

Микросборки компании «Миландр» и примеры разработок на их основе

Шота ГОЦИРИДЗЕ
gotsiridze.sh@milandr.ru

В статье рассмотрены две микросборки, созданные по 2D-технологии компанией «Миландр» — «Флип-Чип» (для построения кластерных систем обработки сигналов для систем радиолокации, радиозондирования, систем обработки изображений и т. п.) и «Осведомленность» (для захвата, обработки и дальнейшей передачи полученных данных). Приведены варианты их применения.

Сегодня можно констатировать, что развитие отечественного рынка электроники для ответственных применений испытывает подъем. Данный процесс обусловлен множеством факторов: от внешнеполитических и экономических аспектов до реализации существующего в стране потенциала. Но если пристальнее посмотреть на данный процесс и на то, что за ним стоит, то можно с полной ответственностью заявить, что оживления подобного масштаба не случилось бы в аналогичной ситуации, например, лет 15–20 назад. Поскольку в начале 2000-х отечественная микроэлектроника испытывала тяжелые последствия длительного отсутствия значимых государственных инвестиций, и какое-либо развитие носило скорее инерционный, чем целенаправленный характер. Инженеры и конструкторы многих предприятий, как никто, чувствовали в своих разработках жесткую нехватку современной российской ЭКБ, способной конкурировать с импортом хотя бы в рамках одного порядка. Превалирование последнего в новых разработках носило бесспорный характер

и было практически безальтернативным. Да, не все проблемы были решены за прошедший период, но изменение ситуации в лучшую сторону, которая позволяет разработчикам делать выбор, — свершившийся факт.

«Миландр» — одна из тех компаний, которая предлагает разработчикам аппаратуры этот выбор. За последние 15 лет она добилась успеха в развитии таких направлений своей деятельности, как разработка и выпуск микроконтроллеров, процессоров, различного типа ОЗУ и ПЗУ, приемопередатчиков, преобразователей напряжения, АЦП и ЦАП, радиочастотных микросхем и прочих устройств.

В своем развитии компания не стоит на месте, осваивая новые технологии, подходы и направления в создаваемой продукции. И на одном из них хотелось бы остановиться подробнее. В частности, на микросборках, или, как их называют в зарубежной литературе, system-in-package.

Востребованность данного направления в современных российских реалиях сложно переоценить. Несмотря на наличие определенного элементного задела, созданного в рамках программ развития микроэлектроники и импортозамещения последних лет, при реализации многих задач полный переход на отечественную ЭКБ невозможен или сильно затруднен по ряду причин. И основная из них — конкурентоспособность создаваемой техники на основе российской ЭКБ, в самом широком смысле этого слова. Конкурентоспособность может проявлять себя разнообразно: в массогабаритных параметрах, предельной функциональной плотности на эффективную единицу площади печатной платы, в цене, в сроках на разработку новых образцов и т. д. В зависимости от назначения разрабатываемой аппаратуры многие из перечисленных аспектов могут стать критическими, что полностью исключает последующее применение отечественных

компонентов. В этот момент разработчики аппаратуры попадают в ситуацию между молотом и наковальней, когда использовать отечественные компоненты необходимо в силу жестких требований заказчика и отраслевых стандартов, но и их применение делает продукцию неконкурентоспособной относительно современного уровня техники. Поэтому приходится либо идти на деградацию параметров требований к аппаратуре, либо соглашаться на применение импортной ЭКБ, что в перспективе длительного жизненного цикла изделия и эксплуатации в тяжелых условиях может достаточно быстро оказаться самым уязвимым звеном.

Предлагаемый подход применения микросборок позволяет решить обе задачи одновременно. Это и удовлетворение требований по применению отечественной ЭКБ, надежной с эксплуатационной точки зрения и заслуживающей доверия, и конкурентоспособная техника на выходе разработки. Дополнительное преимущество использования микросборок — упрощение проектирования конечной аппаратуры. В рамках микросборок уже реализованы функционально законченные узлы конечной аппаратуры — они проверены, аттестованы и обладают высокой надежностью. Следовательно, требования к разработке конечной аппаратуры уменьшаются, применение печатных плат с большим количеством слоев и высокой категории уже не является необходимым, а основные проблемы, например согласования и выравнивания высокоскоростных линий, решены в рамках микросборок.

