

# ПОЛУЗАКАЗНЫЕ СМК – ОСНОВА МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА СБИС СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ю.Завалин, В.Немудров, д.т.н, А.Гришаков, Д.Куликов, к.т.н. zavalin@mri-progress.ru

Перспективное решение для расширения функциональных возможностей радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) при сохранении ее габаритов, массы и энергопотребления – переход от СБИС общего назначения (Application Specified Standard Product, ASSP) к СБИС специального назначения (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC). Недостаток СБИС специального назначения – малый объем их выпуска по сравнению со СБИС общего назначения и обусловленная этим высокая себестоимость. Вариант решения проблемы – использование полузаказных СБИС. Одному из классов таких СБИС и посвящена эта статья.

При создании радиоэлектронных систем специального назначения перед отечественными разработчиками возникает целый комплекс проблем, связанных с непрерывно растущими требованиями к производительности систем, их функциональности, надежности, гибкости, и все более сжатыми сроками разработок в условиях конкуренции. Острый дефицит отечественной функционально-сложной электронной компонентной базы (ЭКБ) вынуждает применять готовые импортные компоненты из ограниченной номенклатуры, что приводит к негативным последствиям. При этом не так опасна гипотетическая возможность "закладок" в микросхемах, как нарушение процессов выпуска и модернизации аппаратуры из-за снятия с производства или прекращения поставок элементной базы, не имеющей аналогов у других производителей.

В связи с введенными Евросоюзом и США в отношении России санкциями политического, экономического и военного характера остро встал вопрос об ограничении использования отечественными предприятиями ОПК иностранных технологий, в частности, изделий ЭКБ. Для решения этой задачи разрабатывается программа по реализации импортозамещения ЭКБ. К сожалению, не все однозначно в ее реализации. Если взять курс на полное копирование аналогов импортных образцов изделий ЭКБ, возникнет серьезная проблема: отставание от оригинала минимум на срок разработки

нового изделия и его запуска в производство – не менее 3–5 лет. К этому добавляется моральное устаревание микросхемы.

Отставание на указанный срок при копировании допустимо в условиях длительного выпуска копируемого изделия, что было обычной практикой на раннем этапе развития полупроводниковой промышленности. Кроме того, ограниченная номенклатура ЭКБ иностранного производства заставляла конструкторов использовать одну и ту же ЭКБ в разнообразной аппаратуре. Сегодня номенклатура применяемой иностранной ЭКБ насчитывает примерно 1200 типономиналов, что делает идею простого копирования бессмысленной.

Поэтому руководством микроэлектронной отрасли рассматриваются возможности проведения поэтапной модернизации аппаратуры на основе существующей и разрабатываемой отечественной ЭКБ и формирования заданий на разработку ЭКБ для будущей модернизации аппаратуры. Решение верное, но оно связано со значительными материальными затратами и длительным временем ожидания, пока завершатся цикл изготовления опытных образцов микросхем различных типов, их полноценные испытания и внедрение в серийное производство. В то же время для аппаратуры специального назначения требуется всего несколько десятков микросхем каждого типа.

В свое время необходимость в широкой номенклатуре типономиналов ЭКБ при крайне малой

