

# CompactPCI – стандарт для построения космической вычислительной техники

Алексей Медведев

Вычислители на базе CompactPCI Serial уже хорошо зарекомендовали себя в космической технике, в частности, в программе исследования Марса. Тем не менее, технический прогресс и новые исследовательские программы требуют развития стандарта. В статье рассказывается о новом стандарте Space CompactPCI Serial и ключевых моментах CompactPCI Serial, нашедших отражение в новом стандарте.

## СТАНДАРТ SPACE COMPACTPCI SERIAL

В рамках консорциума разработчиков промышленных встраиваемых вычислительных решений PICMG создана рабочая группа по расширению стандарта CompactPCI Serial для применения его в космической технике.

Данная группа будет заниматься разработкой стандарта Space CompactPCI Serial, обеспечивающего поддержку дополнительных последовательных интерфейсов, таких как SpaceWire, TT-Ethernet и Rapid I/O для межбортовой связи. Также в списке задач вопросы по обеспечению высокой надёжности, обнаружению неисправностей и экологической безопасности. Одна из главных целей группы состоит в том, чтобы сохранить стандартный простой, понятный принцип построения систем и гарантировать максимальную совместимость между кросс-платой и платами модулей.

Джо Павлат (Joe Pavlat), президент PICMG, отмечает, что расширение CompactPCI Serial для применения в космической технике является очередным шагом в развитии этого семейства стандартов, проверенного временем. Базовая спецификация CompactPCI Serial уже имеет механические характеристики и возможность кондуктивного теплоотвода (рис. 1), необходимые для космических применений. Поддерживаются оба формата Евромеханики: 3U и 6U.

Со стандартом Space CompactPCI Serial разработчики могут применять передовые технические решения в наукоёмкой космической отрасли, при

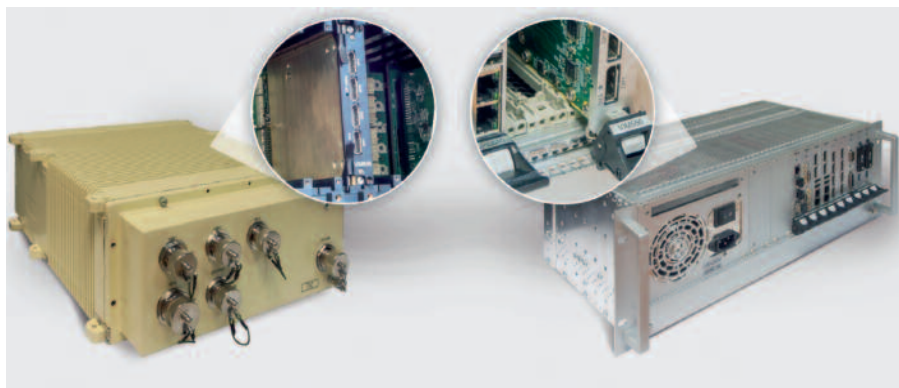


Рис. 1. Модули FASTWEL с кондуктивным и конвективным теплоотводом

этом получая возможность повторного использования уже проверенных технологий, что в конечном счёте ведёт к значительному сокращению расходов на разработку.

## ПРЕИМУЩЕСТВА COMPACTPCI SERIAL ДЛЯ КОСМОСА

У многих специалистов может возникнуть вопрос: «Почему именно стандарт CompactPCI Serial выбран для космических применений?». Среди причин и преимуществ можно выделить следующие:

- простота архитектуры, которая позволяет снизить стоимость и время выхода на рынок;
- открытый стандарт для обеспечения совместимости продуктов или систем без каких-либо ограничений;
- высокая плотность контактов;
- гибкость, модульность;
- наличие высокоскоростных интерфейсов с высокой пропускной способностью;

- поддержка кондуктивного теплоотвода;
- стойкость к суровым условиям эксплуатации.

Основное применение разрабатываемого стандарта Space CompactPCI



Рис. 2. Марсоход Opportunity

фото NASA

Serial – это разработка вычислителей и контроллеров, размещаемых на борту спутников и других космических аппаратов.

Базовый стандарт CompactPCI имеет давнюю историю в области применения в космической технике в системах управления марсоходами, спутниками или для выполнения научных задач на Международной космической станции.

### CompactPCI на Марсе

Показательным примером является реализация системы управления марсоходом Opportunity (рис. 2). Марсоход управляется двумя компьютерами на базе стандарта CompactPCI, спроектированными и построенными инженерами компании BAE Systems.

В 2016 году марсоход Opportunity отметил своё 12-летие на красной планете. Марсоход был высажен на Марсе 24 января 2004 года и до сих пор продолжает функционировать.

