

ПЛИС АСТЕЛ – ПЛАТФОРМА ДЛЯ "СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ" БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

Сегодня в России, как и во всем мире, подходы к созданию электронных устройств и систем, работающих в тяжелых условиях эксплуатации, существенно меняются. Основная тенденция – переориентация на специализированные изделия с сокращенным циклом проектирования и производства, что позволяет достигать максимальной эффективности при выполнении конкретных задач управления, контроля и сбора информации. На передний план выходит концепция построения "системы на кристалле" (System on Chip – SoC). Наиболее серьезное препятствие для ее реализации – это, безусловно, высокая стоимость изготовления СБИС такого типа. Их разработка, отладка и освоение производства требуют значительных затрат, поэтому ощутимый экономический эффект можно получить только при выпуске больших партий этих изделий – как правило в сотни тысяч устройств. Однако сегодня для построения "системы на кристалле" появилась экономически эффективная альтернатива СБИС – программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Новые поколения этих микросхем способны конкурировать со СБИС как по числу вентилях, быстродействию и надежности, так и по функциональности. Более того, сейчас на рынок выпущены матрицы, не требующие внешних средств для хранения и загрузки конфигурации и готовые к работе с момента подачи питания, что до сих пор считалось исключительным преимуществом СБИС.

Внедрение концепции "системы на кристалле" признано одним из приоритетных направлений развития отечественной электроники, определяющим, по сути, технологию построения будущих поколений бортовой аппаратуры (рис.1). "Система на кристалле" имеет три принципиальные особенности:

- в одной микросхеме технологической платформы (как правило, СБИС или ПЛИС сверхвысокой степени интеграции) реализован функционально законченный набор модулей управления и обработки данных;

А.Попович
alexander.popovich@actel.ru

- встроенный микропроцессор ориентирован преимущественно на выполнение задач управления, а не обработки данных;
- поток данных в системе организован непосредственно между контроллерами, а не через микропроцессорную шину.

Среди основных достоинств правильно спроектированной "системы на кристалле" следует выделить максимальную эффективность в решении прикладных задач. Это обусловлено глубокой оптимизацией внутренней структуры и отсутствием избыточности, характерной для систем, построенных на основе универсальных компонентов. А высокая оптимизация определяет высокую экономическую эффективность подобных решений как за счет прямой экономии (снижение числа компонент на плате, уменьшение площади печатной платы и пр.), так и за счет косвенной экономии (меньшего энергопотребления, повышения надежности, производительности, уменьшения объема аппаратной отладки и пр.).

Реализованная на базе высоконадежной и высокоскоростной ПЛИС "система на кристалле" помимо всех достоинств, присущих решениям на основе СБИС, имеет важные дополнительные преимущества:

- значительное сокращение расходов на изготовление микросхем и экономический эффект при реализации проектов малой и средней серийности (до десятков тысяч штук);
- существенное сокращение сроков выпуска новых изделий на рынок (time to market);
- гибкая конфигурируемость системы в соответствии с текущими нуждами конкретного проекта и задачами упрощения модификации;
- повышенная надежность изделия благодаря 100%-ному тестированию производителем регулярной структуры платформы;
- возможность высокоэффективной внутрикристалльной отладки;

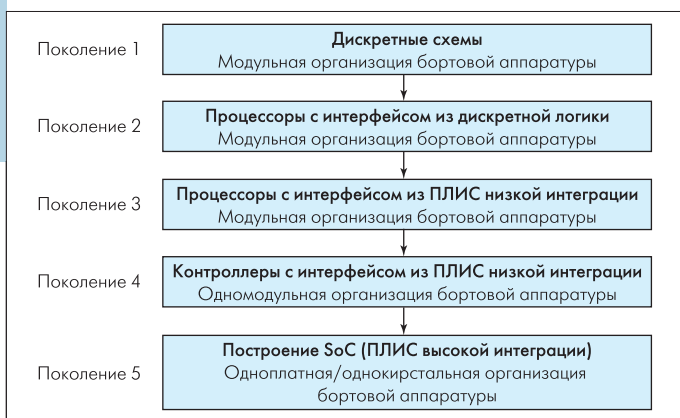


Рис.1. Поколения бортовой электронной аппаратуры



- возможность прототипирования изделий для особых условий эксплуатации на основе функционально идентичных, но более дешевых коммерческих исполнений платформы.

Один из самых успешных разработчиков и производителей в области новых технологий ПЛИС высокой надежности, используемых в тяжелых условиях эксплуатации, – Actel Corp. (www.actel.ru), специализирующаяся с 1985 года на производстве ПЛИС как для военных и авиационно-космических приложений, так и для нужд промышленности и потребительского рынка. Компания прочно занимает место в первой тройке мировых производителей ПЛИС общего назначения и уже много лет лидирует на рынке радиационно стойких ПЛИС, выпуская до 80% мирового объема этих изделий для бортового оборудования космических аппаратов. Actel непрерывно вкладывает значительные средства в совершенствование своих технологий. Наивысшие приоритеты развития сегодня – это надежность, которая всегда отличала продукцию корпорации, и обеспечение комплексной интеграции цифровой электроники на одном кристалле ПЛИС.

