

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Schumacher B. Quantum coding // Phys. Rev. – 1995. – Vol. A51, № 4. – P. 2738-2747.
2. Monroe C., Meekhof D.M., King B.E., Wineland D.J. A “Schrodinger Cat” Superposition State of an Atom // Science. – 1996. – Vol. 272. – P. 1131-1135.
3. Barenco A., Bennett C.H., Cleve C., DiVincenzo D.P., Margolus N., Shor P., Sleater T., Smolin J.A., Weinfurter H. Elementary gates for Quantum Computation // Phys. Rev. – 1995. – Vol. A52, № 5. – P. 3457-3467.
4. Viamontes G.F., Markov I.L., Hayes J.P. Graph-based Simulation of Quantum Computation in the Density Matrix Representation // Quantum Information and Computation. – 2005. – Vol. 5, № 2. – P. 113-130.
5. Grover L.K. Quntum Mechanics Help in Searching for a Needle in a Haystack // Phys. Rev. Lett. – 1997. – Vol. 78, № 2. – P. 325-328.
6. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность // Регулярная и хаотическая динамика. – Ижевск, 2001. – С. 92-95.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Л.П. Фельдман.

Гузик Вячеслав Филиппович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: gvf@favt.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1, ГСП-17А; тел.: 88634371737; кафедра вычислительной техники; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор,

Гушанский Сергей Михайлович – кафедра вычислительной техники; к.т.н.; доцент.

Кубраков Евгений Сергеевич – кафедра вычислительной техники; магистрант.

Guzik Vyacheslav Filippovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: gvf@favt.tsure.ru; GSP-17A, 1, E’ngel’sa street, Taganrog, 347928, Russia; phone: 88634371737; the department of computer engineering; head the department; dr. of eng. sc.; professor.

Gushnsky Sergey Michailovich – the department of computer engineering; cand. of eng. sc.; associate professor.

Kubrakov Evgeny Sergeevich – the department of computer engineering; postgraduate student.

УДК 004.4’42

Ю.В. Чернухин, М.Ю. Поленов, Д.В. Булгаков

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МУЛЬТИТРАНСЛЯЦИИ

Описывается подход к трансляции моделей устройств с языков описания аппаратуры на примере генерации моделей компонент нейропроцессорной сети управления мобильным роботом. Данный подход, реализуемый на основе средств многоязыковой трансляции (Мультитрансляторе), позволяет при помощи создаваемых трансляционных модулей переводить модели с различных языков описания аппаратуры в SimuLink-модели, что существенно расширяет возможности исследования и моделирования различных систем управления объектами за счет использования в цикле проектирования функционала среды виртуального моделирования MATLAB. Рассмотренный подход к использованию многоязыковой трансляции для решения задач перевода моделей особенно эффективен на этапе логического синтеза компонент нейросетевых систем управления и получения структурного описания в mdl-формате из описания проекта системы на языках описания аппаратуры.

Нейропроцессорная сеть; языки описания аппаратуры; многоязыковая трансляция; мультитранслятор; трансляционный модуль; SimuLink-модели.

Yu.V. Chernukhin, M.Yu. Polenov, D.V. Bulgakov

PECULIARITIES OF NEURAL NETWORK CONTROL SYSTEMS' MODELS GENERATION WITH MULTITRANSLATION USAGE

The approach to translation of entities models from hardware description languages is described on an example of models generation for neuroprocessor network's components of the mobile robot control. This approach is realized on the basis of multilanguage translation tools (Multitranslator) and allows to translate models from various hardware description languages into SimuLink-models using the created translating modules. That essentially expands possibilities of research and simulation of various objects control systems at the expense of usage in a designing cycle the functional of MATLAB virtual modeling environment. The considered approach to use the multilanguage translation for the decision of models' transfer problems is especially effective at a components logic synthesis stage for the neuronetwork control systems and acquisition of the structural description in mdl-format from the project's description on the hardware description languages.