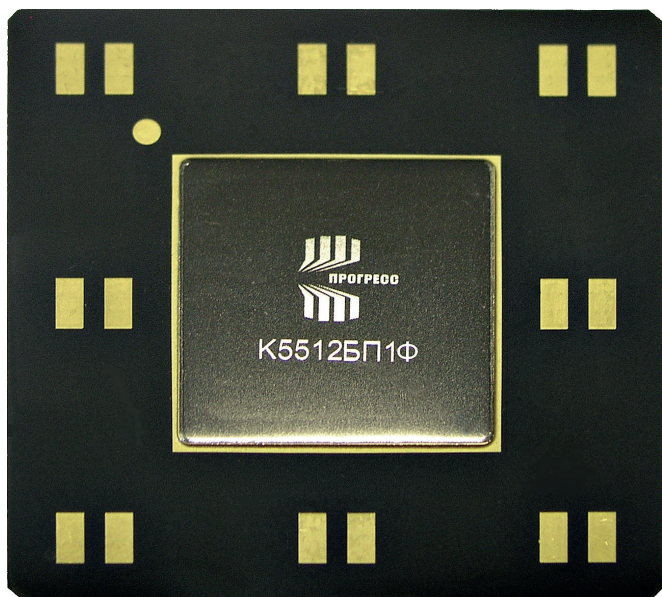


Рис.1. Микросхема К5512БП1Ф

количественной потребности и ограниченных инвестициях в разработки вынудили разработчиков применять в изделиях программируемые логические ИС (ПЛИС) зарубежного производства. Для электронных устройств на основе ПЛИС характерны короткие сроки реализации проекта, низкие затраты и высокая гибкость проектирования. К сожалению, достойной замены иностранным ПЛИС в России нет. Поэтому наиболее простой и понятный путь импортозамещения в части ПЛИС – замена ПЛИС отечественными СБИС на основе базовых матричных кристаллов (БМК), что позволяет частично решить данную проблему при мелкосерийности выпуска.

Двигаясь дальше в этом направлении, АО "НИИМА "Прогресс" предложило импортозамещающую

технологии перевода функциональных аппаратных модулей, реализованных на базе набора "микроконтроллер, ПЛИС и память", на полужаказную программируемую ЭКБ. Институт давно работает над созданием полужаказных СБИС класса "система-на-кристалле" (СНК), позволяющих разработчикам аппаратуры с минимальными затратами оптимизировать используемую ЭКБ исходя из требуемой функциональности. В качестве такого решения предлагается унифицированная полужаказная СБИС типа СНК, состоящая из микропроцессорного ядра; программируемой логики, реализованной на основе БМК; набора типовых интерфейсов и шин.

Данный подход обеспечивает получение СБИС различного функционального назначения путем зашивки прикладных программ процессорного ядра, ориентированных на определенные задачи, во внутреннюю память СБИС, а БМК конфигурируются только путем изменения коммутирующих слоев металлизации. В АО "НИИМА "Прогресс" разработана полужаказная СБИС класса СНК – К5512БП1Ф (рис.1, 2), в состав которой входят:

- отечественный 32-разрядный RISC-микроконтроллер KVARC с тактовой частотой до 150 МГц;
- сопроцессор модульной арифметики с разрядностью 1024 и тактовой частотой 50 МГц;
- четыре блока БМК по 300 тыс. вентиляей;
- масочное ПЗУ 128 Кбайт × 32;
- ОЗУ 64 Кбайт × 32;
- интерфейсы SPI, I<sup>2</sup>C, GPIO, JTAG;
- таймеры, в том числе сторожевой (Watchdog Timer, WDT).

Основные технические характеристики К5512БП1Ф:

- техпроцесс КМОП 0,18 мкм HCMOS8D ОАО "НИИМЭ и Микрон";
- корпус металлокерамический CPGA-325;
- число выводов – 325;
- напряжение питания – 1,8/3,3 В;