Сегодня Actel предлагает три основные группы изделий:

- многократно программируемые ПЛИС на основе Flash-технологии;
- однократно программируемые ПЛИС на основе технологии прожигаемых перемычек (Antifuse);
- радиационно стойкие ПЛИС с уникальными характеристиками на основе технологии Antifuse.

Как однократно, так и многократно программируемые ПЛИС компании Actel последних поколений благодаря своей уникальной архитектуре и функциональности, приближенной к СБИС, а также

высоким показателям надежности идеально подходят для построения "систем на кристалле".

Основное отличие ПЛИС компании от традиционных матриц на основе ячеек СОЗУ – это способ хранения конфигурации. Элементы памяти (перемычки в семействах Antifuse и флэш-ключи в семействах Flash) ПЛИС Actel распределены по всей площади кристалла и являются одновременно ключами, задающими конфигурацию. Такое технологическое решение позволяет избавиться от потенциально ненадежной коммутационной матрицы (ГКМ) на основе ячеек СОЗУ, не защищенных от высокоэнергетических частиц, воздействующих на электронные устройства даже на уровне моря, а также отказаться от всех элементов, участвующих в процессе загрузки конфигурации. На сегодняшний день аналогов этой технологии нет.

Рассмотрим современные семейства ПЛИС, предлагаемые компанией Actel. Новые семейства однократно программируемых ПЛИС, выполненных по технологии Antifuse, характеризуются следующими особенностями:

- рекордной надежностью – FIT, или число отказов/сбоев на 10^9 ч наработки не более 10;
- чрезвычайно низким энергопотреблением;
- большой логической емкостью – до 4 млн. системных вентиляей*;
- рекордной системной производительностью – свыше 500 МГц;
- отсутствием процесса загрузки конфигурации и готовностью к работе с момента подачи питания;

*Сегодня на рынок выпущены микросхемы емкостью до 2 млн. системных вентиляей – семейство Axcelerator. ПЛИС с 4 млн. вентиляей появятся в продаже в конце 2004 года.

- защищенностью от воздействия высокоэнергетических частиц (даже у коммерческих изделий) – свыше 60 МэВ/см² и высокой радиационной стойкостью – накопленная доза (TID) более 300 крад;
- отсутствием возможности несанкционированного считывания конфигурации – конфигурация защищена технологией FuseLock, при запуске нет конфигурационной последовательности (bit-stream);
- доступом специализированного логического анализатора к любому элементу работающей схемы без затрат трассировочных ресурсов самой ПЛИС;
- широким выбором поддерживаемых стандартов ввода-вывода – LVDS, HSTL1, SSTL2/3, GTL+, LVTTL, LVCMOS, LVPECL;
- полной совместимостью по корпусам изделий различной емкости и в различном исполнении: от коммерческих до выполненных в соответствии со стандартом MIL-STD-883B и радиационно стойких;
- высокой экономической эффективностью.

ПЛИС, выполненные по технологии Antifuse, объединяют в себе достоинства традиционной программируемой логики и базовых матричных кристаллов (БМК) и позволяют потребителю производить БМК непосредственно "у себя на столе". Но неопытных разработчиков иногда отпугивают трудности применения однократно программируемых матриц, которые невозможно проектировать по популярному циклическому маршруту "написал-прошил-посмотрел". Для подобного стиля работы Actel предлагает многократно программируемые матрицы. При этом следует отметить, что все изделия Actel изначально ориентированы на применение классического маршрута проектирования СБИС на языках описания оборудования высокого уровня (HDL).

Выпускаемые компанией Actel многократно программируемые матрицы на основе Flash-технологии имеют следующие достоинства:

- возможность перепрограммирования непосредственно в системе (ISP);
- логическая емкость до 1 млн. системных вентиляй*;
- малое энергопотребление;
- высокая системная производительность – до 350 МГц;
- готовность к работе с момента подачи питания – отсутствует процесс загрузки конфигурации;
- высокая радиационная стойкость – накопленная доза до 100 крад и устойчивость к воздействию высокоэнергетических частиц свыше 60 МэВ/см² (для микросхем в исполнении MIL-STD-883B);
- отсутствие возможности несанкционированного считывания конфигурации – конфигурация защищается технологией FlashLock, конфигурационная последовательность при запуске отсутствует;
- богатый выбор поддерживаемых стандартов ввода-вывода;
- полная совместимость по корпусам изделий различной емкости и в различном исполнении.

К выпуску готовится новое поколение многократно программируемых ПЛИС емкостью до 3 млн. системных вентиляй с улучшенной архитектурой ячейки, расширенным набором интерфейсов ввода-вывода и с блоками флэш-памяти для хранения программ или данных микропроцессоров, встроенных в "систему на кристалле".