Система управления обеспечивает выполнение следующего комплекса задач на борту марсохода:

- безопасное перемещение марсохода в автономном режиме;
- управление манипулятором для установки сенсорных элементов измерительной аппаратуры в заданные положения;
- управление приборами полезной нагрузки и сбор получаемых данных;

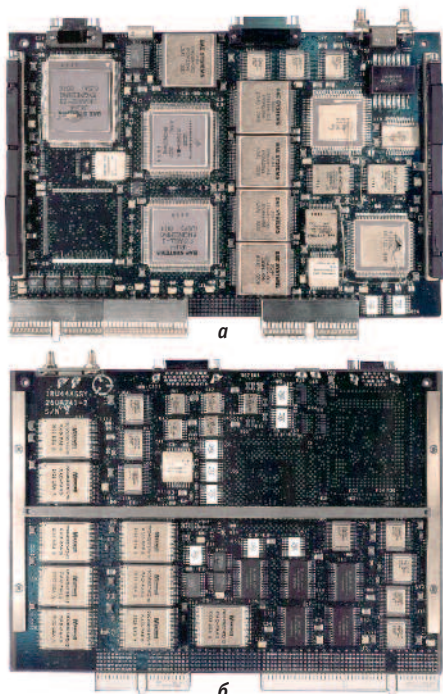


Рис. 3. Одноплатный компьютер RAD6000 в формате CompactPCI 6U:  
а – вид сверху, б – вид снизу

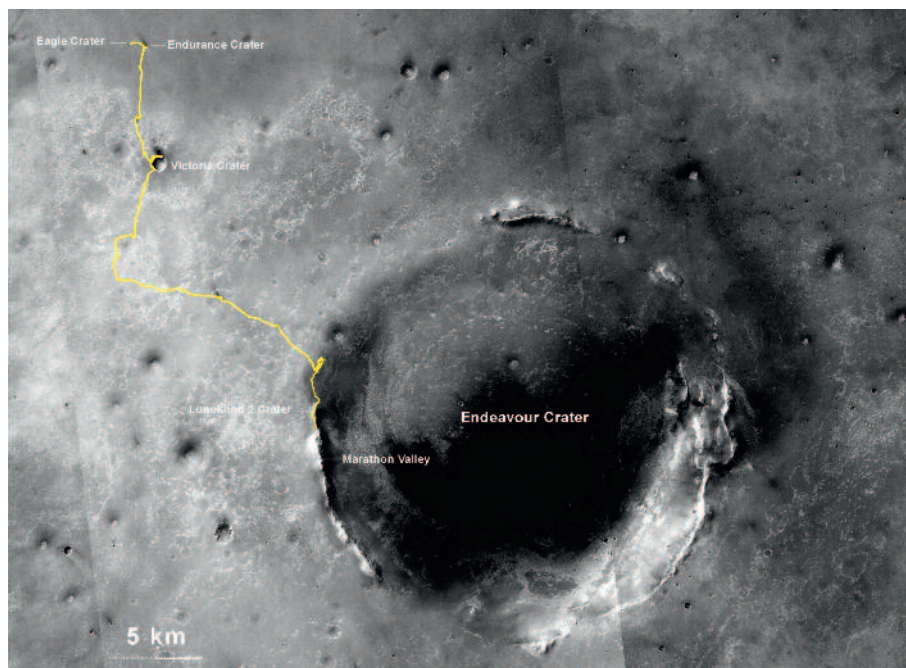


Рис. 4. Путь марсохода Opportunity

- передачу данных и приём команд из центра управления.

Ядром системы управления является одноплатный компьютер RAD6000 (рис. 3), выполненный в формате CompactPCI 6U версии 2.0. Основные характеристики компьютера:

- процессор RAD6000 (25 Dhrystone, 21 MIPS, 25 МГц);
- чип контроля с возможностями коррекции ошибок для SRAM-памяти, 4 Мбайт локального EEPROM и 512 кбайт загрузочной памяти;
- поддержка мультиплексного канала межмодульного обмена информацией по MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87);
- конфигурируемый FPGA-модуль для настраиваемых пользовательских интерфейсов.

Бортовые компьютеры сохраняют работоспособность в диапазоне температур  $-40...+40^{\circ}\text{C}$ .

В течение марсианского дня максимальная температура составляла  $+22^{\circ}\text{C}$ , и особых проблем с обеспечением температурного режима не возникало. После захода Солнца температура опускается до  $-130^{\circ}\text{C}$ , и обеспечение температурного режима оказывается критически важным.

Для обеспечения комфортной температуры бортовой компьютер был помещён в термокожух, подогреваемый с помощью электрообогревателей, восьми радиоизотопных источников и выделяемого собственного тепла.

Когда Opportunity приземлился, команда НАСА думала, что суровый мар-

сианский климат сделает его неработоспособным в течение нескольких месяцев.

Запланированный срок работы марсохода был равен примерно 90 суток. Но космический ветеран, получающий энергию только от солнечных батарей, всё ещё собирает данные.

Марсоход Opportunity совершил посадку в кратере Игл на плато Меридиана. В настоящее время он находится в районе кратера Индевор, пройдя более 40 км от своего первоначального положения (рис. 4).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CompactPCI Serial является жизнеспособной и важной технологией для широкого спектра применений. Вычислительные модули, выполненные согласно стандарту CompactPCI, хорошо зарекомендовали себя во многих промышленных приложениях, в том числе в робототехнике, бортовых системах, промышленной автоматизации, научных исследованиях, телефонии и связи, в наземном транспорте и судостроении. Конструктив Евромеханики, возможность кондуктивного отвода тепла делают стандарт CompactPCI Serial подходящим для создания техники специального назначения, построения спутников и других космических аппаратов. ●

Автор – сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (495) 234-0636  
E-mail: info@prosoft.ru