

УДК 681.324

**ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ ПЕРСПЕКТИВНЫХ
БОРТОВЫХ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В АВИОНИКЕ****Е.В. Книга, И.О. Жаринов, А.В. Богданов, П.С. Виноградов**

Рассматриваются основные принципы построения перспективных бортовых цифровых вычислительных систем в авиационном приборостроении. Приводится структурная схема перспективной бортовой вычислительной системы.

Ключевые слова: интегрированная модульная авионика, вычислительные системы, архитектура.

Бортовые цифровые вычислительные системы (БЦВС) современного летательного аппарата (ЛА) представляют собой сложные технические объекты проектирования, решающие в составе ЛА различные функциональные задачи: определение пилотажно-навигационных параметров в режиме взлета, горизонтального полета, посадки ЛА; слежение за техническим состоянием бортового оборудования; координация работы всех бортовых подсистем; сбор, хранение, обработка и выдача пилоту на средства индикации объективной информации, получаемой как от информационно-измерительной системы ЛА, так и от органов управления информационно-управляющего поля кабины пилота.

Работы по проектированию архитектуры БЦВС для перспективных типов ЛА в настоящее время проводятся рядом предприятий Российской Федерации: ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова» (Санкт-Петербург), ВНИИРА (Санкт-Петербург), МИЭА (г. Москва), НПО «Полет» (Нижний Новгород), ФГУП «НИИ авиационных систем» (г. Москва), ОАО «РПКБ «Раменское» (г. Москва) и др. Достигнутые в настоящее время разработчиками результаты защищены патентами [1–5]: RU 2413280 C1; RU 2413655 C2; RU 108868 U1; RU 106404 U1; RU 88462 U1 и др.

Общими техническими решениями в предлагаемых разработчиками архитектурах перспективных БЦВС являются 4 принципа – открытости архитектуры, модульности, унификации и стандартизации, функциональной и аппаратной интеграции. Однако есть и отличия, влияющие на эффективность применения различных вариантов архитектур БЦВС в решении прикладных бортовых задач.

Существенным для показателей качества БЦВС является тип примененного в них внутрисистемного интерфейса. В проектах известных сегодня отечественных образцов БЦВС [4–6] в качестве внутрисистемного интерфейса используются интерфейсы ARINC664 (Gigabit Ethernet 1000Base-SX, AFDX), CompactPCI (PICMG 2.0, D3.0), PCI Express, RapidIO, VME64x и др.

Построение БЦВС на основе последовательных внутрисистемных интерфейсов типа ARINC664 с высокой скоростью передачи данных требует включения в состав БЦВС специализированных устройств сопряжения (контроллеров), обеспечивающих взаимодействие быстродействующих компонентов БЦВС с менее производительными бортовыми интерфейсами. Построение БЦВС на основе параллельных внутрисистемных интерфейсов типа CompactPCI, PCI Express, RapidIO (LP-LVDS), VME64x с большим количеством проводников во внутрисистемном интерфейсе сегодня не может обеспечивать высокую отказоустойчивость БЦВС при работе интерфейса в гигагерцовом диапазоне частот и, следовательно, отказобезопасность работы БЦВС в целом.

Таким образом, тип внутрисистемного интерфейса является определяющим в выборе архитектуры БЦВС. Очевидно, перспективная архитектура БЦВС базируется сегодня на сетевых технологиях с применением высокоскоростных последовательных внутрисистемных интерфейсов, допускающих коммутацию электрических межмодульных соединений и, следовательно, возможность построения динамически реконфигурируемых вычислительных структур. Одним из путей практической реализации перспективных БЦВС является построение БЦВС с применением технологии коммутируемых высокоскоростных интерфейсов SpaceWire. Структурная схема перспективной БЦВС, разработанной в ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А.Ефимова» [2, 7], представлена на рисунке. БЦВС построена на основе унифицированных конструктивно-функциональных модулей (КФМ). В качестве КФМ выступают разные по назначению модули:

- вычислительные модули, производящие сложные расчеты для управления полетом ЛА;
- модули ввода-вывода, обеспечивающие функции обмена информацией по последовательным каналам (ПК), по мультиплексным каналам обмена (МКИО), обмен разовыми командами (РК);

- графические модули, обрабатывающие изображение для его вывода на средства бортовой индикации, например, по интерфейсу ARINC 818 (Fibre Channel 1x);
- модули массовой памяти, предназначенные для хранения в своем постоянном запоминающем устройстве функционального программного обеспечения и занесения его при инициализации БЦВС в оперативное запоминающее устройство модулей – модуль вычислительный (МВ);
- модули электропитания, обеспечивающие преобразование напряжения бортовой резервированной сети во вторичные напряжения, необходимые для электропитания КФМ.