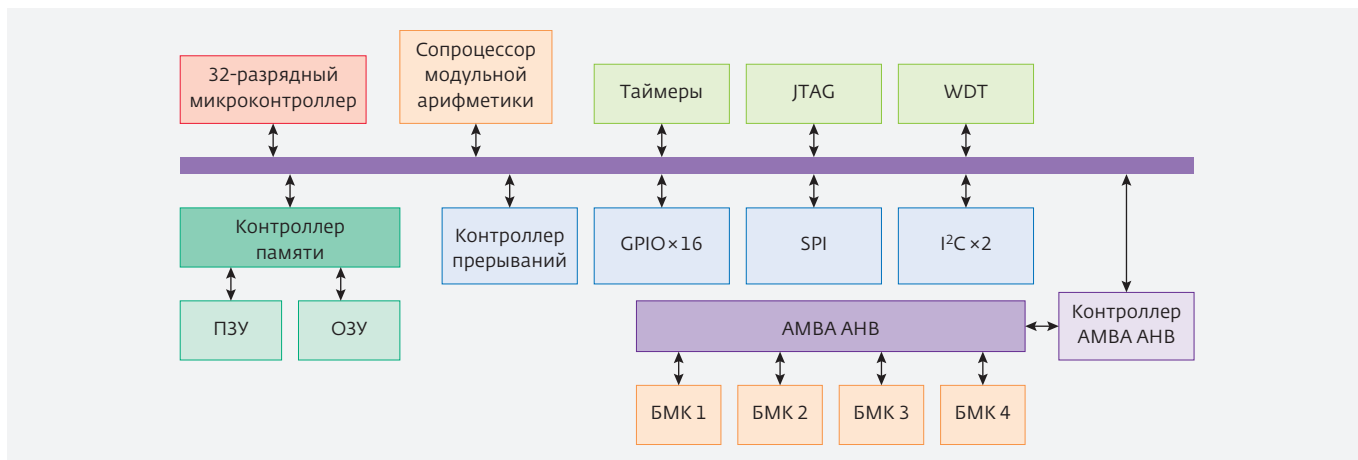


Рис.2. Функциональная схема микросхемы К5512БП1Ф

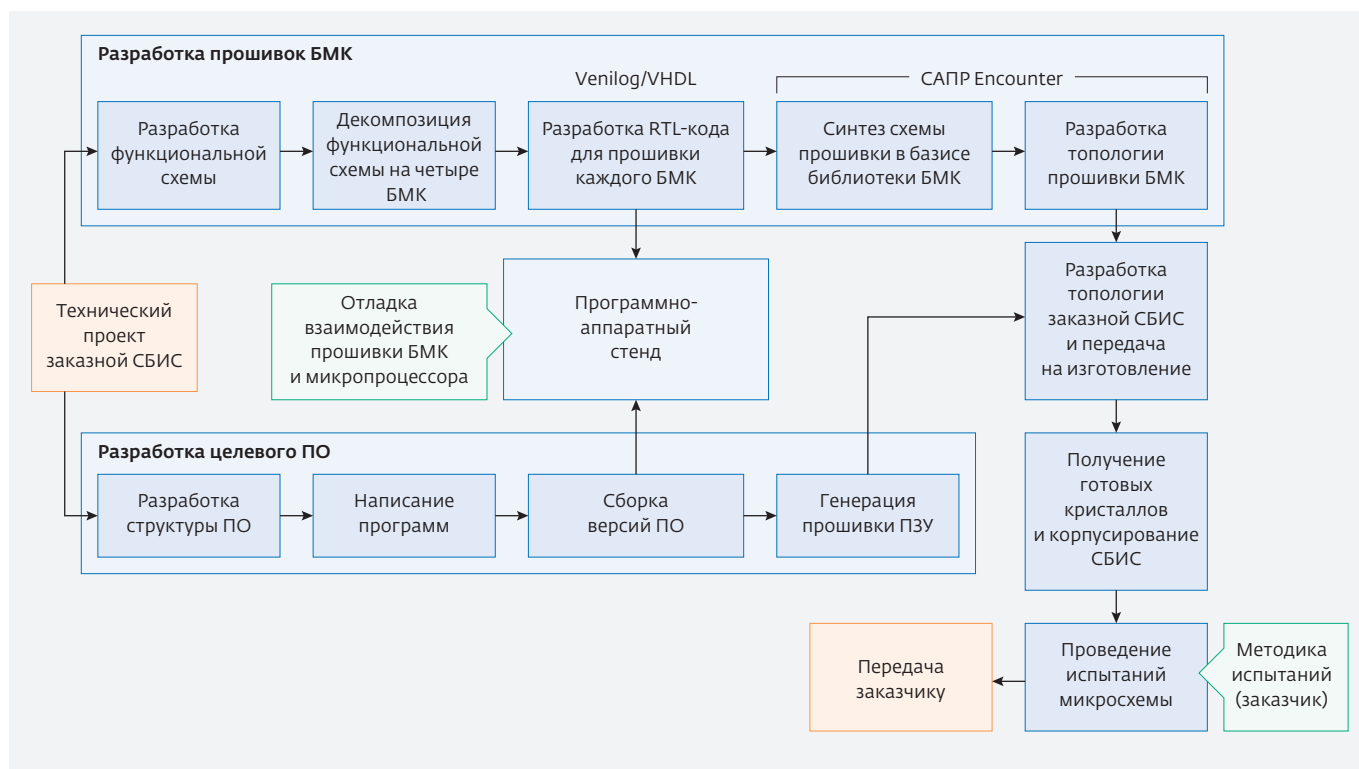


Рис.3. Маршрут проектирования заказных схем на базе полузаказной СБИС 5512БП1Ф

- рабочая частота процессора – до 150 МГц;
- рабочая частота сопроцессора модульной арифметики – 50 МГц;
- ток потребления – не более 155 мА;
- рабочий температурный диапазон – от –40 до 125°C;
- средняя потребляемая мощность – не более 400 мВт;
- число внешних выводов БМК – 4 × 40.

