

Адаптация MDA для моделирования управляющих автоматов в стандартах UML

Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Гриценко А.А.

Аннотация

Баркалов А.А., Зеленёва И.Я., Гриценко А.А. Адаптация MDA для моделирования управляющих автоматов в стандартах UML. Предложен подход для адаптации технологии MDA для моделирования цифровых систем, в частности, управляющих автоматов, и разработана методика применения UML в качестве языка описания системы.

Ключевые слова: МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЯЮЩИЙ АВТОМАТ, ПРОФИЛЬ, ВЕРИФИКАЦИЯ, HDL, UML, MDA, FPGA, ПЛАТФОРМА

Abstract

Barkalov A.A., Zelenyova I.J., Grytsenko A.A. Adaptation MDA for control unit modeling in UML standards. The approach to MDA technologies adaptation for digital systems, particularly control unit modeling is proposed. The methods of UML using for system description are developed. Key words: MODELING, CONTROL UNIT, PROFILE, VERIFICATION, HDL, UML, MDA, FPGA, PLATFORM

Введение

Управляющий автомат (УА) является неотъемлемой частью любой цифровой системы, т.к. определяет алгоритм её функционирования, согласно принципу микропрограммного управления [1]. Современный уровень разработки цифровых систем характеризуется ростом сложности этих систем, требований к постоянному расширению и поддержке существующих и разрабатываемых систем, высококачественному документированию, снижению стоимости отдельных единиц продукции, сокращению цикла разработки и постоянному обновлению версий. В связи с этим наблюдается тенденция к более тесной корреляции с процессами разработки программных систем. Современный уровень развития аппаратных средств позволяет использовать для решения аппаратных задач методы и технологии, изначально спроектированные для программных областей. Предпосылками для этого стало появление высокопродуктивных аппаратных платформ, в частности, речь идет о современных FPGA, которые на данный момент располагают миллионами логических вентилях на кристалле, и средств описания аппаратных систем. После возникновения UML (Unified Modeling Language) и MDA (Model-Driven Architecture) технологий возник вопрос о возможности их использования для проектирования цифровых систем [2,4,7,8]. Постановка вопроса

состоялась в 2002 году [9], результатом чего стала организация отдельной секции DATE (Design, Automation and Test in Europe) предназначенной для обсуждения проблем описания аппаратных систем с использованием унифицированного языка моделирования и применения управляемых моделями архитектуры для разработки таких систем.

Важным фактором развития цифровых систем стало появление средств верификации и их интеграция в средства проектирования и имплементации (рис.1). Средства верификации позволяют осуществлять полноценный автоматизированный контроль качества и правильности функционирования всего проекта, от момента его начала и до момента его имплементации. В связи с этим всё более актуальной становится задача разработки средств проектирования нового поколения для цифровых систем. Одной из наиболее перспективных технологий в данном направлении является управляемая моделями архитектура (MDA).

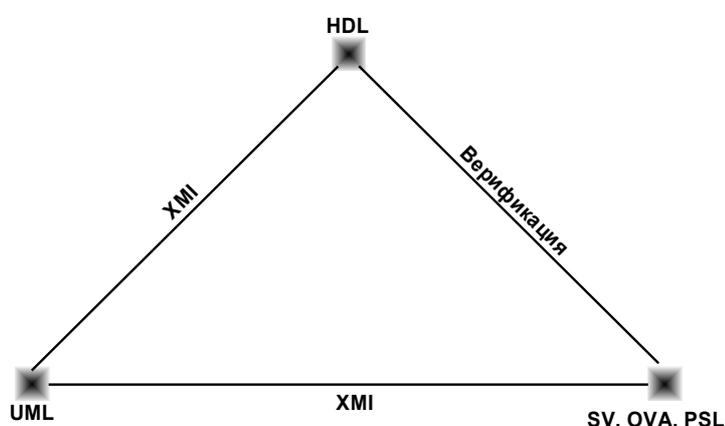


Рисунок 1. – Модель взаимодействия MDA ориентированных средств и современных средств проектирования цифровых систем

На данный момент существует достаточно много сред, поддерживающих управляемую моделями архитектуру, которые ориентированы на моделирование программного обеспечения [8]. В данной статье рассматривается спектр вопросов, связанных с использованием MDA технологий для моделирования цифровых систем, в частности, управляющих автоматов, и предлагаются алгоритмы для построения таких моделей.

