

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.3.049.77

Методология проектирования аппаратуры по технологии БМК–ПЛИС–БМК

А.Н.Денисов

НПК «Технологический центр» МИЭТ

Особенности технологии проектирования аппаратуры определяются, прежде всего, используемой элементной базой, выбор которой обуславливается требованиями к назначению и условиям эксплуатации аппаратуры. В случае разработки аппаратуры специального назначения основным требованием является использование отечественной элементной базы, разрешенной для применения в такой аппаратуре и позволяющей функционировать в жестких условиях эксплуатации.

Широкое распространение при разработке аппаратуры специального назначения получили полузаказные микросхемы и связанные с ними технологии проектирования.

Особенностью технологии БМК (базовые матричные кристаллы) является изначальная ориентация процесса разработки на конечный результат в виде опытного образца, пригодного для серийного производства. Процесс разработки выполняется на основе отработанных методов, средств и маршрутов проектирования [1, 2]. Технология БМК направлена на получение годных микросхем при первом изготовлении, что обеспечивается высокими требованиями к тестируемости и качеству проектирования, поддерживается средствами систем автоматизированного проектирования (САПР), учитывающими специфику конкретных серий БМК и технологический разброс параметров при изготовлении.

Основными недостатками технологии БМК являются длительный цикл изготовления полузаказных микросхем и невозможность исследования проектов микросхем в аппаратуре, что приводит к многократным коррекциям и повторным изготовлениям микросхем в процессе разработки изделия, требует временных и финансовых затрат.

Появление программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), позволяющих легко выполнять коррекцию проекта специализированной ИС непосредственно в аппаратуре, – новый шаг в развитии технологий разработки радиоэлектронной аппаратуры. Технология ПЛИС обеспечивает рекордно короткий проектно-технологический цикл, минимальные затраты на проектирование, максимальную гибкость при модификации аппаратуры. Однако это приводит к низкой тестируемости, отсутствию строгих требований к качеству проектирования.

Для устранения ограничений, связанных с невозможностью использования импортной элементной базы при разработке аппаратуры специального назначения, были предложены различные вариации технологии ПЛИС–БМК [3–7], при которой отработка проекта выполняется средствами ПЛИС, а затем осуществляется его перевод в базис БМК. Однако корректный переход от проекта ПЛИС к БМК, обеспечивающий его гарантированную работоспособность, можно осуществить только полным перепроектированием проекта микросхемы, так как элементы библиотеки ПЛИС и схемотехническая реализация логического проекта имеют аппаратную избыточность и сложно адаптируются к специфике БМК.

Технология БМК–ПЛИС–БМК объединяет преимущества рассмотренных выше технологий проектирования, позволяет в короткие сроки выполнить разработку и отладку макетного образца, при переходе к опытному образцу обеспечивает быструю и гарантированную реализацию.

© А.Н.Денисов, 2009

цию изделия [8]. Весь цикл разработки выполняется на БМК, разрешенных к применению в аппаратуре специального назначения, т.е. в базе той элементной базы, которая будет применена в опытном образце, что обеспечивает эволюционную отладку изделия, начиная со стадии эскизного проекта. При этом имеется возможность отладки проектов БИС средствами ПЛИС.

Гарантированное получение годных образцов микросхем при первом изготовлении достигается за счет реализации средствами САПР полузаказных микросхем «Ковчег» следующих факторов:

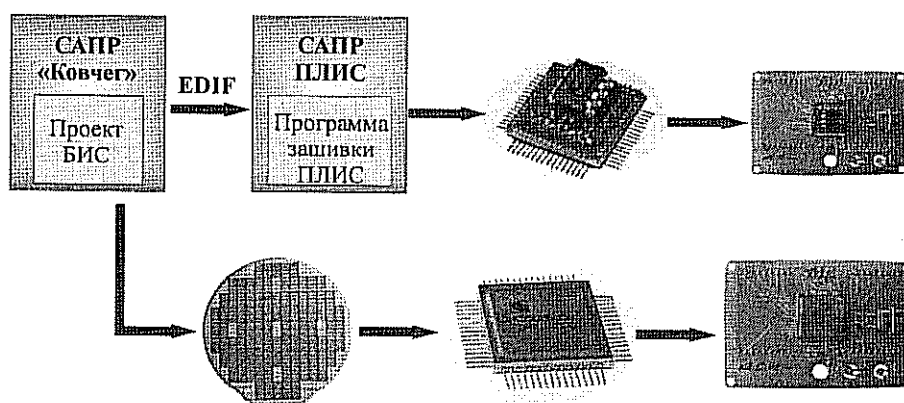
- применения методов бездефектного проектирования на стадии создания электрической схемы в базе ячеек библиотеки БМК; разработки функциональных и контрольно-диагностических тестов проверки проекта микросхемы, обеспечивающих не только проверку правильности функционирования и тестируемости, но и возможность измерения электрических параметров микросхемы;

- разработки топологии с учетом специфики проекта микросхемы и списка скоростных цепей; аттестации проекта микросхемы с учетом факторов окружающей среды и разброса технологии;

- применения оригинальной библиотеки ячеек, учитывающей специфику БМК и ориентированной на методы бездефектного проектирования;

- прототипирования микросхемы, позволяющего провести исследования и испытания микросхемы средствами имитатора микросхем до их изготовления в составе реальной аппаратуры.

