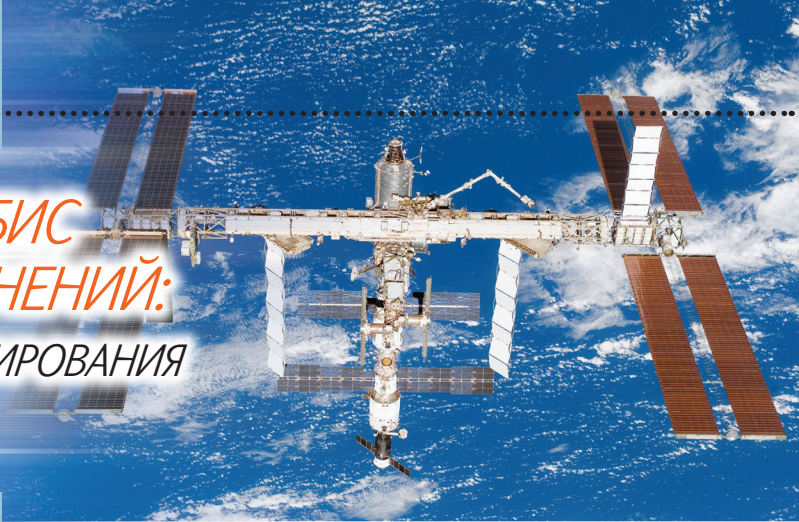


СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СБИС ДЛЯ КОСМИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ: ПЛАТФОРМЕННЫЙ ПРИНЦИП ПРОЕКТИРОВАНИЯ И АППАРАТНАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ



Платформенный метод разработки аппаратуры – это еще один модный, но малосодержательный лозунг? Или же практический инструмент, позволяющий существенно упростить и ускорить процессы создания аппаратуры и элементной базы? Авторы показывают, как на основе платформенного подхода можно реально создавать специализированные аппаратно-программные комплексы и элементную базу для них. Что существенно, рассказано об аппаратных средствах, обеспечивающих верификацию на промежуточных стадиях сложного проекта.

ПЛАТФОРМЕННЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В предыдущей статье [1] был сформулирован подход к разработке и производству ЭКБ космического применения на отечественной технологической базе. Мы показали, что в ближайшей перспективе (до 2015 года) возможен переход на преимущественное использование отечественной элементной компонентной базы (ЭКБ) в аппаратуре служебных систем КА. Что касается аппаратуры целевых систем, то там еще долго доля ЭКБ зарубежного производства будет оставаться значительной. Причем зачастую индустриального уровня качества, в силу отсутствия ЭКБ космического уровня качества, обеспечивающей требуемые функциональные характеристики – быстродействие, логическую емкость, объем памяти и т.п. И разработчики аппаратуры следуют понимать эту ситуацию при формировании перечней и заявок, и на разработку ЭКБ.

Несмотря на то, что в России появляются первые субмикронные производства, необходимо отдавать себе отчет в том, что ряд технологий в России не будет еще относительно долго. Достаточно проанализировать текст ФЦП "Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы", чтобы увидеть – ближайшие 5–10 лет не следует ожидать технологии радиационно стойкой памяти большой емкости, флеш-памяти, технологий ГЛИС типа "antifuse" и т.п. Это означает, что при проектировании аппаратуры необходимо разумное сочетание отечественной и импортной ЭКБ, а при формировании номенклатуры при опытно-конструкторских работах (ОКР) следует учитывать текущие возможности и перспективы развития микроэлектронных производств.

Ю. Гулин, к.т.н., С. Заводсков, В. Стешенко, к.т.н.
ОАО "Российские космические системы"
А. Руткевич, НПП "Цифровые решения"
steshenko@steshenko.ru

Сокращение сроков выхода продукции на рынок стало в последние годы не переменным условием работы даже в сфере космической электроники. Это предьявляет особые жесткие требования к методологии и средствам проектирования, которые должны обеспечить минимум итераций при создании нового продукта и его производственного освоения.

