

О НЕОТЛОЖНЫХ МЕРАХ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ РОССИИ

В. Немудров, д.т.н., В. Мочкин, к.т.н., motchkin@mri-progress.ru

Проблема создания отечественной ЭКБ обсуждается достаточно давно. Более десяти лет в России на разных уровнях муссируется идея создания сети дизайн-центров, национальной базы IP-блоков (сложнофункциональных блоков), сквозной системы проектирования, охватывающей и аппаратурные предприятия, и компании-производители элементной базы. На реализацию такой стратегии государство выделяло определенные средства, есть и элементная база, созданная в рамках подобной идеологии. Однако как система эта стратегия не заработала. Авторы предлагают ряд новых шагов в этом направлении. Безусловно, все эти предложения дискуссионны, но само по себе обсуждение проблемы управления государственными инвестициями в развитие отечественной ЭКБ более чем актуально.

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СОВРЕМЕННОЙ ЭКБ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Громкие провалы в космической и авиационной технике обострили дискуссию по проблемам обеспечения информационной и технологической безопасности России. Значение микроэлектроники для ее решения трудно переоценить. Однако развитию микро-, а тем более наноэлектроники, препятствуют такие факторы, как отсутствие крупных капиталовложений в отрасль; отсутствие отечественного современного ПО САПР; необходимость закупки зарубежного технологического оборудования, инструментов и материалов; нехватка высококвалифицированного персонала; острая конкуренция с узкоспециализированными зарубежными фирмами, которая еще обострится после вступления России в ВТО [1, 2].

В той или иной степени проблема информационно-технологической безопасности остро стоит и в других странах, включая США. В военной промышленности США используется всего несколько

процентов СБИС от их общего потребления всеми отраслями индустрии. Однако примерно десятая их часть определяет уровень национальной безопасности, поэтому перевод за рубеж их производства, а тем более разработки, крайне опасен. В частности, Э.Гроув, один из основателей и руководителей корпорации Intel, бьет тревогу по поводу надвигающейся опасности не только потери лидирующих позиций США в мире, но и подрыва национальной безопасности. Он призывает не просто сохранить, но и расширить объем разработок и производства функционально сложных СБИС на территории США.

Основная мировая тенденция развития радиоэлектронной аппаратуры для вооружений, военной и специальной техники (РЭА ВВСТ) – построение электронных систем на основе функционально сложных СБИС, особенно СБИС типа "система на кристалле" (СнК), которые приходят на смену систем на печатных платах с ИС, БИС и даже СБИС типа "система в корпусе". Прогресс в наноэлектронике только ускорит этот процесс.

Кремниевая технология изготовления СБИС уже достигла высочайшего уровня – крупными сериями выпускаются СБИС с проектными нормами 28 нм, степенью интеграции около 4 млн. вентилях на мм² и потребляемой мощностью менее 1 нВ/МГц/вентиль. Фактически наступила эра нанoeлектроники, когда на одном кристалле размещается целая функционально законченная система (СБИС СнК), включающая не только такие сложные блоки, как микропроцессоры, аналого-цифровые преобразователи и фильтры, но и устройства микросистемной техники, например, микродисплеи, МЭМС-гироскопы и т.д. Эта технология, по-видимому, позволит решить все основные задачи, стоящие перед отечественной РЭА ВВСТ до 2020 года. Значительный прогресс также достигнут в САПР СБИС, в частности СБИС СнК, что позволило в сравнительно короткие сроки практически безошибочно проектировать функционально сложные СБИС.

Однако объем производства продукции электронной промышленности России по сравнению с 1990 годом упал примерно в 46 раз к 2000 году и в 9 раз к 2010 году. Доля импортных функционально сложных БИС и СБИС в отечественной РЭА нового поколения ВВСТ, определяющая национальную безопасность, сейчас превышает 90%. Причем из-за существующих экспортных ограничений США и других стран и иных причин для разработки и производства РЭА на мировом рынке практически доступной является лишь ЭКБ, не соответствующая требованиям военных стандартов (в лучшем случае может использоваться выборка из ЭКБ промышленного применения). Все увеличивающаяся номенклатура используемой ЭКБ столь велика, что электронная промышленность России не в состоянии обеспечить ее производство (импортозамещение) до 2020 года. При дальнейшей модернизации разрабатываемых сейчас образцов ВВСТ эта проблема может усугубляться.

