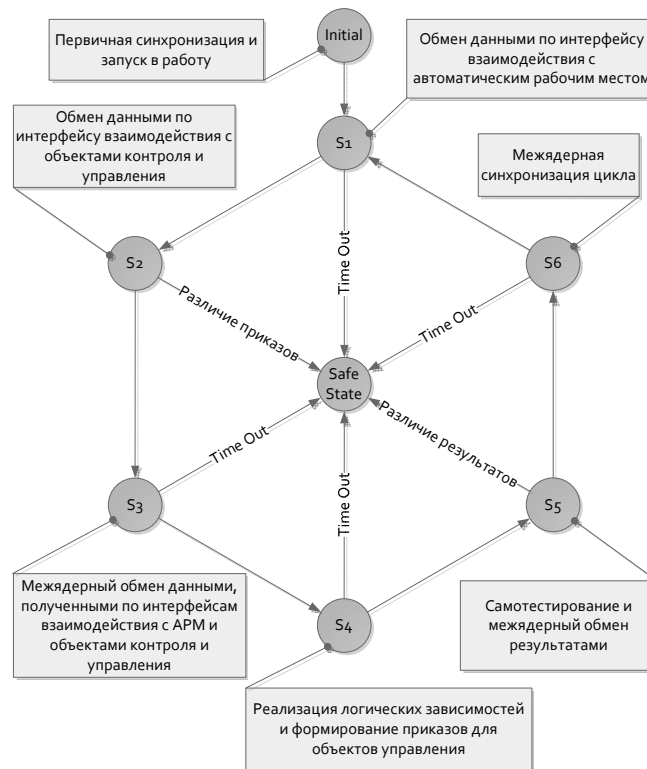


Рисунок 2 – Диаграмма состояний одного ядра логики ЦВМ

С целью автоматизации проектирования систем ЖАТ специалистами НПП "Стальэнерго" разработана среда проектирования программного обеспечения ЦВМ, основанная на автоматическом преобразовании табличных моделей логики МПЦ и АБ, в автоматные и затем в код прошивки кристалла FPGA. Среда проектирования содержит несколько табличных редакторов, которые позволяют описать логику МПЦ или АБ путём заполнения таблиц специальной формы. После заполнения таблиц код прошивки FPGA формируется автоматически.

**Выводы.** Технические характеристики и широкий диапазон возможностей FPGA могут быть успешно использованы разработчиками для создания современных систем железнодорожной автоматики на всех уровнях иерархии: от объектных контроллеров до центральных вычислительных модулей. В первую очередь преимущества FPGA-технологий являются востребованными на линиях скоростного движения, где предъявляются повышенные требования к быстродействию, надёжности и безопасности систем автоматики.

#### Список использованных источников

1. Сравнительный анализ применения ПЛИС и микропроцессоров при разработке информационно-управляющих систем, важных для безопасности АЭС // Научно-технический отчёт. НАУ им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", НТСКБ "Полисвіт", ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, ИПММС НАН Украины. – 2005. – 47с.

2. Сапожников, В.В. Методы построения безопасных микроэлектронных систем ж.д. автоматики /В.В. Сапожников и др.. М.: Транспорт , 1995, 273с.

3. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие. - М.: Инфра-Инженерия, 2008. -928 с.

4. Малиновский М. Л. Управление объектами критического применения на основе ПЛИС: моногр. / М. Л. Малиновский. – Х.: Факт, 2008. – 224 с., 67 ил.

#### Анотація

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ FPGA-ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Малиновський М.Л., Алєнін Д.О., Барсов В.І., Коноваленко Н.В.

*Запропонована архітектура цифрової системи, що реалізована на основі FPGA, котра дозволяє підвищити ефективність проектування програмно-апаратних комплексів для відповідальних застосувань.*

#### Abstract

### PROSPECTS OF USING FPGA-TECHNOLOGY IN RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS

M. Malinovsky, D. Alenin, V. Barsov, N. Konovalenko

*The architecture of digital system based on FPGA which improves the efficiency of designing of hardware-software complexes for critical application is proposed.*