Одновременно значительно возрастает сложность процесса проектирования. При традиционном подходе хороший дизайнер работает со средней скоростью порядка 100 эквивалентных вентиляей в день или 30 строк RTL-кода [2]. Чтобы спроектировать СБИС сложностью 100 тыс. вентиляей, потребуется 1000 человеко-дней, т.е. команда из пяти человек сможет разработать такую СБИС за год. А на разработку сложной СБИС, порядка 10 млн. вентиляей, в течение одного года потребует команда из 500 человек, что зачастую неприемлемо с точки зрения стоимости разработки.

В последнее время сложилась тенденция постоянного роста доли затрат на разработку программного обеспечения (ПО) РЭА. Если вести разработку ПО и СБИС отдельно, то увеличивается вероятность выявления ошибок на этапах тестирования или эксплуатации всего комплекса аппаратуры.

Можно выделить дополнительные ряд причин, по которым необходимо переходить на новую методологию проектирования:

- в условиях рынка приблильз значительной степени зависит от времени проектирования;
- такие технические параметры СБИС, как производительность, площадь кристалла и потребляемая мощность являются ключевыми факторами в продвижении товара на рынок;
- увеличение степени интеграции делает задачу верификации качественно более сложной;
- из-за новых особенностей и глубокосубмикронных технологий все труднее удовлетворить все требования при временных ограничениях (timing);
- команды разработчиков высокоинтегрированных СБИС имеют различный уровень знаний и опыта в области проектиро-



вания, и часто при выполнении проектов СБИС расположены в различных частях мира.

Выход из создавшейся ситуации очевиден – необходимо изменить методологию проектирования СБИС. Наиболее перспективным направлением сегодня представляется методология проектирования СБИС типа "система на кристалле" (СНК) с использованием платформенного принципа организации.

В современной российской электронике нет четкого определения понятия "аппаратная платформа". В общем случае, в платформах СБИС типа "система на кристалле" должны содержаться, как минимум, процессорное ядро, контроллер памяти, универсальный асинхронный приемопередатчик, таймер, схема обеспечения безопасности, универсальные средства ввода/вывода с открытой шинной архитектурой для связывания всех элементов между собой, например, на базе шины AMBA или Wishbone

Платформенный подход к проектированию означает применение единой среды проектирования "комплекс-аппаратура-компоненты" на основе перспективных микроэлектронных технологий. Он предполагает систематическое повторное использование стандартных высокоинтегрированных сертифицированных СФ-блоков. В результате достигается высокая степень унификации проектных решений и нормативной базы, а также возможность контроля качества на любом этапе разработки, производства и эксплуатации.

Основными преимуществами такого подхода являются:

- значительное сокращение сроков и стоимости разработки сложных систем при сохранении высокой функциональности;
- гибкость при решении нестандартных задач за счет возможности наращивания физических интерфейсов и программного обеспечения;
- улучшение массогабаритных характеристик аппаратуры, построенной на базе СБИС аппаратных платформ;
- аппаратная верификация алгоритмов на всех стадиях разработки проекта.

Предлагаемая методика проектирования предусматривает инвариантность технологически библиотекам элементов конкретных производителей ЭКБ, обеспечивая возможность миграции проекта.

СРЕДСТВА АППАРАТНОЙ ВЕРИФИКАЦИИ

Одной из основных задач при платформенном подходе к проектированию СНК становится совместная верификация программного и аппаратного обеспечения, а также отработка функционирования СНК в составе прибора, комплекса. Для этих целей применяются специализированные аппаратные решения – платформы для верификации.

На мировом рынке аппаратных платформ для верификации уже намечилось несколько лидеров. Одной из первых разработок является персональный эмулятор ZeBu-ZV компании EVE (рис. 1). Архитектура ZeBu-ZV позволяет исполь-



Рис. 1. Персональный эмулятор ZeBu-ZV компании EVE

зовать эту платформу как разработчиками аппаратуры, так и разработчиками ПО.