Переходя к сути вопроса, можно отметить, что применение микросборок в аппаратуре для решения определенного класса задач — это не современное веяние или международный тренд. Они активно проектировались и использовались в микроэлектронике еще со времен СССР, когда технологии позволяли создавать новую продукцию в данном

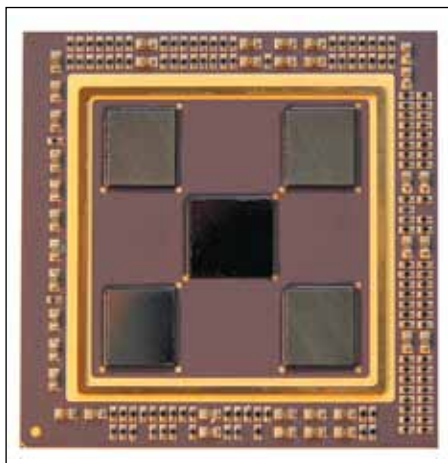


Рис. 1. Микросборка «Флип-Чип» (без крышки)

направлении. За годы развития мировой электроники подходы к данному вопросу изменились, стали более эффективными, и не перенимать и не изучать их было бы ошибкой. Из подходов, применяемых сегодня при создании микросборок, можно выделить три основных: 2D, 2,5D, 3D. Сегодня «Миландр» работает над освоением всех трех технологий по созданию микросборок, но в первую очередь остановиться хотелось бы на 2D, поскольку именно в этом направлении компания добилась наибольших рыночных успехов.

Если коротко охарактеризовать все три направления, то можно сказать, что 2D — это многокристальные модули, в которых кристалл устанавливается непосредственно на индивидуальное основание данного модуля, планарно («на плоскости»). 2,5D — модули, в которых кристаллы размещены на переходной коммутационной плате (поликоновой, кремниевой и т. п.), которая в свою очередь находится на универсальном основании, кристаллы также устанавливаются планарно. 3D — модули, в которых идет установка «кристалла-на-кристалл» напрямую или через коммутационную плату (обычно кремниевую) на универсальное основание. Последний подход отличается огромным потенциалом в области создания компактной микроэлектроники. При этом он является наиболее технологически сложным и пока обладает рядом существенных недостатков, накладывающих ограничения на его использование. Среди таких проблем — сложность разработки и моделирования, проверка и тестирование входящих в сборку компонентов, рассеивание тепла, надежность, повышенное взаимное влияние компонентов, интеграция гетерогенных компонентов и, как следствие, повышенная стоимость разработки.

В используемой 2D-технологии создания микросборок эти недостатки сведены к минимуму, что позволяет уже сегодня выпускать микросборки высокой степени функциональной интеграции. Рассмотрим две из них: микросборки «Флип-Чип» и «Осведомленность». Обе они были полностью созданы на кристаллах микросхем компании «Миландр».

Первая — микросборка «Флип-Чип» (рис. 1). Она представляет собой модуль, содержащий четыре высокоскоростных кристалла ЦОС-процессора 1967BH028 и кристалл флэш-памяти 1636PP2U. Назначение модуля достаточно очевидно: построение кластерных систем обработки сигналов для систем радиолокации, радиозондирования, систем обработки изображений и т. п.

Несколько слов о ее параметрах: частота каждого ЦОС-процессора — 450 МГц, суммарный объем ОЗУ — 96 Мбайт, флэш-память — 16 Мбайт, пиковая производительность 21,6 Гфлопс. Использован штырьковый корпус типа CPGA, 1042 вывода, размер 42×42 мм. Потребление одной микросборки достигает 15 Вт. Созданные для эксплуатации

в сложных условиях, данные микросборки могут работать при температуре окружающей среды –60...+85 °С, а герметичный керамический корпус обеспечивает надежную защиту кристаллов от прочих внешних воздействий.

Структурно микросборка — это четыре процессора, объединенных внешней параллельной шиной. Кроме этого, каждый сигнальный процессор подключен через высокоскоростную линию передачи данных (900 Мбайт/с) ко всем четырем процессорам. По общей системной шине каждый объединен с кристаллом флэш-памяти, которая может быть использована как память программ или память данных.