Суть метода прототипирования состоит в экспериментальной проверке правильности функционирования прототипа микросхемы в составе реальной аппаратуры (рисунок). Прототипом, или имитатором, является устройство, включающее в свой состав ПЛИС и постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Проект микросхемы, разработанный в базе ячеек библиотеки БМК, средствами САПР полузаказных микросхем «Ковчег» автоматически транслируется в базис ПЛИС в формате EDIF 2.0. Структурное описание микросхемы строится по принципу «от простого к сложному»: в начале помещаются описания реализации библиотечных элементов БМК в базисе элементов ПЛИС, затем располагаются описания подсхем и блоков, а затем описание головной схемы. На основе полученного структурного описания средствами САПР ПЛИС формируется программа специализации (зашивки) ПЛИС, которая заносится в ПЗУ. В результате прототип микросхемы становится функциональным аналогом разрабатываемой микросхемы. Функционирование специализированного прототипа проверяется по программам контроля разрабатываемой микросхемы. Конструкция прототипа соответствует корпусу микросхемы, поэтому дальнейшая проверка его функционирования может быть проведена в реальной аппаратуре, в которой планируется использование микросхемы. В случае выявления ошибок в функционировании выполняется коррекция проекта микросхемы, повторная специализация прототипа и дальнейшая его проверка, в результате чего достигается полное соответствие поведения прототипа микросхемы требованиям реальной аппаратуры. После этого средствами САПР полузаказных микросхем «Ковчег» из полученного проекта микросхемы формируется необходимая для изготовления микросхемы информация.



Метод прототипирования полузаказных микросхем

Таким образом, технология БМК–ПЛИС–БМК не только существенно сокращает сроки проектирования, снижает трудоемкость разработки аппаратуры, но и обеспечивает качество проектирования, что наиболее важно для аппаратуры специального назначения.

Литература

1. Лобанов В. Синтез и минимизация комбинационных схем // Информатика и образование. – 2000. – № 5. – С. 60–63.
2. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. – Л.: Энергия. – 1974.
3. Артемов С.А. Разработка конвертора проекта интегральных схем из базиса ПЛИС в базис БМК // Изв. вузов. Электроника. – 2005. – № 1. – С. 42–45.
4. Евстигнеев В.Г., Завалялов А.В., Кошарниковский А.Н. Обеспечение импортозамещаемости при разработке и производстве радиоэлектронной аппаратуры вооружения, военной и специальной техники // Электронная промышленность. – 2002. – № 1. – С. 73–78.
5. Импортозамещающая технология ПЛИС–БМК. Ч. I / В.Евстигнеев, А.Кошарниковский, Е.Дегтярев и др. // Компоненты и технологии. – 2004. – № 7. – С. 80–86.
6. Импортозамещающая технология ПЛИС–БМК. Ч. II / В.Евстигнеев, А.Кошарниковский, Е.Дегтярев и др. // Компоненты и технологии. – 2004. – № 8. – С. 134–139.
7. Импортозамещающая технология ПЛИС–БМК. Ч. III / В.Евстигнеев, А.Кошарниковский, Е.Дегтярев и др. // Компоненты и технологии. – 2004. – № 9. – С. 98–100.
8. Денисов А.Н., Коляхин В.В. Разработка аппаратуры специального назначения по технологии БМК–ПЛИС–БМК // Проблемы обеспечения изделий авиационной и ракетно-космической отрасли высококачественной элементной базой: тез. докл. на IV научно-практической конф. (г. Сочи, 29 сентября – 3 октября 2003 г.). – М., 2003. – С. 18.

Поступило
19 августа 2009 г.

Денисов Андрей Николаевич – главный конструктор направления НПК «Технологический центр» МИЭТ. Область научных интересов: методология, разработка и средства проектирования базовых матричных кристаллов и полужаказных микросхем на их основе. E-mail: A.Denisov@tcen.ru

УДК 004.32.06

Математическая модель оценки ответа при дистанционном тестировании знаний

А.М.Баин

Московский государственный институт электронной техники
(технический университет)

В существующих системах дистанционного тестирования знаний [1, 2] итоговая оценка ответа тестируемого на тестовое задание включает только сравнение конечного ответа с эталонным ответом и вычисляется по формуле

$$Q_{\Sigma} = \epsilon_{\text{сл}} \delta_{\text{эт}}$$

где $\epsilon_{\text{сл}} \in [0; 1]$ – мера сложности тестового задания; $\delta_{\text{эт}}$ – степень соответствия конечного ответа на тестовое задание эталонному ответу.

Один и тот же конечный ответ на тестовое задание может быть получен при различных траекториях процесса его формирования. Поэтому динамика процесса формирования ответа должна учитываться при вычислении степени соответствия конечного ответа эталонному ответу на тестовое задание.