

**Перспективы применения
отечественной электронной
компонентной базы при
проектировании аппаратно-
программных комплексов для отладки
и тестирования интегрированных
информационно-управляющих систем**

ЯНИН В. И.

Генеральный директор

АО «ЗАВОД «КОМПОНЕНТ»

124460, г. Москва, г. Зеленоград,

ул. Конструктора Гуськова, д. 1, стр. 1

Тел.: +7 (499) 735-09-56

gen.dir@oaokomponent.ru

www.zavodkomponent.ru

КУДРОВ А. А.

Аспирант

Тел.: +7 (499) 732-63-09

crispin@inbox.ru

ЗОСИМОВ В. В.

Магистрант

*Национальный исследовательский
университет «МИЭТ»*

124498, г. Москва, Зеленоград, пл. Шокина, д. 1

Тел.: +7 (499) 732-63-09

zosimov_vladislav@mail.ru

www.miee.ru

Аннотация. Рассмотрена возможность применения аналого-цифровых БМК для реализации аппаратно-программных комплексов отладки и тестирования интегрированных информационно-управляющих систем, универсальность и масштабируемость которых основаны на модульной организации аппаратных и программных средств.

Ключевые слова: отладка и тестирование миниатюрных информационно-управляющих систем.

**Prospects for use of national electronic
components in design of hardware and
software platforms for debugging and
testing of integrated information control
systems**

YANIN V. I.

CEO

SC «Zavod «Komponent»

Guskova st., 1, Zelenograd, Moscow, 124460

Tel.: +7 (499) 735-09-56

gen.dir@oaokomponent.ru,

www.zavodkomponent.ru

KUDROV A. A.

Postgraduate

Tel.: +7 (499) 732-63-09

crispin@inbox.ru

ZOSIMOV V. V.

Student

*National Research University
of Electronic Technology (MIET)*

Shokin sq., 1, Zelenograd, Moscow, 124498

Tel.: +7 (499) 732-63-09

zosimov_vladislav@mail.ru

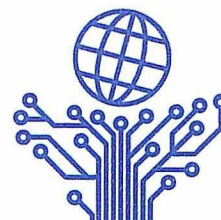
www.miee.ru

Abstract. The possibility of using AD BMC for the implementation of software-hardware debugging and testing platforms for integrated information control systems, flexibility and scalability of which are based on the modular organization of hardware and software.

Keywords: debugging and testing of integrated information control systems.

Повышение степени интеграции является одним из способов совершенствования массогабаритных и энергетических характеристик бортовых информационно-управляющих систем, а также снижения их стоимости при крупном серийном производстве. Данный подход соответствует тенденции миниатюризации и широкого внедрения информационно-вычислительных систем в состав малогабаритных объектов управления, однако усложняет решение задачи тестирования

и диагностики, поскольку с повышением степени интеграции ограничивается доступ к внутренним сигналам, что может препятствовать локализации отказавших узлов. Помимо этого, отладка и диагностика требуют дорогостоящей контрольно-измерительной аппаратуры и квалифицированного персонала, а при отсутствии автоматизации процесс диагностирования является долговременной и трудоемкой работой [1–2].



Таким образом, внедрение интегрированных информационно-управляющих систем (ИУС) сопряжено с рядом проблем, связанных со сложностью и трудоемкостью тестирования миниатюрной аппаратуры на различных этапах ее жизненного цикла от производства до эксплуатации. Решением некоторых из них является эффективное построение специализированной контрольно-проверочной аппаратуры (КПА).

В настоящей работе предложена архитектура аппаратно-программного комплекса для отладки и тестирования, универсальность и масштабируемость которой основана на модульной организации как аппаратных, так и программных средств. Данный подход обеспечивает не только решение задач тестирования, но и сокращение времени проектирования новых комплексов.