Neuroprocessor network; hardware description languages; multilanguage translation; multitranslator; translation module; SimuLink-models.

Введение. Управление интеллектуальными мобильными роботами – одно из актуальных направлений развития современной робототехники. Одной из наиболее значимых задач в этой области является оперативное формирование оптимальных траекторий перемещения робота к целевому объекту в некоторой динамически изменяющейся среде. Решение этой задачи требует высокого быстродействия управляющей системы, которое может быть достигнуто путем аппаратной реализации алгоритмов, например, алгоритмов нейросетевого типа.

Так, для организации движения робота к цели может быть использован бионический подход [1], реализация которого осуществляется с помощью нейропроцессорной сети, являющейся моделью внешней среды, формируемой мобильным роботом перед каждым шагом перемещения. Такие нейропроцессорные сети могут быть реализованы с использованием ПЛИС-технологии. Разработка устройств на базе ПЛИС традиционно осуществляется с помощью специализированных средств проектирования, которые, в свою очередь, используют для описания отдельных компонентов и всей архитектуры системы языка описания аппаратуры (ЯОА).

Языки описания аппаратуры и системотехнические САПР удобны на завершающих этапах разработки прототипов ПЛИС для систем управления, саму же разработку таких систем и их моделирование удобно осуществлять с использованием средств моделирования. Одним из таких общепризнанных, универсальных средств является подсистема SimuLink программной среды виртуального моделирования MATLAB. Эта среда позволяет описать нейропроцессорную сеть в виде набора логических элементов, промоделировать ее работу и получить временные диаграммы ее функционирования с произвольных выходов элементов схемы.

Разработка систем управления в среде MATLAB является более быстрой, по сравнению с другими средствами проектирования (например, Altera Quartus и др.), предоставляет большой выбор возможных компонентов для проектирования систем (в том числе набор компонентов для нейросетевого моделирования). Модель, созданная в этой среде, может быть в дальнейшем преобразована стандартными средствами в модель на ЯОА (например, VHDL) и использована для реализации на базе ПЛИС. С другой стороны, необходимо обеспечить перенос уже существующих моделей на ЯОА в формат среды MATLAB (файлы *.mdl). Это позволит разработчикам промоделировать в MATLAB работу существующих на ЯОА схемных решений.

Для реализации трансляции программных моделей с языков описания аппаратуры, таких как VHDL, Verilog, System C в формат среды MATLAB предлагается использовать среду многоязыковой трансляции – Мультитранслятор (MT) [2], разработанную на кафедре вычислительной техники ТТИ ЮФУ.

Таким образом, целью данной работы является создание трансляционного модуля для реализации мультитрансляции моделей вычислительных устройств, описанных на VHDL и ориентированных на нейросетевые вычисления, в формат описания моделей подсистемы SimuLink среды MATLAB.

Описание данных моделей. Поскольку подсистема SimuLink позволяет задавать описание моделей на структурном уровне, а модели на языке VHDL включают в себя описание как структуры, так и поведения (алгоритмы функционирования устройства), то необходимо реализовать и исследовать логический синтез описаний моделей и выполнить генерацию выходных моделей с учетом особенностей формата SimuLink. Возможность логического синтеза описаний моделей с языка VHDL [3] с использованием МТ уже была исследована ранее [4, 5]. Таким образом, результаты работы синтезирующего трансляционного модуля на RTL-языке могут быть взяты в качестве исходных данных для генерации моделей в mdl-формате.

Описание модели в mdl-формате среды MATLAB представляет собой множество блоков и соединений между ними. Соединения портов осуществляется блоками типа *линия*. При этом блоки могут иметь, в отличие от RTL-описания, графические координаты, что приводит к тому, что кроме трансляции самих блоков и их портов, при разработке трансляционного модуля необходимо учитывать расположение блоков на рабочем поле.

