

УДК 004.43

**М.І. МАЛИНОВСКИЙ, И.А. ФУРМАН, А.Ю. АЛЛАШЕВ,  
А.П. КОНИЩЕВА, А.В. СВЯТОБАТЬКО***Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко*

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ТАБЛИЧНЫХ ЯЗЫКОВ ОПИСАНИЯ АППАРАТУРЫ

*Указаны преимущества табличных конструкций для описания цифровых устройств на основе ПЛИС. Предложена концепция создания языков описания аппаратуры. Сформулированы принципы построения, перечислены требования к языкам с учетом их ориентации на описание цифровых устройств и использование табличных конструкций. Предложена классификация выразительных средств табличных языков описания аппаратуры. Перечислены возможности, которые позволяют придать табличному языку гибкость и универсальность. Создание табличных средств проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС является мощным перспективным направлением для повышения качественных характеристик программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** ПЛИС, HDL, THDL, табличный язык программирования, языки с ограниченной варьируемостью, метапрограммирование.

### Введение

Современный этап развития методов и средств проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС характеризуется обострением противоречия между растущей сложностью и жесткими требованиями к качественным характеристикам программного обеспечения. При этом известные текстовые средства описания (языки описания аппаратуры HDL), которым свойственны одномерные формы представления алгоритмов, имеют высокий уровень универсальности за счет наличия развитых конструкций структурного и поведенческого программирования, тогда как двумерные графические средства структурного (в виде блок-диаграмм) или поведенческого (в виде диаграмм состояний) программирования значительно превосходят текстовые в наглядности представления алгоритмов, но имеют ограниченные возможности и область применения.

В ряде работ отмечены преимущества свойств регулярности, которые одновременно присущи и табличным конструкциям, и микроэлектронным структурам. Учитывая двумерную природу табличных конструкций и значительные возможности в части создания выразительных средств, которые охватывают широкий диапазон задач проектирования цифровых устройств, следует ожидать, что именно табличные языки имеют перспективу достижения высоких показателей качества, недостижимых текстовыми средствами, и уровня универсальности, недостижимого графическими средствами программирования. В связи с этим представляется целесообразным решение научно-прикладной пробле-

мы разработки методов построения и моделей табличных средств HDL-синтеза цифровых устройств и создания табличного языка описания аппаратуры, соответствующих инструментальных средств и технологии его использования. **Целью статьи** является разработка концепции создания языка проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС, в котором выразительные средства имеют двумерную табличную структуру.

### 1. Базовая формулировка концепции

Предлагается следующая формулировка концепции создания языков описания аппаратуры:

*Поиск эффективных решений по созданию языков описания аппаратуры следует искать на пересечении подходов, которые будем называть «от архитектуры» и «от первичных форм описания», подразумевая архитектуру типовых цифровых компонентов и первичные слабоформализованные средства описания алгоритмов.*

Основаниями данной концепции являются диалектические предпосылки развития языков программирования, которые должны одинаково хорошо согласовываться как с аппаратными средствами (в частном случае – ПЛИС), так и с самим разработчиком, его психологией и моделями мышления.

### 2. Принципы создания и требования

Стремление к снижению трудоемкости и повышению надежности программирования достигается использованием известных принципов разработки языков: психологическая естественность, ортого-

нальность (отсутствие взаимного влияния между понятиями), единообразии построения программ, простота и наглядность программ при их записи и чтении, легкость расширения и корректировки программ, возможность использования выразительных средств из описательного языка, принятого в рассматриваемом классе задач, минимум конструкций и элементов. Учитывая ориентацию языка на описание цифровых устройств, выделим следующие требования: поддержание методов структурного синтеза, при котором цифровое устройство представляется в виде совокупности взаимосвязанных комбинационных и регистровых схем; поддержание методов абстрактного синтеза, при котором цифровое устройство описывается алфавитами состояний, входных и выходных сигналов и функциями переходов и выходов; поддержание методов высокоуровневого абстрактного синтеза, при котором связи цифрового устройства с внешним миром описываются словарями и правилами формирования предложений (команд, отчетов, сообщений и т.д.); поддержание методов иерархического проектирования цифровых устройств.

Учитывая использование табличных конструкций, укажем, что выразительные средства языка должны восприниматься программистом как техническая документация на проект, оформленная в виде таблиц (параметров, сигналов, алфавитов, условий, действий и т.д.), что обеспечит выполнение принципа психологической естественности.

Еще одно требование, которое авторы выдвигают к табличным языкам описания аппаратуры, состоит в ограничении варьированности. Как известно, использование языков с ограниченной варьированностью является одним из методов повышения надежности программного обеспечения [1]. Ограничение варьированности в табличных языках может быть достигнуто созданием списков символов допустимого набора. Кроме того, некоторые элементы цифровых устройств, такие как сигналы синхронизации и асинхронного сброса, могут быть заранее определены для отдельных компонентов и подключены к соответствующим входам регистров, что позволит пользователю не углубляться в детали реализации элементов памяти и воспринимать их не как отдельные элементы устройства, а как переменные, кодирующие состояния. Некоторые из перечисленных требований противоречат требованию универсальности, которое мы также выдвигаем к табличному языку описания аппаратуры, в связи с чем при разработке потребуется поиск компромиссных решений.