Современный маршрут проектирования интегральных систем (рис.2) состоит из трех основных этапов: ввода (описания) проекта, его синтеза в выбранном базисе и, наконец, трассировки и размещения на кристалле. Неотъемлемая часть маршрута проектирования

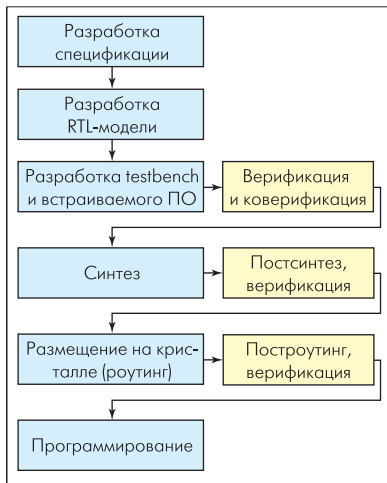


Рис.2. Современный маршрут проектирования интегральных систем

– комплексная верификация дизайна с помощью средств симуляции после каждого из основных его этапов: до синтеза, после синтеза и после размещения на кристалле. Если спецификация проекта (включая построение testbench) разработана с должным качеством и последовательно реализована в RTL, можно практически полностью выявить и устранить ошибки дизайна еще до программирования кристалла. Такой подход, конечно, выдвигает высокие требования к организации проектной группы и самодисциплины всех ее инженеров и менеджеров. Однако результаты работы, выраженные в качестве конечного изделия, безусловно, окупают организационные затраты. Поскольку проекты разработки "систем на кристалле" по своей сложности значительно превосходят "обычные" проекты создания связующих логических схем на ПЛИС, роль средств управления группой разработчиков становится не менее важной, чем роль комплексов программных средств разработки ПЛИС и СБИС (EDA), например FPGA Advantage фирмы Mentor Graphics.

Коротко рассмотрим основные требования к организации проектного менеджмента при создании систем на кристалле. Современная система управления разработкой, построенная в соответствии с требованиями международных стандартов качества ISO, должна предусматривать проведение проектных форумов для обсуждения технических деталей проекта в режиме реального времени. Кроме того, в нее должны входить подсистемы отладки проектов (issue tracking), хранения исходных данных проекта (knowledge base), контроля версий (version control) и планирования для прогноза сроков выполнения этапов проекта и оперативной корректировки планов. При этом значительно возрастают требования к руководителю проекта, который должен оперативно управлять работой группы в реальном времени.

Одна из компаний, успешно разрабатывающих системные решения на основе новых поколений ПЛИС высокой интеграции фирмы Actel, – петербургское СКБ Интегральных Систем (www.asicdesign.ru), имеющее статус официального технического центра Actel в России.

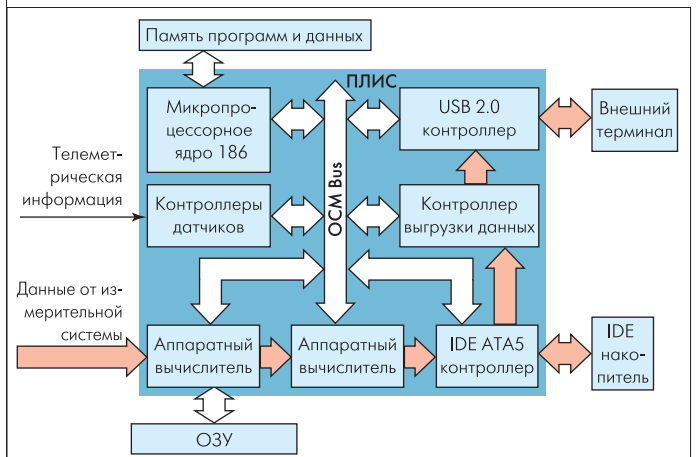


Рис.3. Структура БУВК SnK186

*Сегодня на рынке представлены микросхемы семейства Flash второго поколения (ProASIC^{plus}) емкостью до 1 млн. системных вентиляй. ПЛИС третьего поколения емкостью до 3 млн. вентиляй планируются к выпуску в конце 2004 года.



На платформе ПЛИС ProASIC^{plus} в СКБ ИС создан комплекс программно-аппаратных решений SnK186 для построения бортовых регистраторов высокоскоростных данных.

Структура устройства (рис.3), представляющего собой бортовой управляющий вычислительный комплекс (БУВК) автономного робота с подсистемой сбора и хранения потоковых данных (160 Мбит/с), реализована на одной печатной плате с "системой на кристалле" на основе ПЛИС АРА750-PQ208I емкостью 750 тыс. системных вентилей. В состав системы входят: процессорное ядро Турбо186, контроллер USB 2.0 с производительностью 480 Мбит/с, контроллер IDE ATA5 для внешнего накопителя, контроллер телеметрической информации и аппаратный компрессор данных "без потерь". Плата

с потреблением около 1 Вт и габаритами 100x200 мм позволила заменить громоздкий бортовой промышленный компьютер, существенно улучшив эксплуатационные характеристики и параметр FT системы в целом. Очевидно, что подобные решения находят применение в большом числе бортовых приложений в самых различных областях, где важны габариты и энергопотребление устройства, а к надежности системы предъявляются повышенные требования. Благодаря широкому применению технологии "система на кристалле" на основе оптимальной платформы ПЛИС такие решения позволят выйти на новый технологический уровень и будут способствовать повышению качества и функциональности отечественной электроники.