Разработан маршрут проектирования заказных схем на базе СБИС К5512БП1Ф (рис.3).

Самый простой вариант применения данной микросхемы – реализация логических схем в БМК. При этом микропроцессор используется для выполнения сервисных функций. Расширенный вариант – программно-аппаратная реализация законченного функционального узла. В этом случае задействуются как микропроцессор, так и БМК.

Если возможностей одной микросхемы недостаточно для реализации схемы, используется несколько микросхем и организуется обмен данными между ними через штатные интерфейсы или через дополнительный интерфейс в одном из БМК.

Когда требуется реализация только логических схем, организуется общее поле БМК, коммутируемое путем соединения БМК из нескольких микросхем между собой через 40 внешних выводов в каждой БМК. Законченная схема реализуется с использованием общего поля БМК.

Для аэрокосмического применения ЭКБ (в том числе специализированная) должна обладать повышенной надежностью в части сбое-отказоустойчивости и стойкости к воздействующим факторам космического пространства. Для этих целей в АО "НИИМА "Прогресс" разработана вторая модификация полузаказной СБИС типа СнК – 5512БП2Ф (рис.4).

Повышенная стойкость к специальным внешним воздействующим факторам обеспечивается за счет архитектурных, схемотехнических и технологических решений: резервирование и мажорирование основных блоков; использование DICE-ячеек; применение блоков памяти с кодированием Хемминга для контроля и исправления ошибок; технология КМОП КНИ.

Микросхема построена на основе троированного процессорного ядра с архитектурой Комдив-32 (32 бита/66 МГц). По системе команд и средствам проектирования ПО ядро 5512БП2Ф полностью совместимо с микропроцессором 1900ВМ2Т, который успешно используется для бортовой аппаратуры КА. Микросхема поставляется в металлокерамическом 325-выводном корпусе СРГА-325, аналогичном корпусу СБИС К5512БП1Ф.

Состав микросхемы:

- троированное 32-разрядное процессорное ядро;
- масочное ПЗУ 64 Кбайт × 32 бит;
- статическое ОЗУ (СОЗУ) 32 Кбайт × 32 бит;

