

Путь к сокращению сроков разработки и запуска в производство передовой ЭКБ: СвК на основе LTCC

П. Верник¹

УДК 621.3.049.76:658.5 | ВАК 05.27.06

Учитывая всепроникающую роль электроники в современном мире, обеспечение импортонезависимости и конкурентоспособности отечественной промышленности ставит перед российской электронной отраслью задачу по кратному сокращению сроков разработки и запуска в производство новых изделий электронной компонентной базы (ЭКБ) для применения в аппаратуре для различных секторов: от оборонного до телекоммуникаций, медицины, инфраструктуры цифровой экономики, потребительской техники и др. Постоянно растущие требования к расширению функционала электронной аппаратуры, быстрый рост объема передаваемых и обрабатываемых данных и активное развитие решений, предлагаемых зарубежными компаниями, требуют мер, обеспечивающих не только возможность замены в разумные сроки применяемой в отечественной аппаратуре ЭКБ иностранного производства, но и поддержание высоких темпов создания новых изделий в перспективе. Для решения этой задачи необходима новая концепция построения процесса разработки, производства и применения ЭКБ, в основу которой должен быть положен модульный подход, позволяющий минимизировать объем переработки изделий для улучшения их характеристик и расширения функционала.

В современных условиях создание электронных и радиоэлектронных средств внутри страны является важнейшим условием обеспечения государственного суверенитета, экономической и общественной безопасности, недопущения уязвимости критических информационных инфраструктур цифровой экономики. В целях обеспечения разработки и производства современной, конкурентоспособной аппаратуры для различных областей применения, включая гражданский сектор, необходимо создание значительного количества новых типов ЭКБ, соответствующих или опережающих мировой уровень в отношении функциональности и характеристик, востребованных на соответствующих рынках.

В настоящее время типичный срок выполнения работ по запуску в производство нового типоминнала составляет от 24 до 36 месяцев. Учитывая постоянный рост требований к ЭКБ и конечным изделиям и общемировую тенденцию к ускорению поставки на производство электронных компонентов,

целесообразным представляется сокращение срока от утверждения технического задания до запуска в серийное производство образцов ЭКБ до 6–12, а в перспективе – до 3–5 месяцев.

Для достижения этой цели необходимо формирование новой концепции процесса разработки, производства и применения ЭКБ, которая позволит минимизировать сроки выполнения наиболее затратных этапов создания нового продукта и по возможности обеспечить высокую степень распараллеливания работ.

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП РАЗРАБОТКИ

В мире уже долгое время существует тенденция к расширению применения модульного подхода при построении различных систем. Определение и следование стандартам сопряжения различных модулей – как физического, так и информационного – позволяют максимально использовать существующие решения при повышении характеристик или расширении функционала изделия, заменяя в нем или добавляя лишь те модули, которые определяют улучшаемые параметры.

¹ АНО «Институт стратегий развития», директор.

Одним из наиболее ярких примеров эффективности модульного принципа являются широко распространенные IBM-совместимые персональные компьютеры, в которых многие доработки могут выполняться самими пользователями с минимальной необходимой подготовкой путем замены или добавления таких модулей, как видео-, звуковые, сетевые карты, модули памяти и т. п.

В приложении к ЭКБ это нашло отражение, в частности, в современных методах создания систем на кристалле (СНК). В таких проектах широко применяются IP-блоки, выполняющие определенные функции и разрабатываемые, как правило, специализирующимися на таких решениях компаниями. В проекте СНК процессорные ядра, память, внешние интерфейсы, различные контроллеры могут представлять собой покупные IP-блоки, что дает возможность разработчику сконцентрироваться на архитектуре системы и ее физическом воплощении, не затрачивая время и ресурсы на реализацию типовых функций. Многие IP-блоки поставляются их разработчиками на физическом уровне с привязкой к конкретному технологическому процессу, что еще более облегчает процесс разработки системы.

Использование IP-блоков кардинально упрощает создание новых версий СНК. Например, при необходимости замены внешнего интерфейса на более новую версию требуется заменить только соответствующий IP-блок без переработки остальной архитектуры.

Этот подход также открывает возможности для параллельного развития технологий. В то время как разработчиками СНК создаются, отлаживаются и запускаются в производство системы на определенных процессорных ядрах и с определенными внешними интерфейсами, разработчики IP-блоков уже ведут разработку следующих их поколений, которые будут подготовлены к использованию в новых версиях СНК к тому моменту, когда они будут востребованы.