Реализация трансляционного модуля. Общий алгоритм мультитрансляции RTL-описания на ЯОА в mdl-формат можно разбить на несколько этапов:

- 1) разбор конструкций входного языка и построение списка блоков выходного описания, формирование списка соединений блоков;
- 2) обработка списка соединений блоков и формирование конструкций межблоковых соединений выходной модели;
- 3) замена блоков соединений шин на линии mdl-представления;
- 4) генерация блоков mdl-представления;
- 5) генерация машин состояний для реализации неподдерживаемых подсистемой SimuLink конструкций.

На первом этапе производится разбор входного описания с учетом особенностей мультитрансляции. На этом этапе строится список всех конструкций языка, а для всех соединительных шин строится список, в котором каждый элемент описывает параметры шины и содержит список объектов, каждый из которых представляет собой ссылку на порт объекта, к которому подключена данная шина.

На втором этапе запускается алгоритм формирования выходных соединительных линий для блоков на основании данных списка шин с первого этапа. В отличие от RTL-описания, каждая соединительная линия L mdl-представления может иметь определенную разрядность n , от которой невозможно сделать отвод другой линии L_0 , имеющей разрядность m , где $n > m$. В этом случае для каждой шины необходимо сформировать некоторый набор элементов схемы, позволяющий выделить те или иные разряды шины и подключить их к соответствующим объектам.

Для формирования соединительных линий предлагается следующий подход. Все срезы шины A , подключенные к выходным портам объектов, конкатенируются в одну линию в порядке следования разрядов шины (формируется блок конкатенации). Для каждого среза шины, подключенного к входному порту объекта, создается блок выделения интервала бит (объект подсистемы SimuLink *ExtractBits*). На вход такого блока подается линия, размерность n которой равна полной размерности n шины A , выход блока с размерностью m ($m < n$) подается на вход объекта назначения.

На третьем этапе общего алгоритма происходит замена операторов типа CONNECT (соединение двух шин) на соединительные линии.

На четвертом этапе формируется выходной mdl-файл на основании списка всех объектов выходной схемы. Вывод данных осуществляется с учетом формата блоков SimuLink – названия объектов заменяются соответствующими названиями блоков SimuLink, если для RTL-операторов существуют аналоги. Иначе блоки могут транслироваться в составные блоки (подсистемы), включающие необходимый набор компонентов SimuLink для реализации конкретного RTL-оператора. Здесь также производится генерация координат расположения блоков выходной схемы.

На пятом этапе формируются машины состояния, которые необходимы для реализации нестандартных подсистем mdl-представления. Блок, реализующий конкатенацию, может быть сгенерирован с использованием языка MATLAB. Для этого создается блок MATLAB-функции, в котором на специальном языке описывается алгоритм работы. В mdl-описании такой блок представляет собой подсистему, запускающую машину состояния, которая в свою очередь выполняет скрипт, описанный на языке среды MATLAB. После формирования машины состояний, алгоритм завершает свою работу.

Экспериментальная проверка трансляционного модуля. После реализации трансляционного модуля, он был протестирован на наборе входных моделей, используемых при построении нейросетевой системы управления мобильного робота. Были разработаны исходные модели системы на языке VHDL, которые транслировались при помощи трансляционных модулей в RTL-описания, а затем в mdl-представления и подключались к среде MATLAB.

Сгенерированная в подсистеме SimuLink на основе полученных в mdl-формате выходных моделей нейросетевая схема многостабильного триггера, осуществляющего принятие решений о направлениях перемещения робота, изображена на рис. 1.