Постановка задачи

Процесс формирования подхода к адаптации MDA технологии для проектирования и реализации управляющих автоматов включает решение следующих задач:

- адаптация MDA модели для решения аппаратных задач: анализ существующей MDA модели и ее составляющих, разработка подхода для использования данной модели в области синтеза логических схем УА;
- разработка методик профилирования и адаптации унифицированного языка моделирования для управляющих автоматов, проведение анализа

возможности использования UML для моделирования схем УА и разработка соответствующего алгоритма, анализ структуры среды моделирования.

Применение управляемой моделями архитектуры для моделирования цифровых систем

Управляемая моделями архитектура (MDA) была предложена группой OMG (Object Management Group) в 2000 году [6,7]. Основной идеей управляемой моделями архитектуры в приложении к программным продуктам было описание сложных систем в виде набора моделей, стоящих на различных уровнях абстракции, относительно друг друга, и возможность трансформации моделей, то есть преобразование моделей одного уровня в модели другого уровня [5,6]. Результатом таких трансформаций в приложении к цифровым системам является получение имплементаций независимой от платформы (т.е. от элементного базиса) модели. Полученную таким образом модель можно впоследствии использовать для различных платформ.

MDA модели классифицируются по типам и уровням [5,6]. Для цифровых систем, в частности, для управляющих автоматов, типы моделей предлагается определять как:

- независимая от вычислений модель (Computation Independent Model, CIM) – вычислительная метамодель, описывающая требования к системе (управляющему автомату) и её окружению;
- независимая от платформы модель (Platform Independent Model, PIM) – проект системы, основанный на наборе UML представлений, позволяющий получить модель работы системы (УА) достаточного уровня точности;
- ориентированная на платформу модель (Platform Specific Model, PSM) – описание системы, основанной на одном из языков описания аппаратуры.

Классификация уровней моделей для цифровых систем представлена на рис. 2.

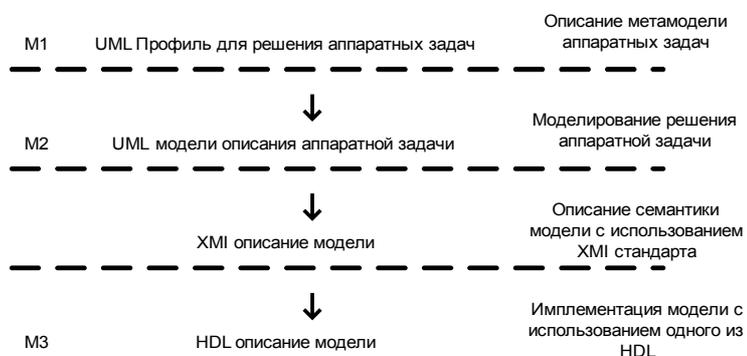


Рисунок 2. – Адаптация уровней моделей MDA при проектировании цифровых систем

В предложенной иерархии CIM соответствует уровень M1, PSM – уровень M2, PIM – уровень M3.

Уровень построения метамодели цифровых систем – механизм профилирования моделей, используемый для построения метамодели, которая расширяет существующую UML семантику для применения в области ЦС. На данный момент OMG не предлагает стандартов аппаратных профилей UML (по состоянию на февраль 2006, [7]). Например, данный уровень может являться базовым при описании управляющих автоматов и должен определять всю доступную область, задающую СИМ. Данная метамодель может включать профиль для верификации аппаратных систем. Включение профиля верификации дает возможность интегрировать процесс моделирования аппаратной системы и построения тестов для нее.

Уровень моделирование цифровых систем – описание модели конкретной системы, по сути, есть моделирование поведения этой системы и ее взаимодействия с аппаратным окружением. Для управляющих автоматов – это взаимодействие с операционной частью и внешними устройствами. Данный уровень соответствует РИМ. Моделирование конкретного управляющего автомата производится на базе его метамодели. Моделирование УА может включать также и моделирование верификационных тестов для него.

Уровень моделируемой системы, описание аппаратной системы с использованием языков описания аппаратуры – уровень, который описывает моделируемую аппаратную задачу с использованием одного из HDL, определяя PSM. Данный уровень определяет результат моделирования – моделируемую систему, которая представляет собой имплементацию управляющего автомата и набора тестов для нее на одном из языков верификации.

Промежуточный уровень описания семантики моделей – данный уровень вводится для увеличения гибкости системы. XMI описание полностью передает семантику UML моделей (согласно стандартам [5]). Этот уровень определяет интерфейс между моделями разных типов, что дает возможность использовать независимые средства для моделирования УА и трансформации моделей. Кроме того, введение этого уровня решает вопросы переносимости между различными MDA ориентированными средствами.