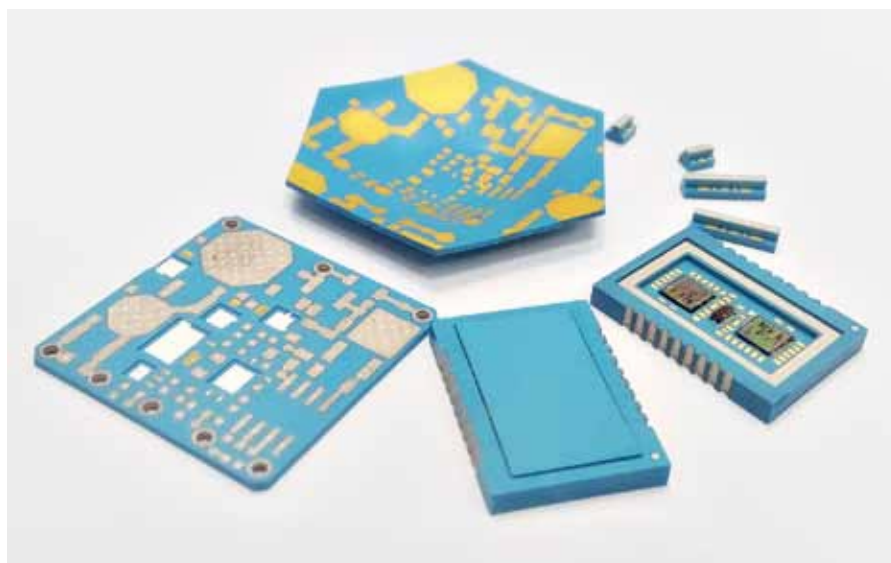
ВЫБОР БАЗОВОГО ПОДХОДА

Для реализации модульного принципа разработки отечественной ЭКБ необходимо выбрать базовый подход. При этом нужно учитывать, что наиболее динамично развивающимися и критичными с точки зрения импортозамещения и дальнейшего развития типами ЭКБ являются полупроводниковые изделия и электронные модули, в том числе цифровой и СВЧ-электроники.

Приведенный выше пример разработки СНК находит широкое применение в данных областях, в том числе и в нашей стране. В России существует ряд дизайн-центров, выполняющих разработку СНК на передовых технологических нормах и с архитектурами, соответствующими мировому уровню. Однако этот подход в текущей ситуации обладает рядом недостатков, среди которых:

- длительный процесс проектирования и верификации проектов;
- большие затраты времени и средств при внесении изменений в проект по результатам испытаний опытных образцов;
- высокая стоимость производства малых партий изделий;
- широкое применение IP-блоков от зарубежных поставщиков;
- изготовление кристаллов с малыми проектными нормами на зарубежных фабриках до введения в эксплуатацию и отработки соответствующих технологий на российских предприятиях, что приводит к зависимости от иностранных фабрик и, следовательно, ставит под угрозу безопасность и надежность поставок.

Большая часть ЭКБ, востребованной отечественной промышленностью на данный момент и в обозримой перспективе, характеризуется низкими объемами с точки зрения кристалльного производства и широкой номенклатурой, что является труднопреодолимым препятствием для обеспечения конкурентоспособности в сравнении с продукцией крупных зарубежных производителей как в отношении скорости развития, так и в ценовом аспекте. В то же время такая



Примеры выполнения LTCC-подложек и модулей на их основе

ЭКБ в своем большинстве не требует применения передовых проектных норм, преимущественно востребованных в массовых потребительских изделиях, таких как мобильные телефоны.

В связи с этим представляется целесообразным в качестве базового подхода рассмотреть системы в корпусе (СвК), в которых модульность обеспечивается на уровне отдельных кристаллов, а не части кристалла, что позволяет унифицировать изделия кристалльного производства, тем самым сократив их номенклатуру и повысив применяемость каждой позиции, а следовательно и объемы партий.

Далее, при применении систем в корпусе обеспечивается модульность и на следующем уровне конструктивной декомпозиции. При возможности трехмерной компоновки СвК добавление в нее новых кристаллов и других компонентов для расширения функциональности может происходить без изменения посадочного места. Таким образом, замена такого компонента на его новую версию может выполняться без изменения конструкции печатной платы.

КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ СИСТЕМ В КОРПУСЕ

При выборе конструктивного исполнения СвК необходимо учитывать требования высокой функциональности и снижения массогабаритных характеристик современных и перспективных образцов ЭКБ, что наряду с упомянутым выше обеспечением модульности на уровне печатного узла диктует применение трехмерных структур электронных модулей.

