

УДК 681.3

## Применение метода и средств автоматизированной разработки компиляторов для реализации компилятора языка CMPDL

А. И. Толкачёв

### Введение

Разработка специализированных процессоров обычно осуществляется с помощью языков описания аппаратуры, например, Vhdl или Verilog. Недостатком такого подхода является сложность проектирования и отладки, а также отсутствие высокоуровневых средств разработки программного обеспечения для полученного процессора.

В качестве апробации разработанного автором метода проектирования компиляторов для вычислительных систем с распределенной архитектурой [1, 2, 3] был реализован компилятор языка CMPDL (подмножество языка Си) для архитектуры микропрограммных автоматов. Компилятор автоматически распараллеливает программу на языке CMPDL и синтезирует аппаратную схему, реализующую описанный алгоритм.

Наш метод автоматизированного получения аппаратной схемы, реализующей параллельный алгоритм обработки, может быть использован для проектирования как отдельных устройств встроенных систем, так и блоков специализированных процессоров.

### Язык CMPDL

Язык CMPDL является подмножеством языка Си. Использование в качестве целевой платформы архитектуры микропрограммных автоматов вызывает необходимость расширения синтаксиса и введения некоторых ограничений на возможности языка Си в исходной программе.

Наиболее важными особенностями языка являются:

- возможность использования целочисленных типов произвольной размерности. При генерации аппаратной схемы устройства удобной является возможность указания размерности переменных и внешних контактов. Для этого система типов языка Си была расширена. При объявлении целочисленной переменной можно указать её размерность. Размерность может быть произвольной, например 8 бит, 5 бит, 1 бит, 500 бит. Пример описания переменных с указанием размерности и типов контактов:

```
int __in __bits(8) in, __out __bits(3) out;
```

- в архитектуре микропрограммных автоматов нет единой адресуемой памяти, вместо этого имеется множество регистров произвольной размерности, доступ к которым может осуществляться параллельно. Массивы представляют собой один регистр, обращение к которому осуществляется по индексу элемента. Обращения к одному массиву не могут быть выполнены параллельно. При написании программы для такой архитектуры не эффективно использовать указатели, которые имеются в стандартном языке Си, поэтому в компиляторе они не поддерживаются.

В языке Си существуют возможности, на данный момент отсутствующие в языке MPDL, например, такие типы данных как структуры (struct), союзы (union), многомерные массивы. Большинство этих возможностей можно эффективно реализовать и в MPDL. Принципиальные же ограничения накладываются параллельной архитектурой микропрограммных автоматов. Так, например, отсутствие единой адресуемой памяти делает использование указателей неэффективным.

## Технология проектирования параллельных аппаратных схем

В качестве среды разработки цифровых устройств, реализующих параллельные алгоритмы обработки, может использоваться система высокоуровневого проектирования и отладки цифровых устройств IEESD [4] либо система отладки программного обеспечения встроенных систем WInter.

Для отладки программы на языке CMPDL имеются все возможности отладчиков для языков высокого уровня: пошаговое выполнение, просмотр значений переменных, использование точек останова и т.д. Наличие программной модели процессора микропрограммных автоматов позволяет моделировать работу устройства, алгоритм работы которого описан на языке CMPDL, совместно с устройствами окружения. Кроме этого, с помощью универсального внутрисхемного эмулятора UniCS аппаратная реализация устройства может быть прошита в ПЛИС, что позволяет осуществлять отладку работы реального устройства совместно с устройствами окружения.

Синтезируемое описание аппаратуры на языке Vhdl может быть сгенерировано как для устройства, описанного в CMPDL-программе, так и для всей схемы вместе с устройствами окружения. Полученное Vhdl описание схемы может быть прошито в ПЛИС с помощью специализированного программного обеспечения.

Разработанные алгоритмы и программное обеспечение позволяет проектировать аппаратные схемы, реализующие сложные алгоритмы обработки. Программный комплекс также может использоваться для обучения специалистов в области проектирования цифровых устройств.

### Заключение

Реализация компилятора языка CMPDL для платформы микропрограммных автоматов выполнялась по разработанной технологии, описанной в [1, 2]. Процесс проектирования отличался низкой трудоемкостью и использованием большого количества универсальных блоков. Для создания компилятора в промежуточное представление использовался программный комплекс Unisan. Генератор описания аппаратной схемы использует в качестве входных данных распараллеленное промежуточное представление, получаемое в результате работы универсального распараллеливающего компилятора.

Результаты апробации показали эффективность метода, технологии и программных средств автоматизированной разработки компиляторов языков высокого уровня для вычислительных систем с распределенными ресурсами.

Разработанный компилятор языка CMPDL в описание аппаратной схемы позволяет разработчику быстро проектировать аппаратные устройства, эффективно реализующие сложные алгоритмы обработки. Интеграция с системами IEESD и WInter позволяет в процессе работы пользоваться полноценным отладчиком языка CMPDL, а также моделировать и отлаживать работу устройства вместе с окружением.

**Abstract.** The paper gives a method and software for automated compiler construction for creating CMPDL language compiler. CMPDL language is a subset of ANSI C. It is used to create hardware devices by describing its functionality in C-like algorithmic language. The compiler converts source program into synthesizable VHDL code. It is integrated in WInter and IEESD development environments used for hardware and software codesign. A developer can use integrated debugger and software models of hardware devices. The complex is useful for education purposes in embedded systems area.

### Литература

1. М. Долинский, А. Толкачев, *Программный комплекс автоматизированного проектирования компиляторов для вычислительных систем с распределенными ресурсами*, Компоненты и технологии, № 8 (2004), 146–152.

2. А. И. Толкачёв, *Настраиваемый компилятор языков высокого уровня для параллельных вычислительных систем*, Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины № 6(27) (2004), 180–183.

3. М. Долинский, А. Толкачев, И. Коршунов, *Программный комплекс для разработки параллельных вычислительных систем*, Москва, Компоненты и технологии, № 5 (2004), 104-110.

4. М. С. Долинский, И. Ю. Ермолаев, И. И. Гончаренко, А. И. Толкачёв, *WInter – среда отладки программного обеспечения мультимикропроцессорных систем*, Москва, Компоненты и технологии, № 2 (2003), 63–69.

Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

Поступило 31.08.05

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