Обобщенный подход к построению аппаратно-программных комплексов для отладки и тестирования

В основе проверки ИУС лежит формирование набора тестовых сигналов, имитирующих реальные условия эксплуатации изделия (см. рис. 1). Последующий анализ результатов их отработки системой позволяет сделать вывод о ее техническом состоянии, а также выявить узлы и связи, являющиеся причиной отказа, сформировать рекомендации по ремонту.

Обобщенная структура КПА представлена на рис. 2 и состоит из решающего устройства, блока масштабирования входных сигналов, блока формирования выходных сигналов, АЦП, ЦАП, устройств управления, хранения и отображения информации.

Решающее устройство представляет собой основное интеллектуальное устройство КПА. На него ложится вся нагрузка по формированию тестовых воздействий, обработке и анализу информации, полученной от объекта тестирования.

Блок масштабирования входных сигналов представляет собой совокупность аппаратных средств, предназначенную для приведения управляющих сигналов, поступающих от объекта исследования, к удобной для обработки форме и защиты КПА от некорректного подключения цепей т.д.

Блок формирования выходных сигналов предназначен для формирования конечных характеристик сигналов, составляющих тестовые воздействия. Как и в случае с узлом входного согласования, в данный блок входят элементы защиты КПА.

Устройство хранения информации предназначено для долговременного хранения алгоритмов тестирования и протоколов проведенных проверок. Устройство отображения информации и устройство управления необходимы для организации диалога КПА с оператором. С помощью них



Рис. 1. Обобщенная схема рабочего места для тестирования

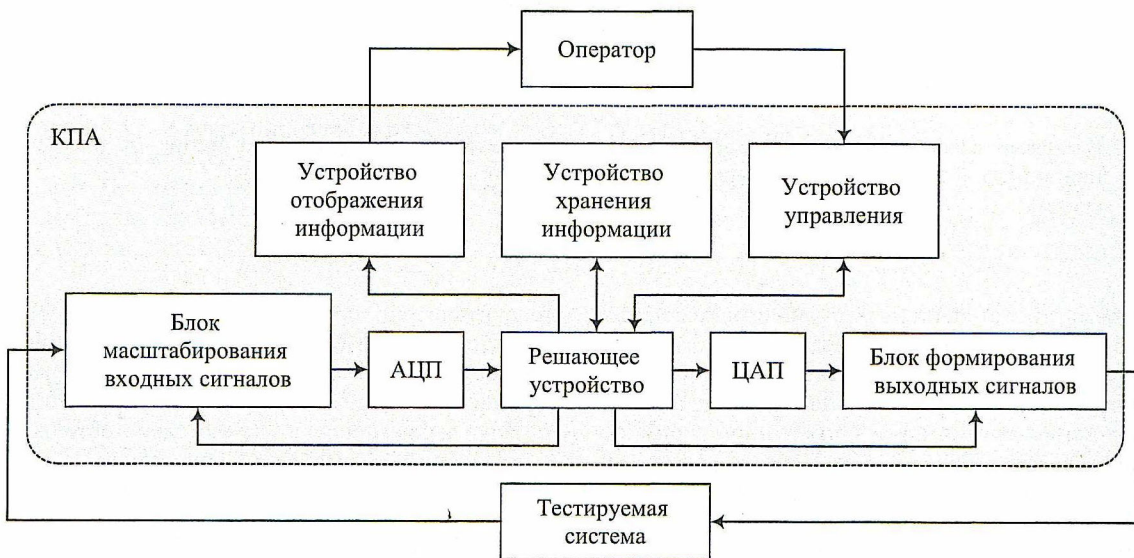


Рис. 2. Обобщенная структура контрольно-проверочной аппаратуры

оператор задает требуемый алгоритм и параметры проверки тестируемого образца, а также получает всю необходимую информацию о ходе тестирования и о его результатах.

