

УДК 355.237

ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ СТУДЕНТОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПРОЕКТОВ К ЗАПУСКУ В РАМКАХ MPW

Калёнов А.Д., Лосев В.В.

Московский Институт Электронной техники (МИЭТ), г. Зеленоград, Москва, Россия, kalyonov.alex@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен процесс практического обучения студентов для подготовки проектов к запуску в рамках MPW. Приведены примеры обучения использованию САПР для проектирования интегральных схем на основе реальных проектов.

Ключевые слова. Проектирование интегральных схем, САПР для проектирования интегральных схем, MPW.

Как известно, с уменьшением проектных норм интегральных схем в технологии растет число операций фотолитографии и ужесточаются требования к фотошаблонам [1]. Это приводит к росту стоимости комплекта фотошаблонов и ее доли в общей стоимости проектов. В связи с этим с уменьшением проектных норм растет экономическая привлекательность MPW (Multi-project wafer) проектов для мелкосерийного производства микросхем. В данных проектах разные заказчики размещают свои кристаллы в одном кадре изображения, разделяя между собой стоимость комплекта фотошаблонов. Повышение экономической привлекательности MPW проектов обусловлено снижением постоянных затрат по сравнению с SPW (Single-project wafer) [2].

MPW-сервисы широко применяются в ведущих мировых университетах для подготовки кадров. Расположение нескольких различных проектов на единой подложке позволяет получить за один раз несколько образцов интегральных схем для каждого проекта. Этого количества достаточно для исследований и апробации. В России в настоящее время существует несколько производств, которые могут работать в режиме MPW.

В настоящее время НИУ МИЭТ в содружестве с ОЭЗ «Технополис Москва» и Ассоциацией вузов по электронной компонентной базе организует MPW-сервис для создания новых образцов электронной компонентной базы, разрабатываемой малыми научными группами и студентами. Коллективное производство прототипов, опытных образцов и малых серий интегральных микросхем на одной пластине позволяет многократно снизить стоимость необходимых образцов для каждой научной группы. Сбор проектов и организацию технологического маршрута со стороны НИУ МИЭТ будет выполнять «Центр коллективного проектирования электронной компонентной базы и радиоэлектронной аппаратуры».

Одним из основных производителей в рамках MPW является ГК «Микрон».

ГК «Микрон» – крупнейший производитель и экспортер микроэлектроники в России, резидент ОЭЗ «Технополис Москва». Микрон производит более 750 типонаименований продукции, включая интегральные схемы для автоэлектроники, интернета вещей, жестких условий эксплуатации, защищенных носителей данных, идентификационных, платежных и транспортных документов, управления питанием и

RFID-маркировки для различных отраслей цифровой экономики.

ГК «Микрон» для сервиса MPW изготавливает интегральные микросхемы по кремниевой технологии КМОП 180 нм.

Применение технологии 180 нм в России может быть связано с различными отраслями и секторами промышленности. Например, в области электроники применяется при создании микросхем для мобильных устройств, компьютеров, телевизоров и других электронных устройств. Также технология 180 нм используется в автомобильной промышленности, медицинском оборудовании и других отраслях.

Студенты начиная с 3 курса вовлекаются в реальные проекты, реализуемые вузом, или разрабатывают собственные интегральные схемы. В основном заказчиками разработки интегральных схем являются предприятия – партнеры вузов. Студенты погружаются в детали маршрута проектирования интегральных схем начиная от постановки задачи и заканчивая измерениями готовых образцов.

Проектирование интегральных схем осуществляется с помощью средств автоматизированного проектирования, например Cadence или Mentor Graphics. САПР Cadence – пакет программ средств автоматизированного проектирования для схемотехнического и топологического проектирования интегральных схем. САПР Mentor Graphics – средства автоматизированного проектирования для верификации интегральных схем.

От фабрики необходимо получение PDK и DDK. PDK – (Process Design Kit) набор файлов для проектирования и моделирования интегральных схем. DDK – (Digital Design Kit) набор цифровых характеристизированных ячеек (инвертор, 2И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ и.д.).

На первом этапе определяются основные цели и задачи проекта, а также его технические спецификации и ограничения. Требования к интегральным схемам могут включать в себя производительность, энергопотребление, стоимость, масштабируемость, надежность, сроки поставки и т.д. Эти требования определяются на основе анализа потребностей заказчика и рынка. На основе требований и целей необходимо разработать архитектуру ИС, которая будет соответствовать всем требованиям и целям проекта.

