

УДК 621.3.049.77:004.92(062)(476)

РАЗВИТИЕ САПР МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ. САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ»

Д. т. н. А. С. Турцевич, д. т. н. А. И. Белоус, С. В. Шведов, М. А. Кутас

ОАО «ИНТЕГРАЛ»
Республика Беларусь, г. Минск
office@bms.by

Представлен анализ состояния и развития систем автоматизированного проектирования микроэлектроники, отражены современные проблемы развития инструментов разработки, приведены платформы мировых лидеров САПР и продукты собственной разработки, интегрированные в систему проектирования ОАО «ИНТЕГРАЛ».

Ключевые слова: микросхема, проектирование, автоматизация.

Развитие систем автоматизированного проектирования (САПР) микроэлектроники напрямую связано с тенденциями развития электроники и соответствующей эволюцией методологии проектирования полупроводниковых приборов. Вся история развития электроники – увеличение интеграции электронных компонентов на кристалле, стремление к уменьшению размеров, увеличению быстродействия и массовость производства. Этим тенденциям она будет следовать постоянно [1]. А методология проектирования полупроводников, в свою очередь, развивается скачкообразно в соответствии с этапами развития технологии и появлением новых производственных бизнес-моделей. Как развивались методы и инструменты проектирования полупроводников, каковы дальнейшие перспективы развития САПР, как обстоят дела с совершенствованием САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ». Известно, что развитие инструментов проектирования связано с повышением уровня абстрактного представления системы в соответствии с усложнением кристаллов согласно закону Мура, формализацией основных процедур, учетом новых физических эффектов, которые стали оказывать заметное влияние на параметры приборов, а также созданием новых алгоритмов, способных поддерживать достаточно высокую скорость проектирования системы.

Рассмотрим этапы развития методов и инструментов проектирования полупроводников.

Этап компаний интегрированных производителей

До начала 1980-х гг. проектирование полупроводников было полностью сосредоточено в компании-производителе приборов, которую сейчас принято называть интегрированным производителем (Integrated Device Manufacturers, IDM). Таким же образом дела обстояли и в ОАО «ИНТЕГРАЛ» с одним исключением – здесь этот процесс продлился до начала 1990-х гг. Инструменты проектирования включали: моделирование логических схем (DEMOS), схемотехническое моделирование (Sigma) и топологический редактор (DRAW). Проектирование велось на уровне транзисторов и полигонов. Весь проект выполнялся внутри предприятия.

Однако сведения о принципах проектирования полупроводников просачивались в научные и исследовательские лаборатории и подготавливали почву для нового этапа развития средств проектирования.

Этап ASIC-компаний

В 1980-х гг. создание бизнес-модели на базе ASIC-компаний и внедрение инструментов проектирования кристалла на вентильном уровне привело к демократизации процесса создания чипа. Микросхема ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) – заказная интегральная схема (ИС) для выполнения набора специальных функций, обычно разрабатываемая под конкретные требования. Зачастую полупроводниковые компании формировали проект технического задания на будущее изделие, передавали его в специализированные системные (проектирующие) компании, а завершающие этапы про-

ектирования оставались в ASIC-группе полупроводниковой компании. В итоге появились первые САПР-компании, которые сконцентрировали обширную базу данных о способах проектирования полупроводников на базе своих инструментов разработки. Начиная с середины 1990-х гг. в подобной кооперации участвует и наше предприятие. У нас появились первые лицензионные пакеты компаний Mentor Graphics и Cadence.