Название микросборки связано с тем, что все кристаллы установлены в ней на керамическое основание методом «флип-чип», то есть контактами (шариками) к основанию. Такой подход монтажа дает ряд преимуществ: по площади кристалла можно равномерно расположить выводы «земли» и питания, снизить влияние паразитных емкостей, уменьшить длину межсоединений. Если сравнивать по занимаемой площади на плате эффективность такого решения с корпусным исполнением, то можно увидеть, что даже при использовании достаточно современных компактных корпусов для микросхем процессоров 1967BH028 (BGA-576 с шагом вывода 1 мм) микросборка имеет преимущество примерно в 2,5 раза.

Конечно, столь функционально сложные изделия должны сопровождаться отладочными платами для проверки и отработки решений пользователями. Это позволяют не только быстро приступить к работе с данной микросборкой и сосредоточиться на программной стороне проекта, но и использовать ее как образец для создания соб-

ственного дизайна платы, что в итоге весьма положительно отражается на сокращении сроков разработки на стороне пользователей. Компания «Миландр» поставляет такие отладочные платы с одной и двумя микросборками «Флип-Чип». Последняя позволяет реализовать в проектах максимальный заложенный в процессорах потенциал по созданию высокопроизводительного ЦОС-кластера на восьми процессорах.

В качестве примера можно привести проект, реализованный компанией «Миландр» совместно с несколькими российскими вузами и предусматривающий создание вычислительных модулей высокой производительности для применения в перспективных системах управления реального времени. Это открытая программно-аппаратная платформа сбора и обработки данных, включающая многоканальные модули ФАР, гидроакустические комплексы и телекоммуникационные системы. В частности, в состав данного аппаратно-программного комплекса входит высокопроизводительный вычислительный блок обработки информации с интерфейсами обмена по оптоволоконным каналам. Основным вычислительным элементом в данном блоке — линейный модуль для цифровой обработки сигналов (рис. 2), который содержит шесть микросборок «Флип-Чип» и в пиковой производительности позволяет достичь 129,6 Гфлопс/модуль. Поскольку таких линейных модулей может быть до восьми штук в состав данного блока, можно достичь пиковой производительности всего блока свыше 1 Тфлопс. Достаточно внушительная цифра для локального и относительно компактного вычислителя.