Возможны различные варианты построения КПА, но в основном стоит вопрос о выборе между использованием готовых решений или о разработке исключительно новых компонентов системы. Помимо этого, возможна реализация КПА в виде законченного автономного специализированного устройства либо с использованием стандартных вычислительных средств, например на основе персонального компьютера (ПК).

Модульная архитектура аппаратно-программного комплекса для отладки и тестирования

Узкая специализация задачи тестирования интегрированной ИУС для объекта управления определенного класса предъявляет специфические требования к составу и параметрам КПА, поэтому компоновка комплекса из готовых решений оказывается дорогостоящей и избыточной, при этом часто требуется и разработка новых модулей. С точки зрения оптимизации временных затрат на разработку КПА важнейшими свойствами перспективной архитектуры являются универсальность и масштабируемость в рамках задачи отладки и тестирования вычислительных устройств определенного класса [3].

Аппаратную часть комплекса предложено разделить на три части:

- персональный компьютер, выполняющий функции управления, диалога с оператором, конечной обработки принятых данных, отображения и долговременного хранения информации;

- универсальное решающее устройство, осуществляющее прием и выдачу анализируемых сигналов;
- специализированная система ввода/вывода информации, учитывающая особенности конкретного тестируемого устройства, путем формирования требуемых уровней тестовых воздействий и масштабирования выходных сигналов ИУС.

Применение ПК для управления, отображения результатов диагностирования и долгосрочного хранения информации заметно упрощает структуру, облегчает взаимодействие оператора с аппаратурой и уменьшает затраты на создание комплекса. Более того, один и тот же ПК можно использовать для работы с несколькими комплектами комплекса, что является удобным при работе с большим числом тестируемых устройств. Помимо указанных задач на ПК возлагается основная нагрузка по реализации тестирования при помощи интерфейса JTAG. При этом программное обеспечение реализует идентификацию JTAG-цепи с помощью BSDL-файлов, тестирование выбранных устройств с помощью пользовательских и стандартных команд и процедур, проверку сигнальных линий между ИС в контуре, исполнение SVF-файлов (Serial Vector Format).

Решающее устройство обеспечивает формирование тестовых воздействий, прием и обработку выходных сигналов ИУС. Данное устройство функционирует как под управлением персонального компьютера, так и под локальным управлением интегрированного процессора, за счет программного обеспечения которого реализуется адаптация устройства к задачам тестирования различных ИУС. Отметим, что производительность базового ПК практически не влияет на эффективность работы комплекса, поскольку алгоритмы обработки информации, рассчитанные

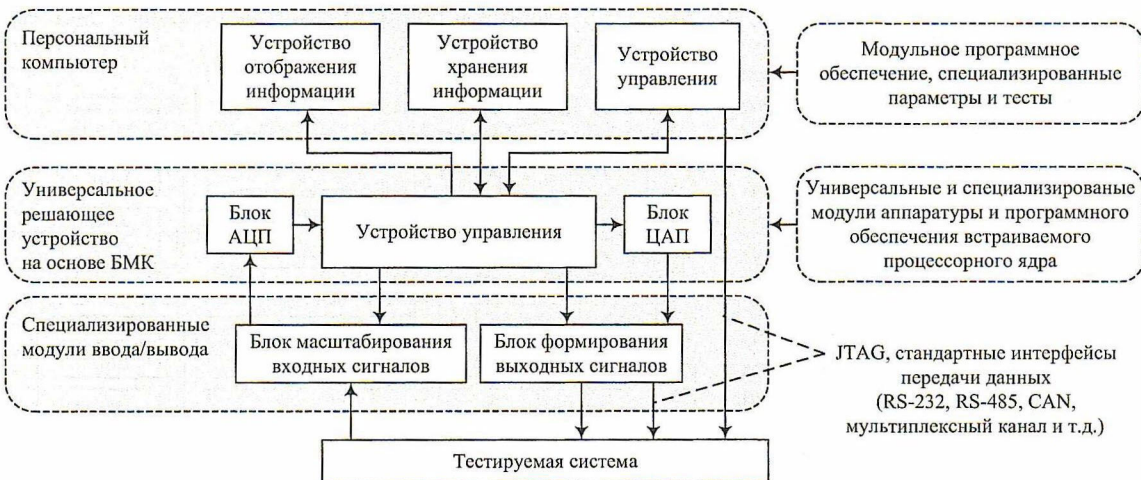
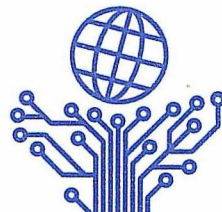