Эмулятор обладает логической емкостью до 1,5 млн. эквивалентных вентилях, системной памятью объемом 128 Мбит и тактовой частотой до 12 МГц. Данная модель идеальна для верификации отдельных логических блоков, СФ-блоков, небольших проектов, реализуемых в FPGA или ASIC. Эмулятор реализован в виде стандартной PCI-платы, вставляемой непосредственно в настольный ПК, с возможностью интеграции с популярными логическими симуляторами средствами синтеза. Интерфейс внутри схемной эмуляции ICE под позволяет подключить эмулятор к целевой системе или СФ-ядру с использованием 744 портов ввода/вывода. Эмулятор можно сопрягать с популярными программными отладчиками через 16-контактный интерфейс SmartICE или виртуальный JTAG-транзактор.

Для аппаратной верификации систем на базе процессорного ядра LEON (синтез абельное 32-разрядное процессорное RISC-ядро архитектурой SPARC V8 компании Aeroflex Gaisler) существуют аппаратные платформы компаний Surrey Space Centre и Astrium SAS (рис. 2)

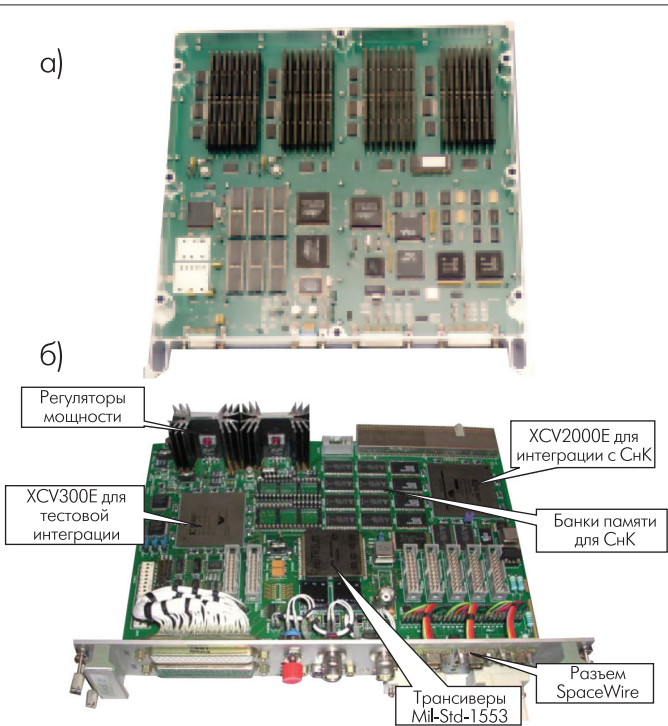


Рис. 2. Аппаратные платформы компаний Surrey Space Centre (а) и Astrium SAS (б) для аппаратной верификации систем на базе процессора LEON

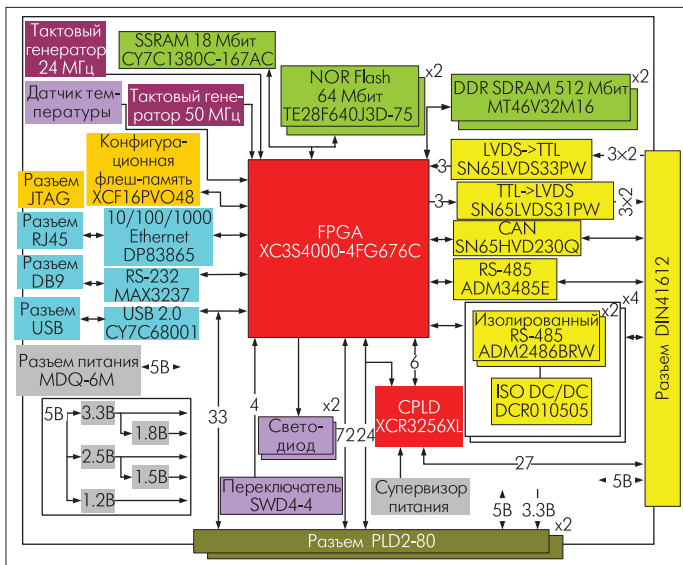


Рис. 3. Структурная схема аппаратной платформы "DS-E-4000"