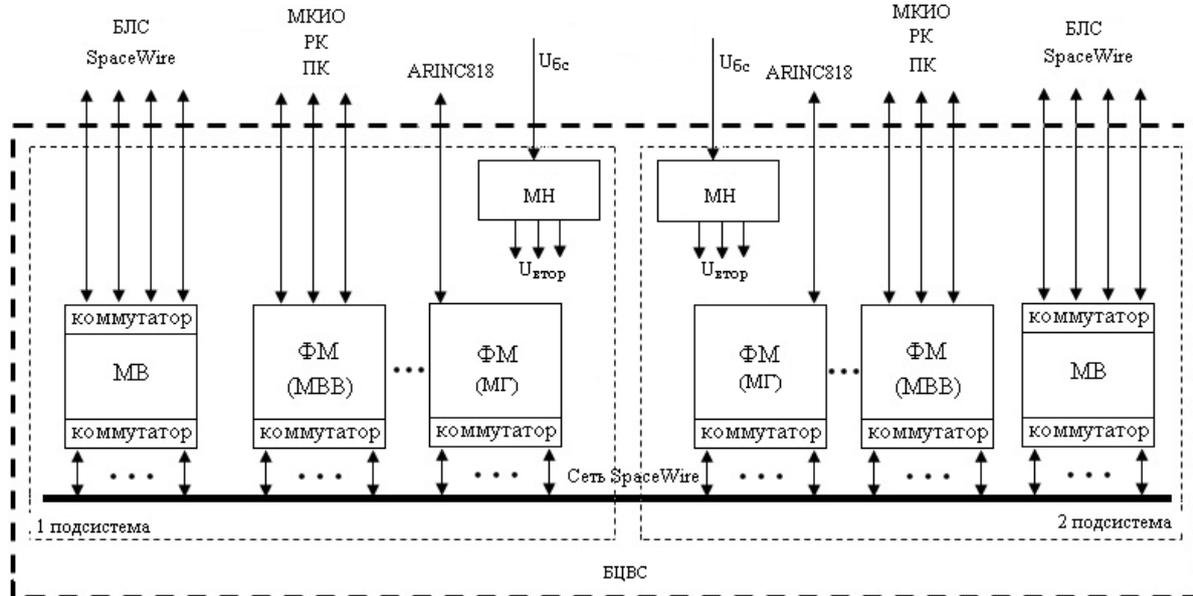


Рисунок. Структурная схема БЦВС разработки ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова: ФМ – функциональный модуль; МВВ – модуль ввода-вывода; МГ – модуль графический; МН – модуль электропитания; БЛС – бортовая локальная сеть; $U_{бс}$ – напряжение бортовой сети; $U_{втор}$ – вторичные напряжения

Как следует из рисунка, БЦВС содержит две подсистемы, состоящие из модулей МВ, МН и ФМ различного назначения. Дублирование подсистем обеспечивает уровень резервирования бортового оборудования, достаточный для достижения требуемой по техническому заданию наработки на отказ БЦВС. Каждый КФМ содержит неблокирующий коммутатор интерфейса SpaceWire, выполненный на элементной базе комплекта «Мультипорт», разработанного компанией ОАО НПЦ «Элвис».

Преимуществами использования в составе БЦВС в качестве внутрисистемного интерфейса каналов SpaceWire являются:

- повышение надежности работы внутренней сети обмена данными благодаря возможности полного резервирования каналов связи за счет соединения КФМ БЦВС по топологии «двойная звезда»;
- достижение максимального уровня пропускной способности внутрисистемного интерфейса в границах соединенных компонентов по топологии «полносвязная сеть»;
- обеспечение программно управляемого исполнения функциональных задач авионики за счет соединения компонентов БЦВС по топологии «полносвязная сеть».

1. Абросимов О.В., Егоров К.А., Итенберг И.И., Ковальчученко А.Ф., Куликов Д.А., Сивцов С.А., Федосов Е.А., Чуянов Г.А. Базовая несущая конструкция платформы интегрированной модульной авионики. Патент на полезную модель №106404 U1 RU, МПК G06F 1/16. №2010129389/08. Заявл. 15.07.2010. Оpubл. 10.07.2011.
2. Богданов А.В., Васильев Г.А., Виноградов П.С., Егоров К.А., Зайченко А.Н., Ковернинский И.В., Петухов В.И., Романов А.Н., Смирнов Е.В., Уткин Б.В., Федосов Е.А., Шукалов А.В. Платформа интегрированной модульной авионики. Патент на полезную модель №108868 U1 RU, МПК G06F 9/00, №2011121962/08. Заявл. 01.06.2011. Оpubл. 27.09.2011.
3. Герлих Х. Модульная система авионики самолета. Патент №2413655 C2 RU, МПК B64C 19/00. №2008123940/11. Заявл. 16.11.2006. Оpubл. 10.03.2011. Бюл. № 7.
4. Егоров К.А., Итенберг И.И., Ковернинский И.В., Тимченко А.П., Федосов Е.А., Чуянов Г.А. Платформа интегрированной модульной авионики. Патент №2413280 C1 RU, МПК G06F 9/02. №2009127190/08. Заявл. 14.07.2009. Оpubл. 27.02.2011. Бюл. № 6.
5. Егоров К.А., Итенберг И.И., Ковернинский И.В., Тимченко А.П., Федосов Е.А., Чуянов Г.А. Платформа интегрированной модульной авионики. Патент на полезную модель №88462 C1 RU, МПК G06F 9/00. №2009127040/22. Заявл. 14.07.2009. Оpubл. 10.11.2009.

6. Севбо В., Орлов А., Лошаков А. Многопроцессорный вычислительный комплекс для задач «жесткого» реального времени // Современные технологии автоматизации. – 2007. – № 3. – С. 32–38.
7. Жаринов О.О., Видин Б.В., Шек-Иовсепянц Р.А. Принципы построения крейта бортовой многопроцессорной вычислительной системы для авионики пятого поколения // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 4 (68). – С. 21–27.

Книга Екатерина Викторовна – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, ekovinskaya@gmail.com

Жаринов Игорь Олегович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», доктор технических наук, руководитель учебно-научного центра, igor_rabota@pisem.net

Богданов Андрей Викторович – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», начальник отдела, andrew_bogdanov@rambler.ru

Виноградов Петр Сергеевич – ФГУП «СПб ОКБ «Электроавтоматика» им. П.А. Ефимова», зам. начальника отдела, vinogradov@elavt.spb.ru