

## МОДЕЛЬ КОНВЕЙЕРНОГО АВТОМАТА УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Малиновский М. Л.<sup>1</sup>, Пушкар А. Н.<sup>2</sup>, Аленин Д. А.<sup>2</sup>, Конищева А. П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко,

<sup>2</sup> Научно-производственное предприятие "Стальэнерго" (Харьков)

*Предложена модель конвейерного вычислителя, реализованная на основе ПЛИС, которая позволяет повысить эффективность управления объектами железнодорожной автоматики.*

**Постановка задачи.** В последние годы наблюдается всё более широкое применение микроэлектронных компонентов при создании систем железнодорожной автоматики. При этом наряду с микропроцессорными средствами применяются программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). По сравнению с микропроцессорами и устройствами на их основе (промышленными компьютерами и контроллерами) ПЛИС имеют преимущества, оказывающие существенное влияние на показатели функциональной безопасности, что нередко играет решающую роль при выборе элементной базы для построения систем железнодорожной автоматики.

Многие качественные показатели проекта (такие как сложность, надежность, безопасность, быстродействие) в значительной степени определяются архитектурой цифровой системы, реализуемой средствами ПЛИС. Архитектура может проектироваться либо на основе универсальных микропроцессорных компонентов, сгенерированных на кристалле ПЛИС, либо на основе специализированных компонентов, разработанных для выбранного класса задач. В последнем случае специализированные компоненты могут иметь параллельную архитектуру и обеспечивать параллельную обработку информации либо обрабатывать информацию последовательно с применением специальных вычислителей последовательного действия.

Авторами статьи на практике были апробированы варианты использования специализированных средств. Параллельная реализация алгоритмов управления была применена к небольшим объектам железнодорожной автоматики (малым станциям). Преимуществом данной реализации являются высокие показатели производительности вычислительных средств. В то же время попытки использовать данный вариант при проектировании систем управления средними и крупными станциями были неудачны из-за аппаратных ограничений ПЛИС: количество требуемых регистров, комбинационных схем и связей между ними существенно превышало их количество в современных кристаллах интегральных схем. Вариант реализации логических зависимостей железнодорожной автоматики на основе специализированных вычислителей последовательного действия с элементами распараллеливания за счет конвейеризации требует значительно меньших аппаратных ресурсов и может

быть реализован на имеющихся на сегодняшний день образцах ПЛИС. В связи с этим задача разработки модели конвейерного автомата управления объектами железнодорожной автоматики является актуальной.

**Анализ публикаций.** Обоснование применения ПЛИС в системах критического применения представлено в [1]; методы построения цифровых систем железнодорожной автоматики описаны в [2]; архитектура цифровых систем на основе ПЛИС рассмотрена в [3].

**Целью исследования,** проводимого авторами, является разработка модели конвейерного автомата управления объектами железнодорожной автоматики.

**Основные материалы исследования.** Модель конвейерного вычислителя состоит из модуля управления и нескольких однотипных вычислительных блоков. Общие задачи для всех вычислительных блоков следующие:

- определение текущего состояния объекта;
- определение количества связей данного объекта с объектами других типов (конфигурация, ROM);
- конвейерная обработка информации, включающая в себя чтение состояний объектов, указанных в конфигурации, дальнейшую обработку этих данных и буферизацию результатов. Конвейерная обработка производится циклически для всех объектов, указанных в конфигурации;
- формирование нового состояния для текущего объекта и запись его в память;
- переход к следующему объекту данного типа (возврат к п. 1).

Разработанная модель конвейерного вычислителя предусматривает наличие неизменяемой аппаратной структуры вычислителя (независимо от выбранного объекта автоматизации) и изменяемой части, которая определяется конфигурацией памяти типа ROM, зависящей от путевого развития станции.

Применительно к задаче реализации алгоритмов управления объектами железнодорожной автоматики можно выделить 6 однотипных вычислительных блоков: блок управления маршрутом, стрелкой, светофором, секцией, перегоном и приемоотправочным путем.