Одним, из наиболее важных процессов является трансформация моделей [6]. Трансформация моделей – преобразование модели из одного типа в другой с полным сохранением семантической информации. Согласно [6] и спецификации MDA, приоритетным является РИМ to PSM трансформация, которая определяется как преобразование независимой от платформы модели в соответствии с требованиями целевой платформы, на которой она будет имплементирована (рис. 3). Это свойство может быть широко использовано при проектировании и оптимизации логических схем управляющих автоматов для заданного элементного базиса (платформы).

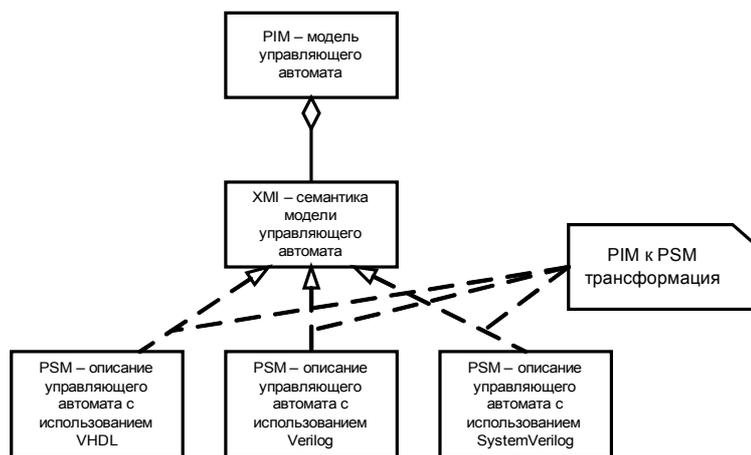


Рисунок 3. – Связь моделей различных уровней при описании управляющих автоматов

Предлагается общий алгоритм использования MDA архитектуры для разработки HDL систем, который описывает порядок этой разработки (рис. 4). Ступени алгоритма соответствуют порядку следования уровней MDA, но расширяются в соответствии с современными требованиями к разработке сложных систем [2,3,8].

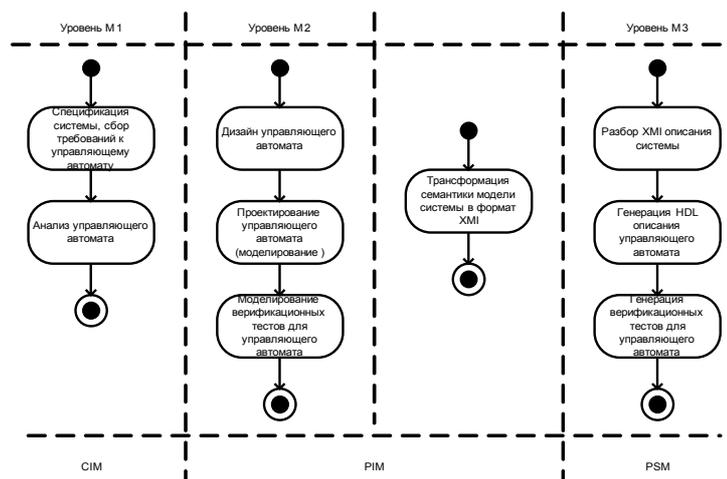


Рисунок 4. – Алгоритм MDA проектирования, моделирования и реализации управляющего автомата

Уровню метамодели системы соответствует сбор информации о системе и анализ полученных данных. Результатом данного уровня является получение CIM системы.

Уровню моделирования соответствует дизайн и проектирование системы [4]. Результатом данного уровня является получение PIM системы (управляющего автомата) и соответствующего набора тестов. Результаты выполнения алгоритмов данного уровня преобразуются в XMI формат.

Уровню моделируемой системы соответствует разбор XMI описания и генерация HDL кода, а также верификационных тестов системы, что определяет PSM системы, в частности, УА. Полученная система готова к имплементации и тестированию. Имплементация и тестирование полученных систем (схем УА) может производиться с использованием широкого спектра существующих средств.

Основным преимуществом предложенного алгоритма является отсутствие связи между процессами моделирования и реализации логических схем УА, что может быть использовано в дальнейшем, при описании построения соответствующей MDA ориентированной среды.