Рис. 3. Модульная архитектура аппаратно-программного комплекса для отладки и тестирования



на выполнение в реальном масштабе времени, реализуются на базе решающего устройства.

Сопряжение универсального решающего устройства с конкретным объектом тестирования осуществляется за счет модуля ввода/вывода. Данные модули в основном содержат пассивные компоненты и выполняют функции имитации нагрузок, преобразования уровней и т. п.

Программное обеспечение КПА позволяет проводить тестирование ИУС как в автоматическом, так и в ручном режиме. В автоматическом режиме оператор задает параметры и запускает проверку. По окончании проверки формируется подробный отчет о выполненных тестах. В ручном режиме оператор может в реальном масштабе времени менять состояния управляющих сигналов, полетное задание и наблюдать результаты обработки их вычислителем. Специализация КПА на уровне программного обеспечения ПК, которое имеет модульную структуру, компоуется и настраивается в зависимости от конкретного применения.

Таким образом, задача разработки комплекса для отладки и тестирования очередного варианта ИУС сводится к коррекции программного обеспечения ПК и содержимого памяти решающего устройства, а также к разработке модулей ввода/вывода. Такой подход к построению комплексов для тестирования значительно сокращает время разработки и упрощает дальнейшее применение, поскольку не требуется изменять концептуальные или схемотехнические решения, выполнять разработку конструкции всего аппаратного комплекса, разрабатывать ПО, более того, интерфейсная часть для взаимодействия с оператором уже хорошо знакома техникам, проводившим испытания предыдущих систем.

Структура решающего устройства на основе базовых матричных кристаллов

На рис. 4 представлена структура решающего устройства, способного обеспечить тестирование большинства интегрированных информационно-управляющих систем, производимых АО «Завод «Компонент». Современные отечественные аналого-цифровые базовые матричные кристаллы (АЦ БМК) могут быть использованы в качестве основы данного устройства. Имеющийся в их составе набор цифровых вентилях позволяет синтезировать устройство управления, обеспечивающее выдачу тестовых воздействий согласно

требуемому алгоритму, сбор и частичный анализ принимаемых от ИУС данных. При этом тестовые и анализируемые сигналы могут быть как цифровыми, так и аналоговыми со сложной формой, что обеспечивается размещенными на кристалле цифроаналоговыми и аналого-цифровыми преобразователями.

Таким образом, основу структуры решающего устройства составляет АЦ БМК, объединяющий m_1 -канальный ЦАП, n_1 -канальный АЦП, 32-разрядный контроллер РС1, коммутатор, регистры управления, формирователи сигналов, устройство измерения задержек и длительностей. Количество каналов АЦ- и ЦА-преобразователей с частотами дискретизации до 1 МГц составляют 32 и 8 соответственно. Эти данные получены на основе анализа характеристик различных интегрированных информационно-управляющих систем, производимых АО «Завод «Компонент» Решающее устройство содержит дискретные ИС ОЗУ, m_2 -канальный ЦАП и n_2 -канальный АЦП с частотами дискретизации до 100 МГц, поскольку данные функциональные узлы в настоящее время не могут быть реализованы на основе БМК. Количество каналов преобразователей с частотами дискретизации до 100 МГц равно 8.