Этап fabless-компаний

В 1990-х гг. моделирование, синтез и создание топологии кристалла стали хорошо отработанными и формализованными процессами, что позволило системным компаниям (а в это время начали появляться и развиваться fabless-компании) отказаться от услуг ASIC-компаний и взять на себя весь цикл проектирования, а затем запускать проект в производство на специализированных полупроводниковых фабриках. Именно этот период стал «золотым» временем в развитии САПР-компаний. И системные компании, и fabless-компании, и кремниевые фабрики активно закупали и обновляли системы проектирования. В начале 1990-х гг. первые пакеты САПР были приобретены и в ОАО «ИНТЕГРАЛ», а начиная с середины 2000-х гг. подразделение ОАО «ИНТЕГРАЛ» Филиал НТЦ «Белмикросистемы» также начал выполнять проекты по принципу fabless-компаний.

Этап систем на кристалле, этап доминирования прикладного ПО

В 2000-х гг. главным двигателем полупроводникового бизнеса стал потребительский рынок, т. к. впервые аудио- и видеосистемы, системы телекоммуникации и бытовой электроники были реализованы на кристалле. Системы стали строиться на базе стандартных узлов и специализированного прикладного ПО. Проектирование от уровня RTL (Register Transfer Level) все больше стало переходить к проектированию на системном уровне и росту использования IP- (Intellectual Property) блоков. Для проектирования таких систем компании должны использовать полный набор программных инструментов САПР всех уровней. Пришла эра систем-на-кристалле (СНК или SOC, System-On-Chip).

Сегодня задача системы-на-кристалле заключается в том, чтобы обеспечить оптимальную работу программного задания. Следствием такого подхода является то, что множество алгоритмов, которые реализованы на уровне кремниевого кристалла (в отличие от микропроцессора или DSP-процессора), написаны на языке C или C++, а не на RTL. Зачастую большая часть ПО для чипа уже существовала в предыдущих версиях системы, и при создании новой системы задачей является использование этой части. Так, в сотовых телефонах используется множество программ, которые появились еще десять лет назад.

На развитие средств проектирования будут влиять следующие три обстоятельства: рост использования инструментов разработки системного уровня, расширение масштабов применения IP-блоков и рост концентрации производства в небольшом числе фабрик [2]. В итоге сейчас в мире САПР сложилась ситуация, где имеются 3 точки опоры: первая – это компании САПР, вторая – это ведущие IP-компании (фактически системные компании, которые не являются производителями микросхем как таковых, однако лицензируют собственные разработки и технологии третьим фирмам), и кремниевые фабрики – третья. Кремниевые фабрики предлагают IP-продукты, так же как и САПР-компании. Крупные IP-компании предлагают инструменты, как и кремниевые фабрики. Все они предлагают услуги по проектированию. И уже некоторые представители кремниевых фабрик, как например Infineon, отмечают возрастающую роль кремниевых фабрик, которые предлагают IP и сервис по проектированию. Более того, есть аналитики, которые предполагают, что в будущем кремниевые фабрики и IP-компании столкнут САПР-компании со сцены. Однако многие наблюдатели сомневаются в том, что кремниевые фабрики могли бы заняться бизнесом в области инструментов разработки. Именно поэтому компания Cadence выступила с так называемой инициативой EDA360, которая обеспечила бы выживание традиционных САПР-компаний. По-сути, EDA360 – это инициатива, направленная на повышение роли САПР-компаний как в сфере создания новых методов проектирования более высокого уровня, так и в сфере расширения предложения IP-блоков, а также удовлетворения растущих потребностей компаний в программном обеспечении. Представленная в 2011 году инициатива EDA360 вначале напоминала маркетинговый ход компании Cadence, но затем получила достаточно широкое одобрение, так как содержала ряд разумных идей.

Современное состояние отрасли разработки САПР в действительности неустойчиво, так как многие компании-разработчики программных средств утверждают, что они получают недостаточно прибыли от продажи своих продуктов, а пользователи жалуются на высокие цены этих инструментов разработки.

В последнее десятилетие наблюдается еще одна тенденция в области САПР: многие новые идеи для инструментов проектирования были внедрены фирмами-стартапами; затем эти идеи были приобретены крупными игроками рынка и интегрированы в свои продукты или эти фирмы-стартапы просто-напросто были поглощены фирмами-гигантами (Synopsys, Cadence, Mentor).