Методика использования унифицированного языка моделирования для управляющих автоматов

Возможность описания моделей с использованием UML основана на использовании семантической информации, предоставляемой различными представлениями UML [2]. Данная семантическая информация может использоваться для преобразования независимой от платформы модели в модель, ориентированную на заданную платформу. Для управляющих автоматов это означает возможность получения моделируемой системы, ориентированной на заданный элементный базис без изменения самой модели УА.

При описании УА как аппаратных систем, структурное описание определяет декомпозицию УА и составление базовых интерфейсов с двойной формой контроля, называемых в дальнейшем контрактами, в виде определения системы запросов (моделирования сигналов). Динамическое описание определяет работу управляющего автомата – взаимодействие с аппаратным окружением, взаимодействие отдельных компонент системы и их поведение. Физическое описание определяет ограничения на работу УА как части цифровой системы. Описание управления моделью определяет пакеты компонент и группирует аппаратные компоненты системы.

Важным аспектом является использование физической области. Определение параметров развертывания является описанием набора ограничений, которым должна удовлетворять модель управляющего автомата, т.к. по своей сути это есть модель аппаратной системы. Большинство аппаратных систем характеризуется некоторым набором физических ограничений. Параметры развертывания являются артефактом, присущим в большей степени аппаратным, а не программным системам. Наличие этого артефакта в первую очередь обусловлено тем, что в любой момент времени аппаратура обладает набором физических ограничений, которые определяются на стадии анализа требований к системе и влияют на ее дальнейшее построение.

Физическое описание дает независимую от остальных описаний семантическую информацию, т.е. оно не может влиять на независимую от элементного базиса модель УА, но используется при трансформации моделей.

Для описания HDL-систем управляющих автоматов предлагается использовать следующий набор представлений (на основе [2]):

1. Моделирование прецедентов (Use Cases diagram) – данное описание используется для определения интерфейса моделируемого УА с внешними системами, т.е. определение внешних контрактов.
2. Статическое моделирование (Class diagram) – моделирует все контракты (внешние и внутренние интерфейсы) УА путем моделирования его сигналов.
3. Моделирование компонент (Component diagram) – моделирует структурную декомпозицию УА.
4. Моделирование взаимодействия (Collaboration diagram, Sequence diagram)– моделирует контракты взаимодействия между компонентами УА, т.е. его структурное описание.
5. Моделирование поведения компонент (State chart diagram) – моделирует поведенческое описание отдельных аппаратных компонент УА, а также определяет архитектуру компонента.
6. Развертывание модели (Deployment diagram) – моделирует аппаратные ограничения схемы УА. Специфицирует аппаратные требования к модели, в том числе, требования к оптимизации схемы.

Набор связанных представлений (рис. 5) использует не все доступные представления UML, а только необходимые описания управляющих автоматов (что согласуется с [7]). Все модели имеют интерфейсы между собой, исключая независимое моделирование развертывания.

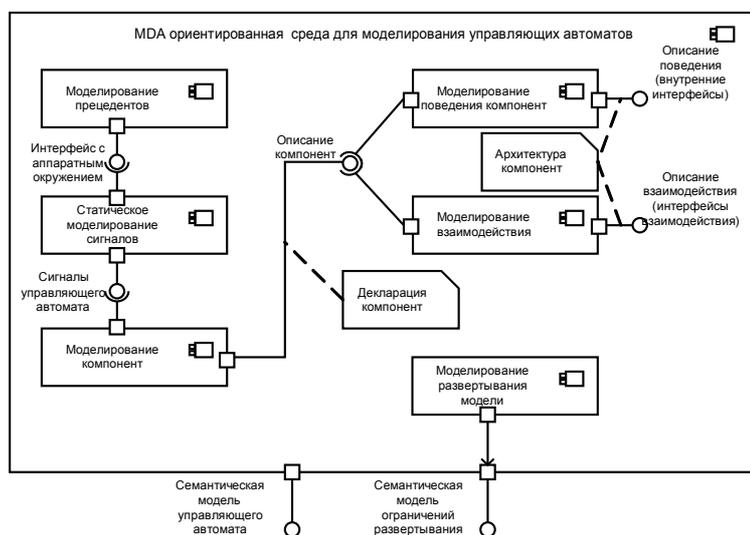


Рисунок 5. – Использование MDA ориентированной среды на базе UML для моделирования управляющих автоматов

Дополнительно используются представление профилирования и представление управления моделью УА. Представление профилирования в полной мере относится к метамодели и используется на CIM уровне. Представление управления моделью используется для формирования пакетов.