Далее проводится анализ и выбор технологии, подходящей для реализации проекта. Выбор технологии зависит от требований и целей проекта. Существуют различные технологии для создания ИС:



КМОП, БиКМОП, FinFET, GaAs, и они имеют различные характеристики, такие как энергопотребление, производительность и стоимость. Анализ технологии включает исследование характеристик технологии, ее возможностей и ограничений, а также сравнение с другими технологиями. После выбора технологии необходимо провести более детальный анализ и определить параметры технологии, которые будут использоваться в проекте, такие как размер технологического процесса, структура транзисторов и т. д.

Следующим этапом является схемотехническое проектирование ИС. Данный этап один из самых трудозатратных и включает в себя разработку и оптимизацию интегральных схем для достижения требуемых характеристик и функций. Одним из основных этапов схемотехнического проектирования ИС является разработка архитектуры схемы. Архитектура включает в себя определение основных блоков схемы, их взаимодействие и распределение ресурсов. На этом этапе также определяются основные параметры схемы, такие как быстродействие, потребляемая мощность, надежность и т.д. После разработки архитектуры схемы начинается этап детального проектирования. На этом этапе разрабатываются отдельные блоки схемы, определяются типы и параметры используемых элементов. Важным этапом схемотехнического проектирования является верификация и валидация разработанных схем. Верификация включает в себя проверку правильности работы схемы, а валидация - проверку соответствия схемы требованиям и спецификациям.

После схемотехнического проектирования наступает процесс топологического проектирования. Этот этап включает в себя разработку топологии схемы, определение типов и количества элементов, а также разработку топологической архитектуры проекта. Топологическое проектирование СБИС включает в себя создание топологии кристалла, определение расположения и размеров элементов, а также разработку правил и стандартов для проектирования. Происходит процесс физического размещения компонентов на кристалле и соединения их между собой с помощью проводящих дорожек, чтобы обеспечить передачу сигналов и данных.

На завершающем этапе проектирования происходит процесс моделирования и анализа разрабатываемого проекта. Выполняется проверка его функционирования и проводится анализ производительности и энергопотребления. Моделирование позволяет оценить работу системы в различных условиях, а анализ позволяет выявить проблемы и оптимизировать си-

стему. Моделирование может быть выполнено с использованием различных методов, таких как компьютерное моделирование, физическое моделирование и т. д. Анализ может включать в себя как качественный, так и количественный анализ данных.

После завершения топологического проектирования и тестирования ИС происходит создание фотошаблонов для производства кристалла. Фотошаблоны представляют собой набор изображений, которые используются для создания масок в процессе производства.

Весь процесс производства заказных СБИС требует высокой точности, технической компетентности и использования специализированного оборудования. Это гарантирует качество и надежность интегральных схем, которые используются в различных электронных устройствах, включая компьютеры, телефоны, автомобили и другие.

В завершение процесса разработки заказных ИС осуществляется передача продукта заказчику, его поддержка и обслуживание.

В рамках MPW-сервиса разработано несколько проектов на процессе технологии КМОП 180нм. Отправлены в производство интегральные микросхемы модуляторов, демодуляторов радиосигналов и базовых СВЧ-элементов для современных систем связи, а также цифровые схем обработки данных.

Студенты совместно с высококвалифицированными специалистами задействованы на каждом этапе разработки ИС. Проводятся необходимые исследования и зависимости. Полученные результаты публикуются в соответствующих журналах и сборниках конференций. Студенты получают бесценный опыт разработки реальных проектов и пишут свои выпускные квалификационные работы и диссертации.

Результатом проектного обучения является: выполнение одного проекта несколькими студентами, развитие индивидуальных навыков участников проекта, формирование навыков работы в команде, применение знаний на практике, подготовка к реальной работе на предприятиях.

Литература

1. Немудров В., Мартин Г. Системы-на-кристалле. Проектирование и развитие. М.: Техносфера. 2004. — С. 216.
2. Бухтеев А., Немудров В. Системы на кристалле. Новые тенденции // Электроника. НТБ. 2004. № 3. — С. 52–56.

PRACTICAL TRAINING OF STUDENTS TO PREPARE PROJECTS FOR LAUNCH WITHIN THE FRAMEWORK OF MPW

Kalenov A.D., Losev V.V.

Moscow Institute of Electronic Technology (MIET), Zelenograd, Moscow, Russia, kalyonov.alex@yandex.ru

Abstract. The process of practical training of students to prepare projects for launch within the MPW is considered. Examples of training in the use of CAD for the design of integrated circuits based on real projects are given.

Keywords. Integrated circuit design, CAD for integrated circuit design, MPW.