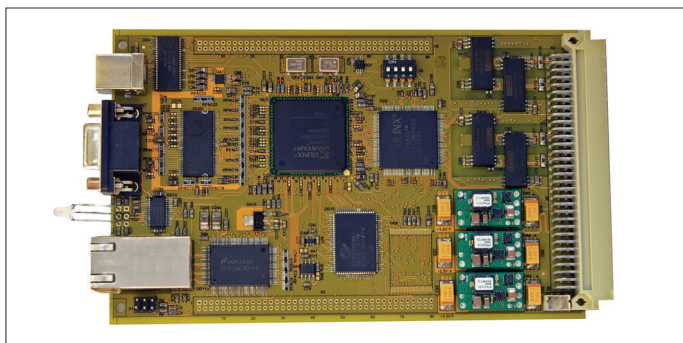


Рис. 4. Конструкция аппаратной платформы "DS-E-4000"

Начинает формироваться и отечественный сегмент средств аппаратной верификации. В частности, для полной верификации и прототипирования СБИС и аппаратной верификации СФ-блоков компания ИГТТ "Цифровые решения" производит аппаратную платформу "DS-E-4000" (рис. 3, 4).

Для программно-аппаратной верификации СБИС и СФ-блоков РЭА высокоскоростной обработки и передачи потоков данных в Отраслевом центре проектирования СБИС при ОАО "Российские космические системы" разработан специализированный унифицированный электронный модуль (УЭМ). В его состав входят (рис. 5) четыре электронных узла сбора и обработки данных (УЭСОД), вторичный источник питания (ВИП) и электронный узел коммутации (УЭК). УЭСОД связаны между собой шиной LVDS, а также шинами MIL-STD-1553 и CAN, имеющими один основной и один резервный каналы. Внешние устройства подключаются к УЭМ по шинам MIL-STD-1553, CAN и по одному из трех возможных интерфейсов: LVDS, RS-485 и дискретные порты ввода/вывода общего назначения (DIO) (в зависимости от выбранной конфигурации). Питание на УЭСОД подается с ВИП через УЭК.

УЭСОД исполнен по типу размеру 6U (233,35×160 мм) стандарта МЭК 60297 (Евромеханика 19) (рис. 6, 7). Он непосредственно обеспечивает программно-аппаратную верификацию

СБИС и СФ-блоков, а также обработки и передачу потоков данных. УЭСОД поддерживает ряд наиболее популярных интерфейсов, включая видеовыход в формате DVI Single Link (см. табл.).

Применение аппаратных средств верификации позволяет сократить число итераций при проектировании СБИС, что особенно важно при работе в режиме заказного производства.

ПЛАТФОРМЕННЫЙ МЕТОД ПРИ СОЗДАНИИ СБИС

С использованием платформенного принципа проектирования в Отраслевом центре проектирования специализированных СБИС ОАО "Российские космические системы" разработан ряд СФ-блоков, в частности – процессорные ядра, АЦП, контроллеры памяти, интерфейсов и видеоконтроллеры. В качестве примера СНГ, разработанной в Центре на основе платформенных принципов, рассмотрим СБИС контроллер наземной и бортовой аппаратуры проектного минораммио, 18 мкм (рис. 8). Сейчас опытные образцы этой СБИС проходят испытания.

СБИС содержит набор СФ-блоков:

- 32-разрядное процессорное ядро с архитектурой SPARC V8;
- модуль отладки;
- контроллеры интерфейсов: MIL-STD-1553, CAN, USB 2.0, Ethernet (MAC-уровень); UART (с функцией отладки);
- SVGA-видеоконтроллер;
- контроллер памяти;
- контроллер шины AMBA, мост AMBA – AHB/APB;
- таймеры, контроллер прерываний, контроллер портов общего назначения;
- цифровой блок сигма-дельта АЦП;
- системный контроллер.

СФ-блоки взаимодействуют через шину AMBA.