В сравнении с другими типами используемых в настоящее время конструкций СвК, такими как модули на кристаллах, на печатных платах, толстопленочные ГИС, существенными преимуществами обладает применение в качестве подложки модуля низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC). Эти преимущества включают следующее:

- возможность интеграции в одном модуле устройств различного функционального назначения, таких как приемопередатчики беспроводных протоколов, аналоговые схемы и схемы преобразования, средства обработки данных, схемы обеспечения электропитания и др.;
- высокая плотность компоновки, в том числе за счет применения трехмерных многослойных керамических подложек и размещения пассивных компонентов внутри подложки, позволяет значительно уменьшить габариты изделий и длину электрических связей, в особенности в сравнении с модулями на печатных платах;
- высокая надежность за счет монолитности подложек с проводящими и диэлектрическими

зонами, а также возможности выполнения соединений с кристаллами и компонентами по различным технологиям, включая приклепку, пайку и проволочную разварку;

- прогнозируемое и управляемое распределение тепловых полей в объеме;
- рабочие частоты до 100–120 ГГц;
- рабочие температуры от –60 до 350 °С;
- низкая температура обжига керамики позволяет применять проводники с малым удельным сопротивлением, такие как золото и серебро, вместо молибдена и вольфрама, используемых в технологии высокотемпературной керамики (HTCC);
- высокая степень автоматизации, компактность и экологическая чистота производства многослойных керамических модулей, отсутствие «мокрых» химических процессов.

Исходя из указанных преимуществ перспективным представляется применение в качестве конструктивного исполнения высокофункциональных 3D-модулей с малыми массогабаритными характеристиками трехмерных микросборок на основе LTCC-структур.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Производство кристаллов для применения в 3D-LTCC СвК, обеспечивающих функциональность для большого количества текущих задач импортозамещения и создания востребованной отечественной ЭКБ, сопоставимую с IP-блоками в СвК, может быть организовано на технологических процессах с проектными нормами, существующими на российских фабриках. В перспективе, с вводом в строй новых фабрик с меньшими проектными нормами их возможности будут востребованы для дальнейшего улучшения характеристик, функциональности, миниатюризации и расширения сферы применения систем в корпусе.

Для реализации техпроцесса изготовления 3D-LTCC СвК Научно-производственным центром «СпецЭлектронСистемы» (НПЦ СЭС) была создана производственная площадка в Технополисе «Москва». Данное производство обеспечивает полный цикл разработки и изготовления трехмерных многослойных керамических модулей на основе технологии LTCC, включая сборку и герметизацию изделий. Производственная структура и наличие спектра базовых технологий обеспечивают возможность одновременного выполнения как работ по созданию новых продуктов, включая изготовление экспериментальных, пилотных образцов, так и серийного производства разработанных изделий.

Следует отметить, что применение унифицированных кристаллов и отработанных типовых техпроцессов LTCC с соответствующим комплексом

производственного контроля качества и подтвержденной повторяемостью позволяет существенно сократить временные затраты, связанные с постановкой на производство и испытаниями новых изделий.

ЭКОСИСТЕМА

Процесс разработки, производства и применения ЭКБ, основанной на технологии 3D-LTCC, предполагает формирование экосистемы, охватывающей всю цепочку, включая разработку и производство кристаллов и дискретных компонентов для применения в системах в корпусе. Для того чтобы в полной мере реализовать потенциал по сокращению сроков создания новых изделий ЭКБ, необходимо формирование библиотек стандартных компонентов и блоков, доступных для всех компаний, участвующих в разработке СВК, в том числе из числа субъектов малого и среднего бизнеса, привлечение которых к участию в данном процессе могло бы дать существенный эффект. Еще одним немаловажным компонентом экосистемы должны стать разработчики и поставщики САПР, при этом использование САПР должно стать унифицированным, а доступ к ним должен быть обеспечен в том числе посредством центров коллективного пользования.

Создание полноценной экосистемы обеспечит комфортные условия для интеграции в процесс разработчиков аппаратуры, которые за счет использования в своих разработках передовых отечественных СВК смогут достичь высоких, конкурентоспособных характеристик конечных изделий. ●

От редакции

Предложенная в статье концепция, направленная на качественное сокращение сроков создания передовой ЭКБ, предполагает взаимодействие множества предприятий электронной и радиоэлектронной отрасли.

Мы предлагаем представителям предприятий и другим заинтересованным лицам высказать свое мнение о данной концепции на страницах нашего журнала.

Пожалуйста, присылайте ваши статьи и отзывы на электронную почту redactor@electronics.ru