Развитие средств САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ»

Как отмечалось выше, ОАО «ИНТЕГРАЛ» шло в ногу вместе с другими компаниями — интегрированными производителями микросхем, правда, с некоторым отставанием. В Филиале НТЦ «Беломикросистемы» используется широкий спектр надежных высокоскоростных аппаратных, сетевых, системных и прикладных программных средств, обеспечивающих разработку сложных изделий современной микроэлектроники по замкнутому циклу проектирования — от описания и синтеза на языках высокого уровня VHDL и Verilog до разработки и верификации топологического проекта. Программно-аппаратные средства дизайн-центра позволяют вести разработку изделий самой широкой номенклатуры: ИС стандартной логики, дискретные приборы, стандартные линейные ИС, микросхемы памяти, ИС для бытовой электроники, ИС силовой электроники, микропроцессоры и микроЭВМ, полужаказные схемы на базовых матричных кристаллах для самых различных технологических процессов (биполярные технологии, КМОП-технологии с LOCOS-изоляцией, БиКМОП, БиКДМОП, ДМОП-технологии).

Однако описанные выше тенденции развития электроники и условия жесткой конкурентной борьбы на мировом рынке требуют постоянных значительных усилий по повышению эффективности используемых программно-аппаратных средств проектирования.

Исторически сложилось так, что ОАО «ИНТЕГРАЛ» использует для разработки программные инструменты фирм мировых лидеров Mentor Graphics, Synopsys, Cadence и Agilent. Первые рабочие станции HP и Apollo, а также программные средства САПР Mentor Graphics и Cadence были получены по программе Нанна-Лугара в 1992 году. И в настоящее время многие из преимуществ продуктов указанных выше компаний присущи и САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ», использующей ряд лицензионных пакетов этих фирм.

На сегодняшний день Mentor лидирует в разделах: проектирование на системном уровне и высокоуровневый синтез; расширенная функциональная верификация цифровых и аналого-цифровых СБИС; а платформа Calibre фактически является международным стандартом среди средств физической верификации.

Фирма Cadence предлагает систему проектирования субмикронных ИС «Система-на-Кристалле», полностью удовлетворяющую всем требованиям для изделий такого класса, и являющуюся лучшей в сегменте «цена—качество». Продукты Cadence представляют полный спектр технологий проектирования субмикронных ИС класса SOC, обеспечивая замкнутый маршрут от синтеза RTL и генерации тестов вплоть до виртуального кремниевого прототипирования к конечному производству. Исторически Cadence удерживает лидерство по продуктам для проектирования чисто аналоговых схем, в том числе за счет большой существующей базы пользователей.

Еще один из мировых лидеров в области САПР СБИС фирма Synopsys занимает ведущие позиции в сфере приборно-технологического проектирования. Платформа Setaurus TCAD сегодня — это динамично развивающийся продукт, основная задача которого — обеспечение разработчиков средствами приборно-технологического проектирования нового поколения, а также интеграция этих средств в САПР СБИС.

Фирма Agilent — лидер в области аппаратно-программных средств измерений (в том числе платформа IC-CAP) и программных средств для проектирования ВЧ- и СВЧ-схем, систем беспроводной связи, аэрокосмической и оборонной промышленности (платформа ADS).

За последние два года ОАО «ИНТЕГРАЛ» потратило более 1,5 млн. долларов США на закупку лицензий продуктов Mentor Graphics и Synopsys. Как отмечалось ранее, стоимость продуктов САПР действительно очень высока. К этому добавляются проблемы, связанные с необходимостью учитывать некоторую специфику производства на каждой кремниевой фабрике, в том числе так называемое проектирование с учетом технологических требований. Все это вынуждает нас заниматься разработкой отдельных собственных средств проектирования, в том числе с привлечением специалистов ВУЗов и академических институтов.