Согласно рассмотренным представлениям, предлагается соответствующий алгоритм (рис. 6) разработки модели управляющего автомата. Предлагаемый подход минимизирует интерфейсы, которые связывают отдельные компоненты, что облегчает управление моделью, контроль правильности модели и поддержку различных парадигм разработки систем.

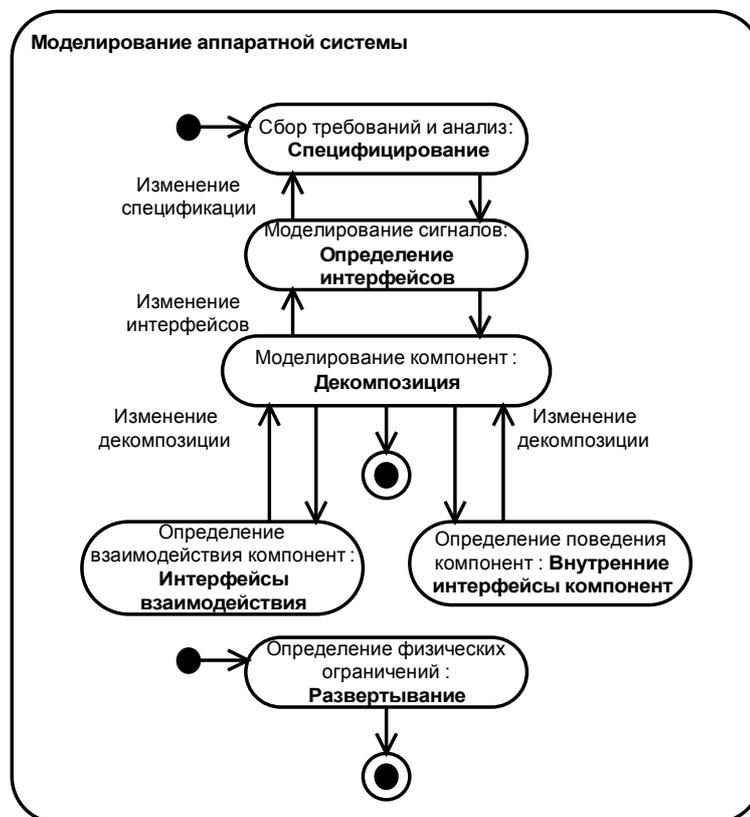


Рисунок 6. – Алгоритм моделирования управляющего автомата с использованием MDA технологии

Выводы и перспективные направления работы

В данной работе предлагается концепция применения MDA для построения моделей цифровых систем и управляющих автоматов в частности. В рамках предложенного подхода рассмотрен круг задач, позволяющий определённой степени осветить все аспекты предлагаемого решения. Предложены и рассмотрены алгоритмы проектирования и моделирования управляющих автоматов с использованием современной MDA-технологии.

Дальнейшие направления работы лежат в нескольких областях:

- рассмотрение вопросов построения аппаратного и верификационного профилей UML на основе анализа решений предложенных в [5] для других областей;
- разработка полнофункциональной системы лексико-синтаксического анализа ХМІ описания модели и ее трансформации в описание схемы управляющего автомата с использованием какого-либо из имеющихся средств моделирования.

Предложенный подход и алгоритмы предназначены для использования при разработке модельно-ориентированных САПР УА и предусматривают как расширение возможностей среды моделирования, так и построение эффективных конструкторов и сред оптимизации логических схем управляющих автоматов.

Список источников:

1. Баркалов О.О. Синтез пристроїв керування на програмованих логічних пристроях – Донецьк. РВА ДонНТУ, 2002. – 262 с.
2. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS. 2-е изд. / Пер. с англ.; Под общей редакцией проф. С. Орлова – СПб.: Питер, 2006 – 736 с. : ил.
3. Coyle F.P., Thornton M.A. - From UML to HDL: a Model Driven Architectural Approach to Hardware&Software Codesign
4. Fowler, Martin. 2004. UML Distilled, 3d ed. Boston, MA: Addison-Wesley
5. OMG specifications, <http://www.omg.org>
6. Pierantonio A. - Formal Model Transformations in Model Driven Architecture
7. Tabelaing P. - Model-Based Development - Beyond Model Transformation
8. Tariq N.A., Akhter N. - Comparison of Model Driven Architecture (MDA) based tools
9. <http://www.date-conference.com/>