Другая микросборка, на которую также хотелось бы обратить внимание —

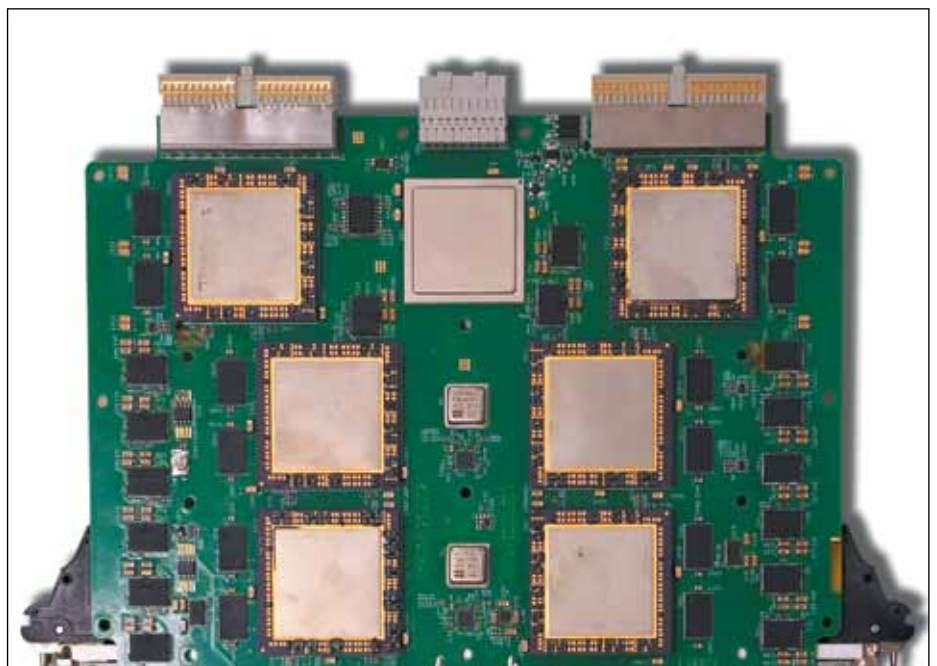


Рис. 2. Линейный модуль вычислителя

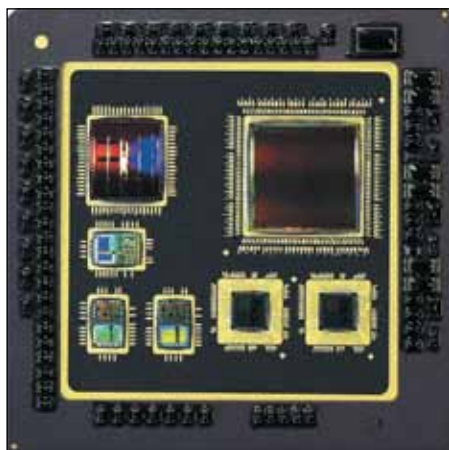


Рис. 3. Микросборка «Осведомленность» (без крышки)

«Осведомленность» (рис. 3). Ее основное назначение — захват, обработка и дальнейшая передача полученных данных. В ее состав входят кристаллы таких микросхем, как процессор ЦОС 1967ВН044 с частотой до 200 МГц, два АЦП 5101НВ015, флэш-память 1636РР4У — 16 Мбайт, три DC/DC-конвертора (1310ПН1У, 1309ЕР1.8Т) для организации питания от одного источника (3,3 В). Содержащиеся в микросборке АЦП позволяют оцифровывать данные с частотой до 125 МГц (14 бит) и имеют полосу пропускания до 200 МГц. Кроме того, широкий набор периферии процессора, доступный в микросборке, позволяет ее применять для широкого класса задач, вплоть до выведения информации на LCD-дисплей или передачу данных по GPS. В частности, микросборка содержит два UART, пять SPI, два SSI, два канала «Манчестер», четыре канала ARINC-429, два канала GPS, LCD-контроллер, VideoCam. Производится и поставляется данная микросборка в 352-выводном металлокерамическом корпусе CPGA-352 размером 51×51 мм.

Одним из преимуществ двух АЦП, подключенных к процессору в данной микросборке, является возможность организовать на них когерентный захват сигнала по обоим каналам, что дает широкие возможности по их применению в радиолокационных системах, системах связи, пеленгации, системах подавления помех и т. д.

Для ускорения разработки предприятиями-заказчиками также выпускаются и поставляются отладочные платы для данной микросборки (рис. 4). В их составе есть весь необходимый набор для полноценной реализации функционала и настроек микросборок, а также ЖКИ для возможности визуального отображения результатов.

В качестве средств программной разработки для обеих микросборок можно использовать как средства отладки от компании «Миландр» — CM-Lynx, так и предложение от компании Analog Devices — IDE Visual DSP. Помимо возможности работы с одно-

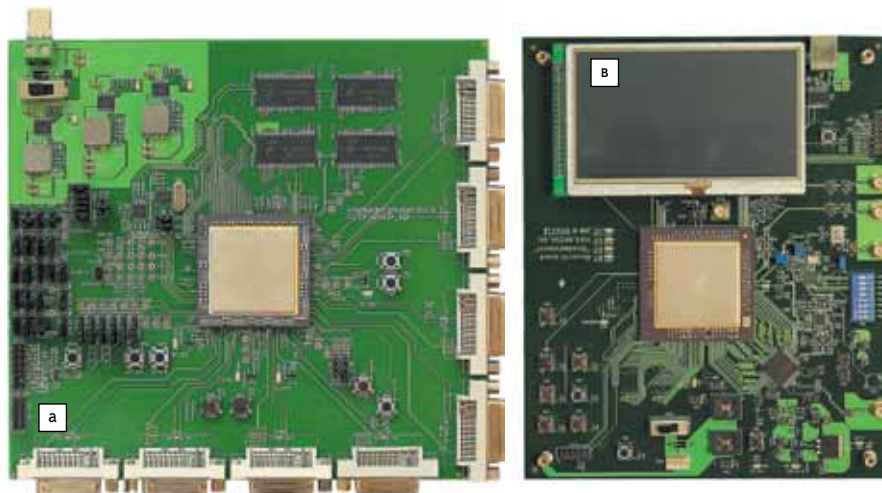


Рис. 4. Отладочные платы: а) для одной микросборки «Флип-Чип»; б) для двух микросборок «Флип-Чип»; в) для микросборки «Осведомленность»

процессорными решениями среда CM-Lynx версии 1.05 и выше позволяет удобно осуществлять многопроцессорную отладку, что влечет значительное сокращение времени разработки ПО для вычислительных кластеров, построенных, например, на таких микросборках, как «Флип-Чип». Следует отметить и то, что для процессоров серии 1967ВНхх и изделий на их основе компания «Астрософт» создала полностью российскую операционную систему реального времени МАКС. Соответственно, данная ОСРВ может быть использована в разработках на основе упомянутых микросборок. ОСРВ такого типа хорошо адаптируются для встраиваемых решений и применения в многозадачных системах с приоритизацией задач, которые должны быть выполнены за определенный период.