Серьезную озабоченность представляет также заметное возрастание оборота контрафактной ЭКБ и ЭКБ, которой нельзя "доверять". В зарубежные СБИС, особенно СБИС СнК, а также в производимые за рубежом СБИС отечественной разработки, могут закладываться недокументированные программные и аппаратные модули (кремниевые "трояны", "закладки" и т.п.), которые могут приводить к изменению характеристик и параметров РЭА, выходу из строя по внешним и/или внутренним

командам, а также к передаче в эфир или на внешние контакты конфиденциальной информации во время эксплуатации [3].

Огромная стоимость производственной базы изготовления СБИС, специальных производств особо чистых материалов и уникального оборудования обусловила их концентрацию на нескольких мировых фирмах, вызвав тем самым широкое мировое разделение труда. Узкая специализация и массовость выпуска в рамках отдельных компаний привели к очень низкой себестоимости производства и сокращению сроков этапов разработки и внедрения в серийное производство высококачественных СБИС. В результате в мире все больше СБИС разрабатывается в дизайн-центрах, а изготавливается на кремниевых фабриках. По такой схеме в России работают ряд дизайн-центров (ФГУП "НИИМА "Прогресс", ЗАО "Миландр", ЗАО "Модуль" и др.).

Причины, по которым разработчики РЭА для ВВСТ вынуждены использовать зарубежные СБИС, связаны как с состоянием отечественной электронной промышленности (невозможность достижения таких же параметров и характеристик, как в аналогах, установленных в копируемой аппаратуре), так и с длительными сроками их разработки и подготовки производства (часто они не согласуются со сроками разработки аппаратуры), с качеством изделий и программного обеспечения к ним, большими затратами времени на составление технических заданий и массы других документов. Также существенным является недостаточное и нерегулярное финансирование. В результате случается, что в аппаратуре используется зарубежная ЭКБ, хотя разработаны почти аналогичные отечественные изделия. Практически не действует система заказов СБИС, при которой их проектирование и подготовка производства финансируется главным конструктором РЭА из средств, выделенных на разработку аппаратуры, а не напрямую из госбюджета по "инициативе" разработчиков СБИС.

Отсутствие необходимой современной отечественной базы для производства СБИС с проектными нормами менее 0,18 мкм, а также экономическая целесообразность вынуждают изготавливать СБИС отечественной разработки за рубежом, что требует защиты от внесения несанкционированных изменений в схемотехнику и топологию при их производстве. Прогресс в микроэлектронике привел к интегрированию

на кристалле не только отдельных узлов аппаратуры, но и субсистем, что требует решения на "кристалльном" уровне задач защиты конфиденциальной и секретной информации, которые ранее обеспечивались исключительно дополнительными внешними средствами на аппаратурном уровне. Однако в РФ применительно к СБИС не разработаны специальные средства внутренней защиты (пассивные и активные узлы, маркеры), выявляющие нештатную их работу при наличии ложных команд, включения "информационных вирусов" производителями и т. п. (В США в рамках трехлетней программы DARPA Trusted Integrated Circuits были разработаны организационные и технические меры защиты от СБИС, которым нельзя "доверять".)

Вступление в ВТО требует решения проблем, связанных с интеллектуальной собственностью ЭКБ, особенно при экспорте изделий за рубеж (применение патенточистых и лицензированных схем и системотехнических, топологических и технологических решений, защита собственной топологии интегральных схем и др.).

Практически отсутствует обязательная к применению разработчиками СБИС нормативная база, определяющая организационно-технические мероприятия при проведении проектирования, изготовления и эксплуатации СБИС для РЭА ВВСТ, особенно для проектирования СБИС на отечественных дизайн-центрах и изготовления их на зарубежных кремниевых фабриках.

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Тем не менее, мы считаем ситуацию не безнадежной. Изложенные проблемы, в частности, подлежат рассмотрению в рамках НИОКР, открытых Минпромторгом. Решению этих проблем должен способствовать ряд мер.

Прежде всего, необходима глубокая унификация СБИС по функциональному принципу, так как часто аппаратурные узлы РЭА различных изделий ВВСТ выполняют идентичные функции и обладают одинаковыми параметрами. В результате можно добиться значительного сокращения номенклатуры разрабатываемых СБИС, уменьшить их объемы финансирования и стоимость. Сегодня же зачастую действует принцип "для каждой аппаратуры свои СБИС".