На сегодняшний день в САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ» интегрированы следующие пакеты собственной разработки, созданные при участии институтов НАН Беларуси.

1. Программный комплекс обратного проектирования (реинжиниринга) топологии ИС и анализа схемы по цифровым изображениям кристалла аналога. В состав комплекса входят программы NLAUTO — автоматическая оцифровка топологии кристаллов интегральных микросхем и «сшивка» отснятых кадров в единое видеоизображение [3], PHOTOPREVIEW — формирование, просмотр, масштабирование, корректировка и печать файлов видеоизображения [4], GLEW — интерактивный графический редактор топологических чертежей интегральных микросхем с функциями управления одно- и многослойными изображениями [5].

2. Программа контроля правил электрических соединений интегральных микросхем ERC [6], интегрированная в среду систем проектирования Mentor Graphics и Cadence и обеспечивающая обнаружение «грубых» ошибок в топологических чертежах еще на ранних этапах проектирования.

3. Программный комплекс моделирования и контроля правильности межсоединений ИС для автоматизированного процесса микромонтажа кристаллов, интегрированный в среду системы Mentor Graphics. Система разработки конструкторской документации на разварку ИС для микромонтажа кристаллов обеспечивает создание модели разварки микросхемы, ведение технологического файла и базы данных выводных рамок, контроль топологии кристалла и результатов сборки на соответствие техническим требованиям автоматизированной сборки.

4. Программный комплекс автоматизированной подготовки управляющей информации для лазерных сканирующих генераторов изображений, так называемый «tareout». Программный комплекс обеспечивает бездефектное изготовление управляющих масок, в том числе в субмикронном диапазоне.

Таким образом, САПР ОАО «ИНТЕГРАЛ» основана на интеграции современных лицензионных прикладных пакетов мировых лидеров разработчиков сервиса по проектированию, программных средств собственной разработки на различных платформах и позволяет проектировать изделия самой широкой номенклатуры для производства как на линиях ОАО, так и на зарубежных кремниевых фабриках, создавать современные средства разработки технологических процессов и выступать в качестве fabless-компании.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. James Hogan. The evolution of design methodology. EETimes.— 2010. <http://www.eetimes.com/electronics-news/4211010/The-evolution-of-design-methodology?pageNumber=0>.

2. Dick Selwood. Does the EDA Business Have a Future? // EEJournal.— 2011. <http://www.eejournal.com/archives/articles/20110411-eda>.

3. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №447, Беларусь. NLAUTO — автоматическая оцифровка топологии кристаллов интегральных микросхем и «сшивки» отснятых кадров в единое видеоизображение / Турцевич А. С., Белоус А. И., Кутас М. А., Шустикская Т. А.— 2012.

4. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №448, Беларусь. PHOTOPREVIEW — формирование, просмотр, корректировка и печать файлов видеоизображения кристаллов интегральных микросхем / Турцевич А. С., Белоус А. И., Кутас М. А., Шустикская Т. А.— 2012.

5. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №118, Беларусь. GLEW — интерактивный графический редактор топологических чертежей интегральных микросхем / Сякерский В. С., Белоус А. И., Кутас М. А., Шустикская Т. А.— 2009.

6. Свидетельство о регистрации компьютерной программы №446, Беларусь. ERC — контроль правил электрических соединений интегральных микросхем / Турцевич А. С., Белоус А. И., Кутас М. А., Гаранин В. М.— 2012.

A. S. Turtsevich, A. I. Belous, S.V. Shvedov, M. A. Kutas
Development of microelectronics CAD. JSC «INTEGRAL» CAD.

The paper presents the review on the state and evolution of CAD systems in microelectronics. Up-to-date problems of design tools development are shown, platforms of CAD world leaders and software products of in-house design integrated into INTEGRAL's design system are described.

Keywords: *microcircuit, design, automation.*