Контроллер РС1 обеспечивает обмен информацией с центральным процессором ПК. Структура контроллера разработана с учетом требований по пропускной способности и объемам передаваемых данных, что позволило значительно снизить аппаратные затраты (30 тыс. системных вентилях) по сравнению с промышленными ядрами РС1.

Коммутатор распределяет информационные потоки между блоками схемы. Например, результаты АЦ-преобразования могут быть поданы на входы устройства измерения длительности и задержки, записаны в ОЗУ или отображены в регистры ввода/вывода шины РС1.

Устройство измерения длительности и задержки сигналов представляет собой счетчик с коммутируемыми входами запуска, останова и тактовой

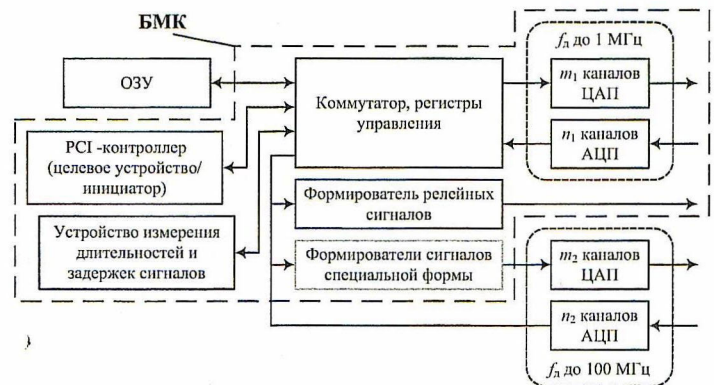


Рис. 4. Структура решающего устройства на основе БМК

частоты. Формирователь релейных сигналов может быть использован для создания сигналов с широтно-импульсной и времяимпульсной модуляцией, имитации сигналов гироскопа и т. д.

Для всех функциональных узлов данной структуры разработаны масштабируемые платформонезависимые Verilog-описания. Оценка аппаратных затрат на их реализацию позволяет сделать вывод о том, что они могут быть интегрированы в одном отечественном БМК, поскольку количество системных вентилях не превышает 100 тыс. [4]. Свойства платформонезависимости и масштабируемости значительно упрощают дальнейшую модификацию систем, а также позволяют использовать отдельные узлы в других разработках, в том числе и на другой компонентной базе.

Авторы считают, что в данной работе новой является архитектура аппаратно-программного

комплекса для отладки и тестирования интегрированных информационно-управляющих систем, универсальность и масштабируемость которой основана на модульной организации как аппаратных, так и программных средств. Данный подход обеспечивает не только решение задач тестирования, но и сокращение времени проектирования новых комплексов. Анализ характеристик отечественных АЦ БМК показал, что на основе таких интегральных схем возможно построение аппаратно-программных комплексов с модульной архитектурой для отладки и тестирования. Отметим, что модульная архитектура аппаратно-программного комплекса для отладки и тестирования нашла применение на АО «Завод «Компонент» при серийном производстве нескольких специализированных бортовых вычислителей.

Литература

- [1]. Красильщиков М. Н. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с.
- [2]. Беклемишев Д. Н., Переверзев А. Л., Твердунов Д. В. Однокристалльный вычислитель для беспилотного летательного аппарата. // Известия вузов. Электроника. — М.: МИЭТ, 2010. — № 6. — С. 33–38.
- [3]. Переверзев А. Л. Концептуальная модель и методика проектирования интегрированных информационно-вычислительных систем на основе масштабируемой архитектуры. // Оборонный комплекс — научно техническому прогрессу России. — М.: ФГУП «ВИМИ», 2013. — № 1. — С. 33–38.
- [4]. Якунин А. Н., Денисов А. Н., Коняхин В. В., Бец В. П. Разработка аппаратуры космического применения с использованием базовых матричных кристаллов. // Вестник ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина». — М, 2012. — № 5(16). — С. 67–72. — ISSN 2075-6941.