В качестве примера реализации изделия с микросборкой «Осведомленность» можно привести другой блок из программно-аппаратной платформы, упоминавшейся выше (рис. 5). В его состав входит восемь таких микросборок. Данный блок осуществляет когерентный захват сигнала по 16 каналам, его цифровую фильтрацию, децимацию, перенос частоты сигнала на ПЧ и далее передачу информации по оптическому каналу на основной вычислитель со скоростью до 2,5 Гбайт/с.

Из общения с потребителями, которые смогли на практических задачах апробировать возможности освещаемых в статье изделий, были получены примеры применения микросборок в различной конечной аппаратуре. В частности, в одном из представительствах концерна ВКО «Алмаз — Антей»

применение микросборок было заложено в рамках проводимого ОКР на предприятии по разработке перспективной системы радиолокации. Цифровая обработка четырех приемных каналов была построена на базе аналого-цифровых преобразователей 5101НВ015, процессоров 1967ВН044 с возможностью захвата данных и микросборки «Флип-Чип». Обработка каждого канала включает согласованную фильтрацию, когерентное накопление, обнаружение целей и определение их координат.

Применение МСБ «Флип-Чип» позволило:

- отказаться от применения импортной элементной базы в части цифровой обработки сигналов;
- обеспечить выполнение требований по малым габаритам устройства ЦОС;
- повысить унификацию программного обеспечения благодаря применению одностипных программируемых устройств для захвата данных с АЦП (процессором 1967ВН044) и для последующей цифровой обработки (флип-чип).

При создании описанных выше микросборок в компании «Миландр» исходили из предположения о достижении максимальной эффективности при их комбинированном использовании. И такие примеры совмещенного применения в одном изделии нередки. Данный вариант был использован на одном из предприятий корпорации «Росатом». В одной НИР, выполняемой на их предприятии, возникла задача приема и обработки широкополосного радиолокационного сигнала. Характеристики принимаемого сигнала требовали высокой скорости его оцифровки, а алгоритм обработки — достаточно больших вычислительных мощностей (скорость вычислений можно было повысить путем многопоточного их выполнения). Также имелись существенные ограничения по массогабаритным характеристикам всего прибора. Кроме того, требовалась стойкость вычислителя к СВВФ. Описанные выше требования существенно затрудняли выбор элементной базы. В результате обзора отечественной элементной базы в качестве основы для вычислителя, были выбраны микросборки «Осведомленность» и «Флип-Чип» производства АО «ПКК Миландр». Микросборка «Осведомленность» использовалась для оцифровки радиолокационного сигнала и общего управления вычислителем, а на основе микросборок «Флип-Чип» был создан многоядерный вычислительный кластер, осуществляющий обработку сигнала. Применение микросборок позволило значительно снизить сложность печатной платы вычислителя, а также уменьшить его массогабаритные характеристики.

Однако применение микросборок встречается и в задачах по модернизации аппаратуры, которая ранее была смонтирована на дискретных микросхемах. В таких задачах в первую очередь идет борьба за сокращение габаритов изделия как критичного параметра аппаратуры. Вот как описывает свой опыт применения микросборок Игорь Чернов, начальник лаборатории специальной электроники одного из ведущих петербургских предприятий ОПК: «Стояла задача по разработке вычислителя на отечественной элементной базе, обеспечивающего первичную и вторичную обработку радиолокационной информации. Основная задача вычислителя состояла в том, чтобы выполнять преобразование Фурье в реальном времени. Она решается применением несколькими процессорами 1967ВН028, но при использовании микросборок уменьшаются габариты системы и сохраняются вычислительные параметры. Как показали предварительные моделирования, система решает свои задачи достаточно успешно. Программное обеспечение для данного изделия находится в стадии доработки, учитываются пожелания потребителей, исправляются замечания по работе».