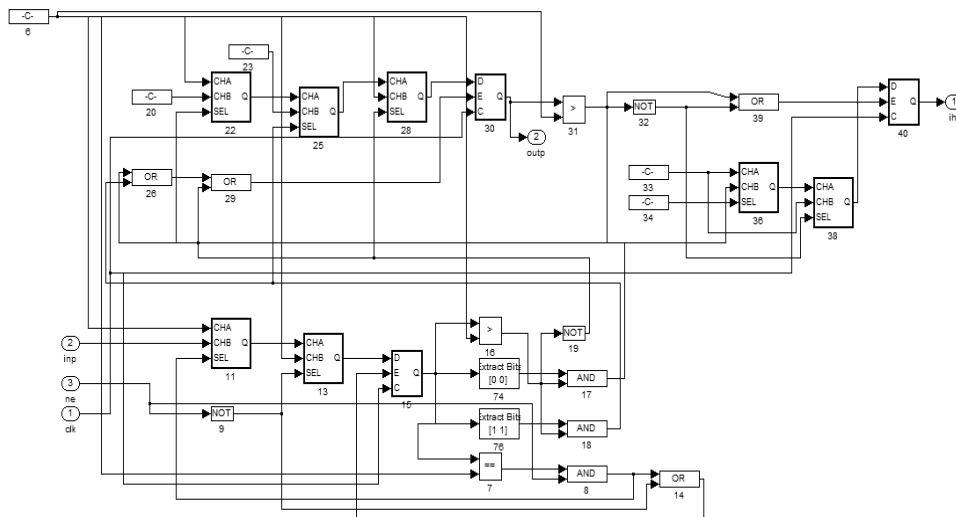


Рис. 1. Схема многостабильного триггера в подсистеме SimuLink

Временная диаграмма работы многостабильного триггера, полученная в подсистеме SimuLink, продемонстрировала работоспособность схемы и корректность проведенных при мультитрансляции преобразований моделей.

Заключение. Рассмотренный подход к использованию многоязыковой трансляции для решения задач перевода моделей при моделировании систем управления мобильными роботами эффективен на этапе логического синтеза компонент нейросетевых систем управления и получения структурного описания для среды моделирования MATLAB из описания системы на языке VHDL. Он может быть использован также для перевода моделей других систем, реализованных на ЯОА. Кроме того, при изменении параметров генерации и типов блоков выходного mdl-описания появляется возможность моделирования различных вариантов работы систем с применением ПЛИС-технологии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Чернухин Ю.В.* Нейропроцессорные сети. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1999. – 439 с.
2. *Чернухин Ю.В., Гузик В.Ф., Поленов М.Ю.* Многоязыковая трансляция средств виртуального моделирования. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. – 368 с.
3. *VHDL Synthesis Reference.* Altium Ltd, 2005. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.altium.com/files/learningguides/TR15%20VHDL%20Synthesis%20Reference.pdf>.
4. *Чернухин Ю.В., Поленов М.Ю., Булгаков Д.В.* Использование многоязыковой трансляции при RTL-синтезе СБИС на языках описания аппаратуры // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 220-226.
5. *Чернухин Ю.В., Поленов М.Ю., Булгаков Д.В.* Об одном подходе к интеллектуализации средств мультиязыковой трансляции при решении задач САПР // Искусственный интеллект. – Донецк, Украина: Наука і освіта, 2010. – № 4. – С. 623-632.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Чернухин Юрий Викторович – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: chernukhin@dce.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП-17А; тел.: 88634371656; кафедра вычислительной техники; д.т.н.; профессор.

Поленов Максим Юрьевич – e-mail: polenov@dce.tsure.ru; кафедра вычислительной техники; к.т.н.; доцент.

Булгаков Данил Вячеславович – e-mail: budathegod@mail.ru; кафедра вычислительной техники; аспирант.

Chernukhin Yuri Victorovich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: chernukhin@dce.tsure.ru, GSP-17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371656; the department of computer engineering; dr. of eng. sc.; professor.

Polenov Maxim Yuryevich – e-mail: polenov@dce.tsure.ru; the department of computer engineering; cand of eng. sc.; associate professor.

Bulgakov Danil Vyacheslavovich – e-mail: budathegod@mail.ru; the department of computer engineering; postgraduate student.