На базе разработанной базовой СБИС контроллера планируется создать модельный ряд специализированных СБИС для применения в унифицированных узлах служебной аппа-

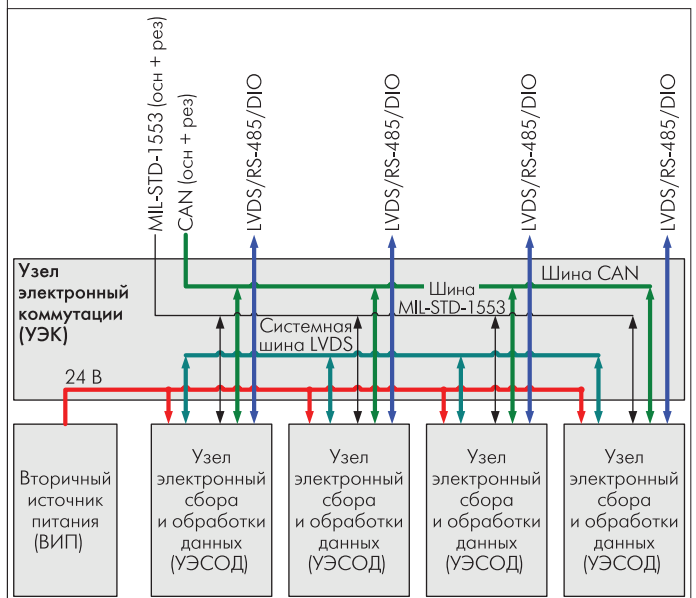


Рис. 5. Структурная схема УЭМ

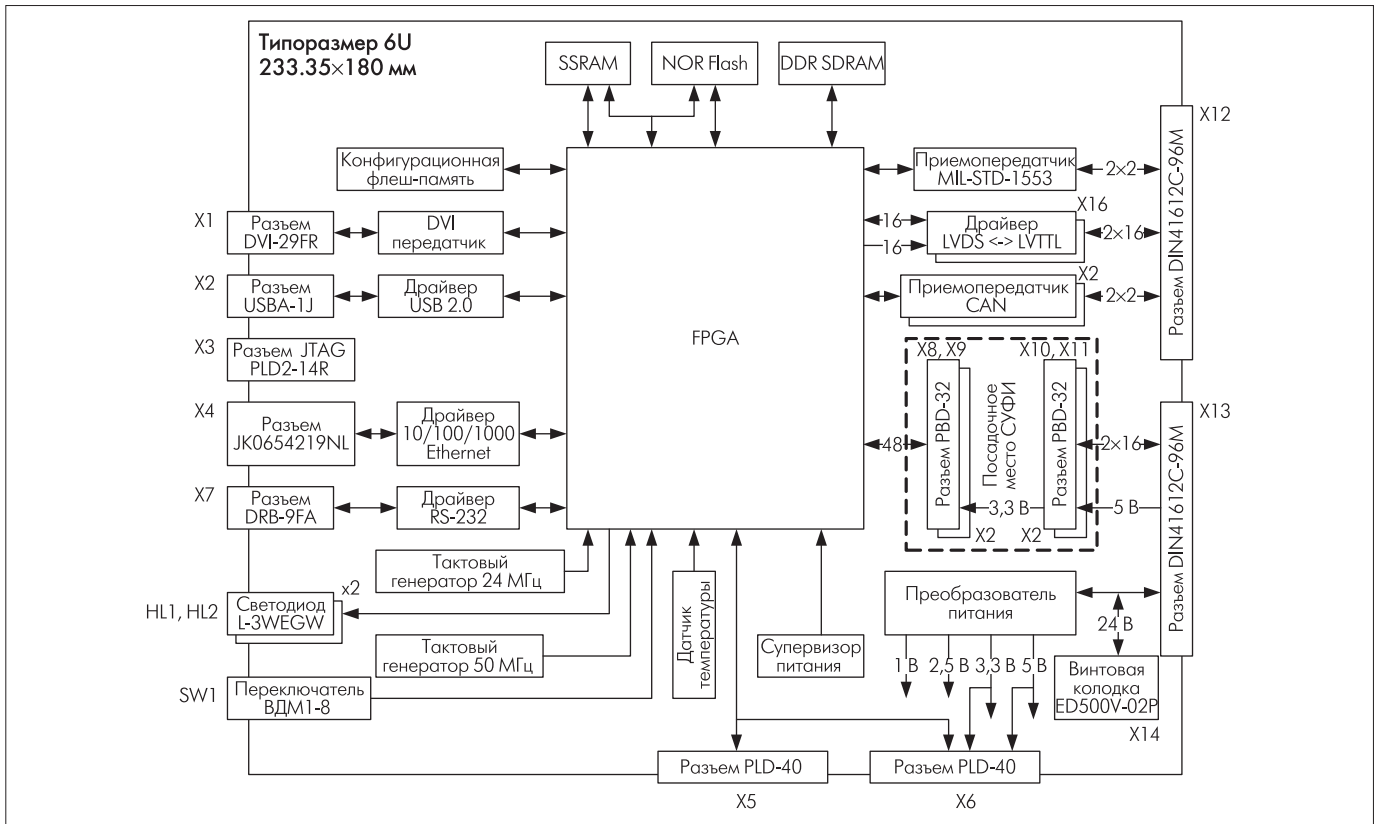


Рис. 6. Структурная схема УЭСОД

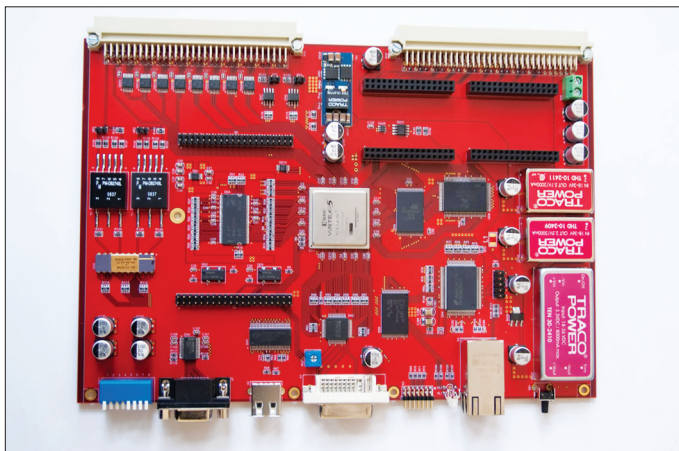


Рис. 7. Конструкция УЭСОД

Интерфейсы УЭСОД

Физический интерфейс	Число физических драйверов
MIL-STD-1553 основной	1
MIL-STD-1553 резервный	1
CAN основной	2
CAN резервный	2
LVDS двунаправленный	16
USB 2.0	1
Ethernet	1
DVI	1
RS-232	1

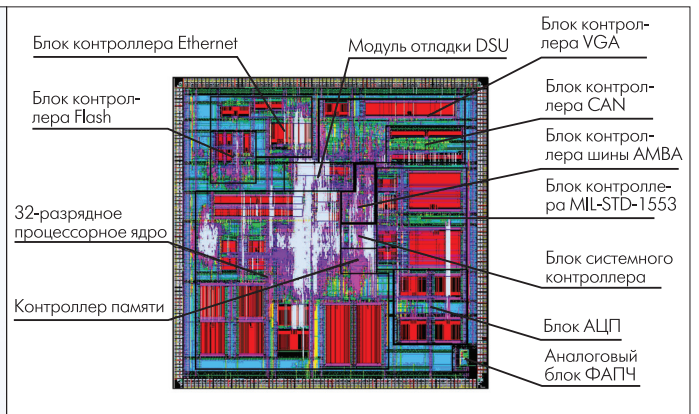


Рис. 8. СБИС типа СЖК контроллера наземной бортовой аппаратуры

ратуры КА. При этом планируется использование отработанных технологических решений в виде протестированных в кремнии СФ-блоков и отработанного встроенного ПО. Подобные решения позволяют заместить СБИС импортного производства, упростить весь цикл производства за счет сокращения номенклатуры применяемых компонентов, повысить надежность и срок службы приборов и систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бумагин А. и др. Специализированные СБИС для космических применений: проблемы разработки и производства. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2010, №1, с.50–56.
2. Бухтеев А.В. Методы и средства проектирования систем на кристалле. – Chip news, 2003, №4, с. 4–14.