Следует максимально использовать библиотечный (платформенный [4]) принцип проектирования СБИС. Для этого целесообразно создать государственную единую базу сертифицированных

сложнофункциональных блоков (СФ-блоков) СБИС. Существующие СФ-блоки отечественной разработки должны быть доведены до состояния, когда ими могут воспользоваться практически все дизайн-центры, выполняющие государственные заказы, причем с гарантией требуемого качества. Это может значительно сократить сроки и стоимость разработки СБИС.

Разработка СБИС должна носить упреждающий характер по отношению к разработке аппаратуры, начиная с формирования технического задания на аппаратные блоки. Причем в основном финансироваться эти работы должны из средств, выделенных на аппаратурные разработки. Это может уменьшить общие финансовые затраты и число разработанных СБИС, которые не найдут полноценного применения.

Номенклатура ряда перспективных функционально сложных СБИС специального назначения и СФ-блоков для их создания должна формироваться Центром управления развитием ЭКБ Минпромторга РФ по предложениям отраслевых предприятий и организаций оборонного комплекса РФ на основе детального анализа перспектив развития ВВСТ.

Работа, программные средства и нормативная база дизайн-центров, выполняющих государственные оборонные заказы (как при аппаратурных предприятиях, так и независимых), должны координироваться этим Центром для проведения единой государственной политики в сфере разработки, производства и информационно-технической защиты СБИС. Это также может уменьшить недопустимое дублирование разработок и производства аналогичных СБИС.

Центр развития ЭКБ должен обобщить все заявки потребителей СБИС, устанавливать приоритетность и проводить работы по функциональной унификации заявленной ЭКБ. Далее на основании совместной с заявителями работы по унификации и минимизации номенклатуры функционально однотипных изделий составить согласованные (с заявителями и потенциальными исполнителями) технические требования на разработку и производство минимально необходимой номенклатуры СБИС и СФ-блоков для их проектирования. При этом значительно возрастает роль дизайн-центров [5]. Проблемы большой номенклатуры могут быть решены только при обеспечении глубокой унификации на всех уровнях: на уровне аппаратуры и аппаратурных блоков, СБИС, блоков СБИС и на технологическом уровне производства

СБИС. Номенклатура СБИС, предлагаемая этим Центром для разработки, должна открыто обсуждаться и согласовываться на совещаниях заинтересованных головных предприятий по разработке РЭА ВВСТ.

Сокращение сроков, увеличение качества и уменьшение стоимости проектирования СБИС могут быть достигнуты за счет внедрения в САПР дизайн-центров современных совместимых программно-аппаратных средств проектирования, формирования единой базы СФ-блоков СБИС и общих стандартов проектирования, контроля, сертификации и применения СФ-блоков и СБИС на их основе.

Для включения в номенклатуру разрабатываемых функционально сложных СБИС специального назначения и СФ-блоков особо предпочтительными являются:

- большой объем выпуска аппаратуры;
- малые габариты и энергопотребление аппаратуры;
- стоимость производства разрабатываемой СБИС типа СнК существенно ниже цены комплекта микросхем, для замены которого предназначена эта СБИС;
- алгоритм системы или функционального блока аппаратуры технически и/или экономически нецелесообразно реализовывать программно на базе существующих СБИС универсальных высокопроизводительных микропроцессоров и микросхем памяти;
- предлагаемый проект СБИС может быть базовым для последующих его модернизаций в интересах выбранного аппаратного направления;
- потенциальные предприятия-участники проекта должны обладать необходимым опытом проектирования аппаратуры и СБИС, располагать всем комплексом программно-технических средств САПР и обеспечивать изготовление и испытания;
- наличие предварительных работ по системному и аппаратному макетированию РЭА.

Кроме того, наивысшим приоритетом должны обладать наиболее универсальные и технологичные СБИС и СФ-блоки (т.е. реализуемые по хорошо отработанной серийной стандартизированной технологии [6], без использования специальных технологических процессов, специальных контрольно-измерительных приборов и специальных средств САПР). Возможности уменьшения размеров, связанные с физическими ограничениями

масштабирования КМОПТ и БТ, выполненных по современной кремниевой планарной технологии, уже, по-видимому, в значительной степени исчерпаны [7]. Сейчас важно не гнаться за новомодными технологическими методами, а качественно применять отработанные и апробированные на примере БИС в жестких эксплуатационных условиях современные технологии микроэлектроники.