Математическая модель модуля управления описывается кортежем, состоящим из множеств входных и выходных сигналов, состояний, функций переходов и выходов:

$$CSA = \{F, S, \delta, W, \lambda\},$$

где  $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$  - множество входов автомата CSA с алфавитами  $F_1 = \{f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1z1}\}, \dots, F_n = \{f_{n1}, f_{n2}, \dots, f_{nzn}\}$ ;

$S = \{s_0, s_1, s_2, \dots, s_m\}$  - множество состояний автомата, причем  $s_0$  является начальным состоянием;

$\delta$  - функция переходов:

$$S = \delta(F, S);$$

$W$  - выход автомата с алфавитом  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ ;

$\lambda$  - функция выходов:

$$W = \lambda(F, S).$$

Рассмотрим циклограмму работы блока конвейерной обработки данных маршрута (рис. 1). Для маршрута с номером  $n$  на первом такте работы происходит чтение конфигурации, в которой указаны все связи данного объекта с объектами других типов. Каждый маршрут имеет связь с объектами типа стрелка и секция, состояния которых хранятся в разных вычислительных блоках. Таким образом,

функции, зависящие от состояний этих объектов ( $F_{стр}$  и  $F_{сек}$ ), могут быть вычислены в параллельных процессах, а время обработки одного маршрута в тактах сократится с  $N_{стр} + N_{сек}$  ( $N_i$  - количество связей с объектом типа  $i$ ) до  $N_{max}$ . После чтения конфигурации в каждом такте происходит конвейерная обработка информации: выдача команды (адреса) на чтение состояния объектов типа стрелка и секция, преобразование считанных данных на предыдущем такте с помощью функций  $F_{стр}$  и  $F_{сек}$ , отражающих логику работы маршрута, сохранение результатов для использования в следующем такте. После  $N_{max}$ -тактов будут вычислены функции  $F_{стр}$  и  $F_{сек}$ , необходимые для формирования нового состояния маршрута  $n$ . Далее осуществляется запись нового состояния в память и переход к маршруту с номером  $(n+1)$ .

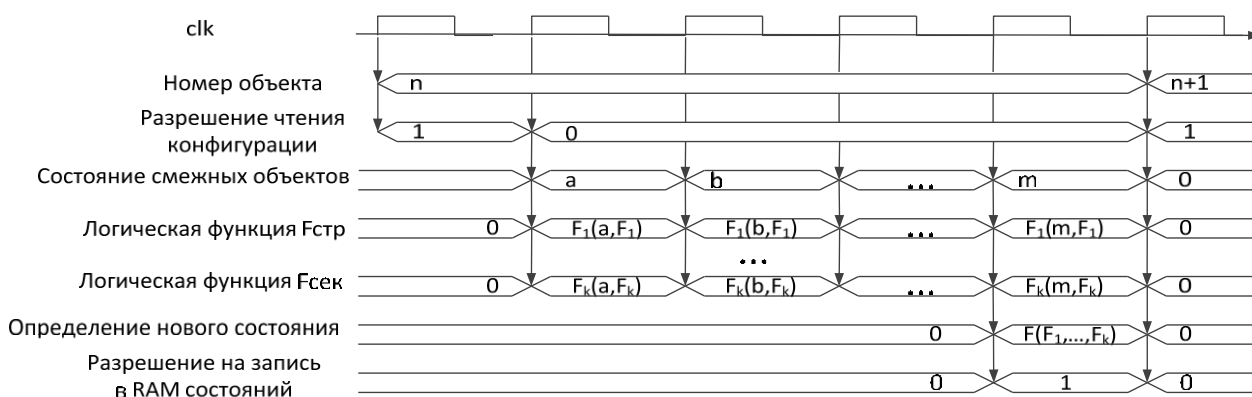


Рисунок 1 – Динамическая модель конвейерного вычислителя

**Выводы.** Модель конвейерного автомата может успешно использоваться разработчиками для проектирования систем управления объектами железнодорожной автоматики. В качестве преимущества следует выделить простой процесс конфигурации, не требующий изменения цифровой системы на RTL-уровне.

#### Список использованных источников

1. Сравнительный анализ применения ПЛИС и микропроцессоров при разработке информационно-управляющих систем, важных для безопасности АЭС // Научно-технический отчет. НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», НТСКБ «Полисвет», 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. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем на основе программируемых логических интегральных схем. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. – 636 с.

4. Электрическая централизация стрелок и светофоров: Учебное иллюстрированное пособие для вузов ж.-д. транспорта/ Под ред. В. В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2002. – 168с

#### Анотація

### МОДЕЛЬ КОНВЕЙЕРНОГО АВТОМАТА КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

Малиновський М. Л., Пушкар О. М., Аленін Д. О., Коніщева А. П.

*Запропонована модель конвейерного обчислювача, що реалізована на основі ПЛИС, котра дозволяє підвищити ефективність керування об'єктами залізничної автоматики*

#### Abstract

### CONVEYOR-MACHINE MODEL FOR RAILWAY AUTOMATION SYSTEMS

M. Malinovsky, O. Pushkar, D. Alenin, A. Konischeva

*The model of the conveyor calculator based on FPGA which improves the efficiency of control in railway automation systems is proposed.*