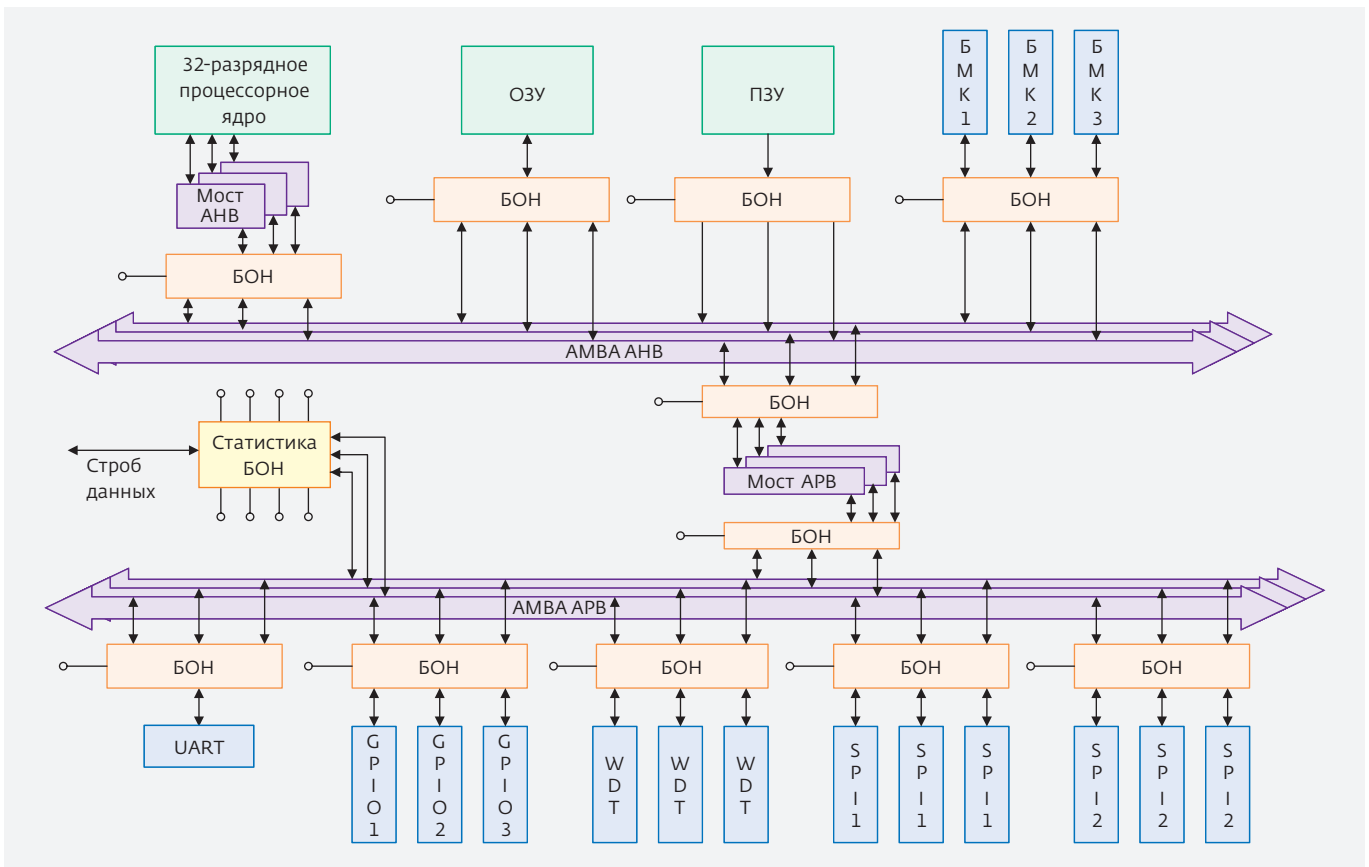


Рис.4. Структурная схема микросхемы 5512БП2Ф. БОН – блок обнаружения неисправностей

- троированный БМК;
- блок статистики;
- два троированных интерфейса SPI;
- троированный сторожевой таймер;
- троированные восьмиразрядные порты общего назначения;

- служебный интерфейс UART.
- Основные технические характеристики 5512БП2Ф:
- техпроцесс КМОП КНИ 0,24 мкм ОАО "НИИМЭ и Микрон";
  - напряжение питания – 3,3 В;
  - встроенная система ФАПЧ для БМК – 150 МГц;
  - число внешних выводов БМК – 3×24;
  - ток потребления – 160 мА в штатном режиме;
  - рабочий температурный диапазон – от –55 до 125°С.
- Функциональные особенности использования и маршрут проектирования аналогичны СБИС К5512БП1Ф.

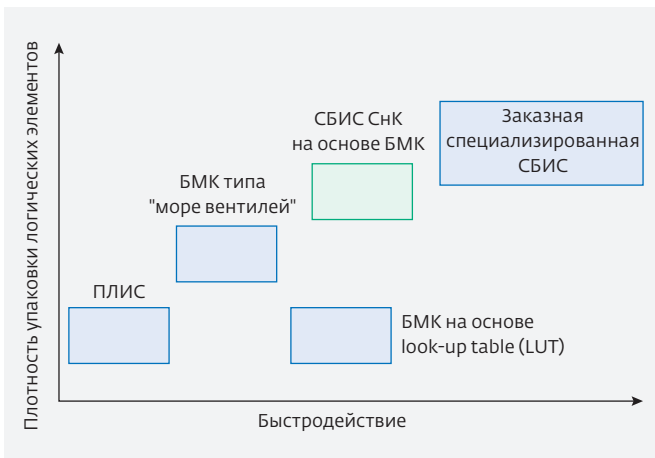


Рис.5. Классы микросхем для проектирования специализированных СБИС типа СнК

В заключение хочется отметить, что предлагаемые АО "НИИМА "Прогресс" изделия являются новым классом (рис.5) полузаказных СБИС для проектирования специализированных СнК, которые позволят реализовать качественно новый подход к разработке РЭА. Переход от серийных, стандартных микросхем к специализированным БИС и СБИС даст возможность не только максимально эффективно использовать преимущества новых технологических процессов (40 нм и менее), но и повысить эффективность применения уже освоенных процессов (250–65 нм).