Но, как отмечалось выше, в силу своей универсальности данные микросборки способны решать разнообразные задачи. От предприятия, специализирующегося на создании средств отображения информации, был получен такой пример применения микросборок: требовалось разработать универсальный модуль осциллографа, используемого в составе контрольно-проверочной аппаратуры (для установки в крейт) для измерения постоянных и переменных напряжений и параметров импульсных сигналов. К изделию были

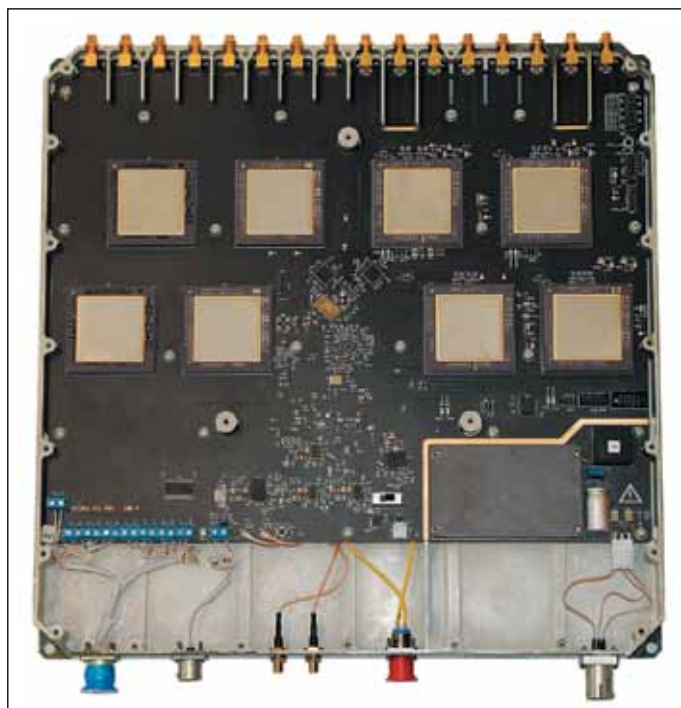


Рис. 5. Высоконадёжный блок захвата сигнала (без крышки)

предъявлены следующие требования: диапазон входных напряжений 0,1–60 В, максимальная частота дискретизации не менее 100 МГц, объем памяти для хранения отсчетов не менее 500 000 отсчетов, количество каналов — варианты и один и два канала, возможность непрерывного измерения с одновременным считыванием результатов по интерфейсу, возможность программной реализации различных вариантов запуска, минимальная занимаемая на плате площадь, суммарное энергопотребление модулем не более 30 Вт и т. д. Кроме того, были общие требования к составу изделия и его работе: минимизация трудоемкости изготовления модуля, минимальное количество корпусов (микросхем и других деталей) в модуле (из соображения повышения надежности модуля), минимизация трудоемкость настройки модуля, наименьшая суммарная стоимость компонентов модуля. Прорабатывалась возможность реализации данного модуля на ПЛИС, но такой вариант был сведен к ряду технико-организационных проблем, и в итоге от него решили отказаться. В результате разработка указанного модуля осциллографа была проведена с применением микросборки «Осведомленность» как наиболее предпочтительного решения. Была упрощена конструкция разработки, ее отладка, изготовление и настройка модуля. Поскольку значительная часть модуля уже реализована в составе микросборки, была гарантирована согласованность линии для требуемых частот, упрощена разработка и отладка ПО модуля, так как к применяемому в микросборке «Осведомленность» сигнальному процессору имеется среда разработки на языке C++ и примеры ПО для похожих задач. Сегодня эта компания ведет разработку квадратурного демодулятора СВЧ-сигналов. Требования сходны с требованиями к модулю осциллографа, поэтому специалисты данного предприятия считают нужным реализовать устройство также на микросборке «Осведомленность».

Подводя краткий итог по теме микросборок, следует признать, что их разработка и перспективность сегодня как нельзя своевременна и актуальна. Законченные функциональные мини-узлы позволяют снять множество проблем с плеч предприятий — разработчиков электронной аппаратуры. И происходит это независимо от того, универсальные это микросборки или узкого применения, разрабатываемые по частному ТЗ. Дальнейшая востребованность и конкурентоспособность конечной аппаратуры заказчика является лучшим и единственным тому подтверждением. ■