### 3. Описание сигналов

Средства для описания интерфейса и переменных имеют важное значение для эффективности

использования языков программирования. Учитывая двумерную природу табличных форм естественно ввести поддержку описания массивов; сигналы при этом могут быть классифицированы следующим образом: 1) однобитные, которые задаются булевыми значениями 0 или 1; 2) векторные, значения которых задаются числами (двоичными, восьмеричными, десятичными и т.д.); 3) одномерные массивы векторных сигналов, значения которых задаются набором чисел одинаковой разрядности; 4) двумерные массивы векторных сигналов, значения которых задаются двумерным массивом чисел одинаковой разрядности. Учитывая обозначенное выше требование поддержки методов абстрактного синтеза цифровых устройств, помимо двоичных сигналов, значения которых задаются числами или булевыми переменными, следует ввести абстрактные сигналы, значения которых задаются буквами некоторых алфавитов. Алфавиты могут использоваться стандартные (например, INTEGER, в которых буквами являются целые положительные числа, или ROMAN – все буквы латинского алфавита) или специальными, буквы которых должны декларироваться при написании программы.

### 4. Описание условий, действий и состояний

Опираясь на идеи, изложенные в [2], укажем, что всякий язык программирования должен содержать эффективные выразительные средства для двух основных задач: 1) описания условий; 2) описания действий. С учетом методов теории синтеза цифровых автоматов эти задачи также можно дополнить третьей: описания состояний. Вообще говоря, это дополнение не является обязательным, поскольку состояния в программе выступают либо в качестве условий (например, при формировании команд), либо в качестве действий (при реализации переходов). Тем не менее, авторы считают целесообразным использование этой тройки терминов для разработки концепции создания табличного языка описания аппаратуры, поддерживая таким образом стиль мышления, который иногда называют «автоматным» [3].

В качестве выразительных средств языка выступают его конструкции. Классифицируем их по следующим признакам: 1) одномерность/двумерность описания условий, действий и состояний; 2) что описываем: действия, условия или состояния; 3) как описываем: указывая конкретные значения или через логические или арифметические выражения 4) описание с приоритетностью анализа условий (аналог конструкции IF-THEN) или без приоритетности (аналог конструкции CASE).

## Выводы

Табличные описания значительно более наглядны и компактны по сравнению с текстовыми, позволяют разгрузить язык от многих ключевых слов и разделителей. Текст программы в табличном виде имеет много общего с документацией на устройство, в которой информация систематизируется таблицами входов-выходов, условий, действий и т.д., что обеспечивает реализацию принципа психологической естественности. Двумерная природа таблиц обеспечивает эффективность описания переменных, объединяемых в массивы. Эти и другие преимущества указывают на то, что создание табличных средств проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС является мощным перспективным направлением для повышения качественных характеристик программного обеспечения.

## Литература

1. Оценка и обеспечение качества программных средств космических систем / В.С. Харченко, В.В. Скляр, Б.М. Конорев и др.; под ред. Харченко В.С., Конорева Б.М.; Нац. косм. агентство Украины; Гос. центр регулирования качества; Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Х., 2007. – 244 с.
2. Основания программирования / Н.Н. Непейвода, И.Н. Скопин; Ижевск-Москва: Институт компьютерных исследований, 2003. – 868 с.
3. Автоматное программирование / Н.И. Поликарпова, А.А. Шалыто; Питер, 2010. – 176 с.
4. Малиновский М. Л. Управление объектами критического применения на основе ПЛИС: моногр. /М.Л. Малиновский. – Х.: Факт, 2008. – 224 с.

Поступила в редакцию 25.01.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Л. В. Дербунович, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков.

## КОНЦЕПЦІЯ РОЗРОБКИ ТАБЛИЧНИХ МОВ ОПИСУ АПАРАТУРИ

*М.Л. Малиновський, І.О. Фурман, О.Ю. Аллашев, Г.П. Коніщева, А.В. Святобатько*

Вказано переваги табличних конструкцій для опису цифрових пристроїв на основі ПЛИС. Запропонована концепція розробки мов опису апаратури. Сформульовані принципи побудови, перераховані вимоги до мов, зважаючи на їх орієнтацію на опис цифрових пристроїв та використання табличних конструкцій. Запропонована класифікація конструкцій табличних мов опису апаратури. Перелічені можливості, що дозволяють надати табличній мові гнучкості та універсальності.

**Ключові слова:** ПЛИС, HDL, THDL, таблична мова програмування, мови з обмеженою варіюваністю, мета програмування.

## TABULAR HARDWARE DESCRIPTION LANGUAGE CONCEPTION

*M.L. Malinovskyi, I.A. Furman, A.Yu. Allashev, A.P. Konishcheva, A.V. Svatobatko*

Advantages of tabular constructions for description of digital devices based FPGA are showed here. Hardware description language conception is proposed. Constructions creation principles are formulated. Taking into account orientation to digital devices description and usage of tabular constructions requirements to tabular languages are listed. Classification of expressive means of tabular hardware description languages is proposed. Opportunities which can give flexibility and universality to tabular language are listed.

**Key words:** FPGA, HDL, THDL, tabular language, languages with variability limiting, metaprogramming.

**Малиновский Михаил Леонидович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, Украина, e-mail: w818w@mail.ru.

**Фурман Илья Александрович** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, Украина, e-mail: ifurman@ukr.net.

**Аллашев Александр Юрьевич** – ассистент кафедры автоматизации и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, Украина, e-mail: allashev@ukr.net.

**Конищева Анна Павловна** – аспирант кафедры автоматизации и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, Украина, e-mail: lifegood07@rambler.ru.

**Святобатько Андрей Валерьевич** – аспирант кафедры автоматизации и компьютерных технологий Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, Харьков, Украина, e-mail: svyatobatko\_a@inbox.ru.