Один из путей частичного решения этих проблем – создание достаточно универсальных аналого-цифровых СБИС, программируемых систем на кристалле, функциональную структуру и характеристики которых программирует пользователь при изготовлении РЭА [8]. Близким подходом также является методология проектирования Softsilicon [9]. Существует три метода проектирования: программно-ориентированный, аппаратно-ориентированный и ПЛИС-ориентированный [10], но оптимальный выбор должен определяться разработчиками РЭА совместно с разработчиками ЭКБ. Хотя здесь сделан акцент лишь на аппаратно-ориентированном методе, это не должно умалять важности и других методов, так как имеется много общих проблем их применения.

В качестве организационно-технических мероприятий также представляется необходимым:

- создать, как и в передовых странах, государственное российское предприятие (или отдельную производственную линейку на крупносерийном предприятии) с полным фотошаблонным и кристалльным производственным циклом всего по двум-трем базовым апробированным технологиям с собственным дизайн-центром и испытательным центром с целью производства особо важных для национальной безопасности СБИС СнК, например закрытой связи и радиационно- и температурно-стойкой аппаратуры. (Для постоянной загрузки такого производства на нем может быть также организовано производство зарубежных СБИС, используемых в существующей РЭА, но снятых или снимаемых в будущем с производства на зарубежных фабриках.);
- Центром развития ЭКБ должна быть завершена работа по определению преимущественных областей применения и составлению технических требований к СБИС СнК на основе СФ-блоков, подлежащих разработке и производству на ближайшую перспективу, разработаны нормативные документы по порядку проектирования, испытаний и применений СБИС СнК

и СФ-блоков, проектируемых отечественными дизайн-центрами и производимых за рубежом;

- создать реальные конкурентные условия выполнения проектов, например, финансируя на первых этапах проекта идентичные работы в 2-3 конкурирующих фирмах (дизайн-центрах), а также резко повысить заинтересованность этих фирм в успешном внедрении разработок.

Хотя "за кадром" остаются многие важные аспекты проблемы (например, "человеческий фактор"), эти мероприятия (некоторые из них являются "хорошо забытой старой практикой"), на наш взгляд, при глубокой технико-экономической проработке проектов по СБИС, должны позволить в основном решить проблему информационно-технологической безопасности России, касающейся микроэлектроники, даже при существующем уровне финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Бондарь Д.** Может ли один "Микрон" обеспечить технологическую безопасность России? – Электронные компоненты, 2012, №1, с.9-13.
2. **Сидоров В.** Перспективы развития... – Оборона России, 2011, октябрь-ноябрь, с.14-17.
3. **Вильясенор Дж.** Хакер в вашем "железе". – В мире науки, 2011, №1, с.76-82.
4. **Гулин Ю., Заводсков С., Штешенко В., Руткевич А.** Специализированные СБИС для космических применений: платформенный принцип проектирования и аппаратная верификация. – Электроника: НТБ, 2010, №3, с.66-69.
5. **Борисов Ю., Калинин С., Немудров В.** Роль дизайн-центров микроэлектроники в развитии отечественной электронной промышленности. – Электронные компоненты, 2008, №10, с.17-21.
6. **Зверев А., Попов В., Филаретов А., Чалый В.** Модели организационного развития предприятий полупроводниковой промышленности. – Электроника: НТБ, 2011, №4, с.102-109.
7. **Цветов В.** Развитие классической микроэлектроники: ожидаемые физико-технологические пределы. – Электроника: НТБ, 2010, №3, с.20-24.
8. **Шейкин М.** Две микросхемы – хорошо, а одна лучше. – Электроника: НТБ, 2012, №1, с.34-46.
9. **Макаренко К.** Углубление в нано или softsilicon? – Электронные компоненты, 2010, №9, с.85-87.
10. **Байрен Д.** "Конвергенция полупроводников" и будущее системного проектирования. – Электронные компоненты, 2012, №6, с.104-106.

ГОТОВИТСЯ К ВЫХОДУ



Цена: 475 руб

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Умняшкин С.В.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Информатика и вычислительная техника" и "Прикладная математика", включает в себя рассмотрение общих теоретических вопросов, связанных с цифровым представлением сигналов, основами анализа линейных дискретных систем. Значительное внимание уделено вопросам эффективного представления информации (сжатия данных) и использования вейвлет-преобразований. Может быть рекомендовано в качестве дополнительного материала для направлений подготовки радиотехнического и телекоммуникационного профиля.

Второе издание представляет собой существенно переработанный и расширенный материал, в который включены новые разделы, добавлены упражнения для самостоятельного выполнения.

Второе издание, исправленное и дополненное

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru