

Алексей Медведев

Особенности построения бортовых систем с кондуктивным охлаждением

В статье рассмотрены вопросы конструктивной реализации бортовых информационно-управляющих комплексов с кондуктивным охлаждением на базе вычислителей отечественного производства FASTWEL.

Введение

Автоматизированные системы управления, устанавливаемые на различных подвижных объектах, на сегодняшний день являются сложными и многофункциональными комплексами, обеспечивающими решения самого широкого круга задач. При этом в зависимости от типа объекта-носителя они могут либо помогать человеку-оператору и расширять его возможности (классический пример – бортовой комплекс авионики на пилотируемом самолёте), либо быть основным (иногда единственным) центром управления какого-либо самоходного аппарата-робота (беспилотные летательные аппараты, подводные обитаемые аппараты, космические аппараты и т.д.). Сердцем таких систем управления является бортовой вычислительный комплекс – специализированный компьютер, находящийся, как правило, под управлением операционной системы реального времени и подключённый при помощи периферийного оборудования к системам сбора информации и управления объектом-носителем [1].

Необходимость осуществлять управление объектом в реальном времени в сочетании с резким ростом потоков обрабатываемой информации (например, анализ информации от радиолокационной станции, распознавание графических образов, шифрование/дешифрова-

ние потоковых данных) диктуют очень высокие требования к быстродействию вычислительного комплекса, что обуславливает рост потребляемой им мощности и, соответственно, требований к системам питания и охлаждения. В обычных условиях для решения такого класса задач, как правило, используют встраиваемые компьютеры с магистрально-модульной архитектурой на базе современных высокоскоростных последовательных интерфейсов, таких как CompactPCI Serial, AdvancedTCA, MicroTCA, VPX и других, причём конструктивно эти компьютеры размещаются в различных стандартных 19-дюймовых конструктивах и охлаждаются при помощи мощных вентиляционных систем. Однако такие решения, как правило, непригодны для установки на борт под-

вижного объекта по многим причинам: ограничения по габаритам, по потребляемой мощности, по возможностям для охлаждающей вентиляции (например, на борту обитаемого космического аппарата давление газа очень низкое и конвективный теплоотвод практически нет). Отдельной проблемой являются очень высокие требования по вибростойкости и ударопрочности оборудования, применяемого на подвижных объектах-носителях, так как последние в процессе движения могут подвергаться жёстким внешним воздействиям, во время и после которых бортовой вычислительный комплекс должен сохранять полную работоспособность.

Рациональным решением в такой ситуации является применение вычислительных систем с кондуктивным охлаж-

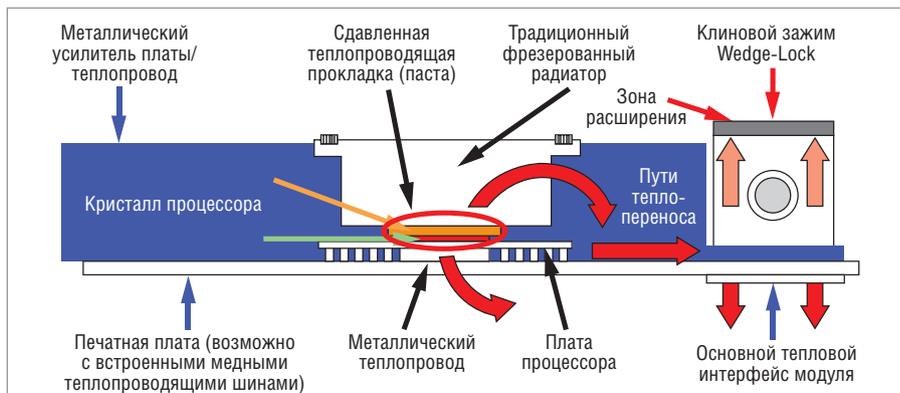


Рис. 1. Схема теплоотвода при кондуктивном охлаждении

дением, которое позволяет одновременно решить как проблему устойчивости системы к механическим воздействиям, так и проблему теплоотвода (рис. 1). В этом случае тепло от нагретых электронных компонентов передаётся последовательно через несколько металлических теплопроводящих деталей на корпус шасси, с которого уже отводится воздухом, или на корпус носителя (например, в случае подводного аппарата). На сегодняшний день подспецификации для систем с кондуктивным охлаждением есть во многих стандартах, основными из них являются VPX (несколько подспецификаций), CompactPCI Serial (в базовой спецификации) и MicroTCA (MTCA.3).

Далее будут рассмотрены процессорные модули FASTWEL, а также вопросы конструктивной реализации бортового вычислительного комплекса с кондуктивным охлаждением на основе вычислителя FASTWEL CPC510, выполненного согласно стандарту CompactPCI Serial.

COMPACTPCI SERIAL С КОНДУКТИВНЫМ ТЕПЛОТВОДОМ

Система отвода тепла является одним из решающих факторов, характеризующих надёжность компьютера. По упрощённой формуле срок эксплуатации компьютера уменьшается вдвое при увеличении температуры на каждые 10°C . Стандарт CompactPCI Serial в настоящее время определяет два типа охлаждения модулей: конвекционный (воздушный) и кондуктивный.

Система на основе кондуктивного теплоотвода предназначена для установки модулей размером 122×162 мм (3U) с шагом 5HP. Габаритные размеры плат CompactPCI Serial с кондуктивным теплоотводом отличаются от плат с воздушным теплоотводом (рис. 2). Кондуктивные платы строятся на базе конвекционного модуля, заключённого в металлический кожух. Это позволяет существенно сократить затраты производителей на создание платы с кондуктивным теплоотводом и, как следствие, понизить её себестоимость.

В отличие от стандарта CompactPCI Serial, для плат в стандарте VPX производитель разрабатывает две версии печатных плат: одну для конвекционного исполнения, другую для кондуктивного. Делается это для соблюдения требования стандарта по габаритам. Согласно стандарту VPX размеры платы в кондуктивном исполнении должны быть таки-

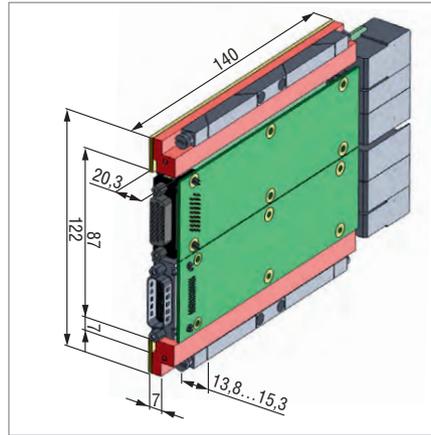


Рис. 2. Габаритные размеры плат CompactPCI Serial с кондуктивным теплоотводом

ми же, как и для версии с воздушным охлаждением. Данное отличие создаёт определённые трудности как для разработчиков плат, так и для пользователей. Такой подход снижает гибкость VPX-системы ввиду трудности, а зачастую отсутствия возможности замены имеющихся плат с воздушным охлаждением на платы с кондуктивным теплоотводом.

Благодаря возможности переделки любой платы стандарта CompactPCI Serial с воздушным охлаждением в модуль с кондуктивным теплоотводом пользователи могут быстро разработать систему с кондуктивным отводом тепла. Применение плат CompactPCI Serial позволяет повторно использовать уже накопленный багаж навыков, знаний, отработанных алгоритмов при модернизации существующих или разработке новых систем.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ С КОНДУКТИВНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Построение системы с кондуктивным охлаждением, как правило, начинается с расчёта тепловыделения системы и выбора корпуса, обеспечивающего отвод выделяемой тепловой энергии. Параллельно необходимо учитывать место установки корпуса, требования к механическим и климатическим воздействиям. Таким образом, это сложная инженерная задача и, как правило, серийно выпускаемых корпусов для систем с кондуктивным охлаждением не существует. Вычислительный комплекс с кондуктивным охлаждением строится для конкретного заказчика и системы.

Бортовой вычислительный комплекс с кондуктивным охлаждением конструктивно состоит из нескольких компонентов: модульного шасси с

кросс-платой, блока питания и вычислительных модулей в специальных теплоотводящих кожухах с системой теплоотвода (рис. 3). Модули в шасси прочно фиксируются при помощи специальных распорных клиновых зажимов Wedge-Lock и Card-Lock. Таким образом тепло полностью передаётся на кожух модуля, с которого благодаря большой площади контакта между ним и корпусом шасси в сочетании с высоким усилием прижатия клиновых зажимов легко отводится на корпус и далее во внешнюю среду.

Модульная структура системы, базирующейся на платформенной концепции, позволяет пользователю расширять и развивать её в будущем. Системы могут иметь различные геометрические размеры, электромагнитное экранирование, степень защиты оболочки оборудования, использовать различные варианты теплоотвода.

Шасси системы собирается из фрезерованных алюминиевых деталей, свинченных друг с другом. Для изготовления деталей могут использоваться различные алюминиевые сплавы, соответствующие требованиям заказчика. Способ финишной обработки поверхностей также может быть различным: чёрное анодирование (наиболее выгодное, с точки зрения теплоотвода), никелирование, жёлтое хромирование и др. Корпус шасси снаружи может иметь оребрение для улучшения теплоотдачи и систему крепёжных отверстий и фланцев для крепления различных аксессуаров, крепёжных кронштейнов и дополнительных крышек. Передняя и задняя крышки обычно симметричны, могут иметь различную глубину и дорабатываться в соответствии с требованиями заказчика — иметь отверстия для размещения внешних разъёмов и переключателей.

Конструкция шасси должна обеспечивать максимально эффективную контактную теплопередачу от нагретых активных компонентов на корпус шасси. Перед началом изготовления системы «в металле» обязательно проводится деталь-

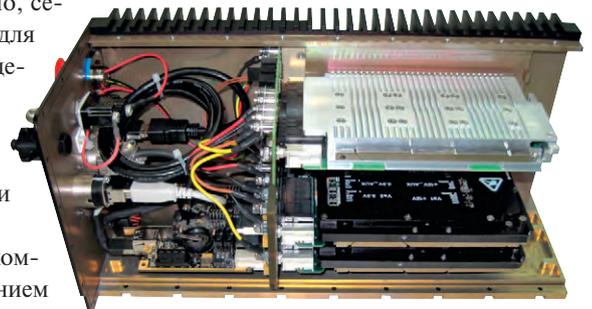


Рис. 3. Бортовой вычислительный комплекс с кондуктивным охлаждением

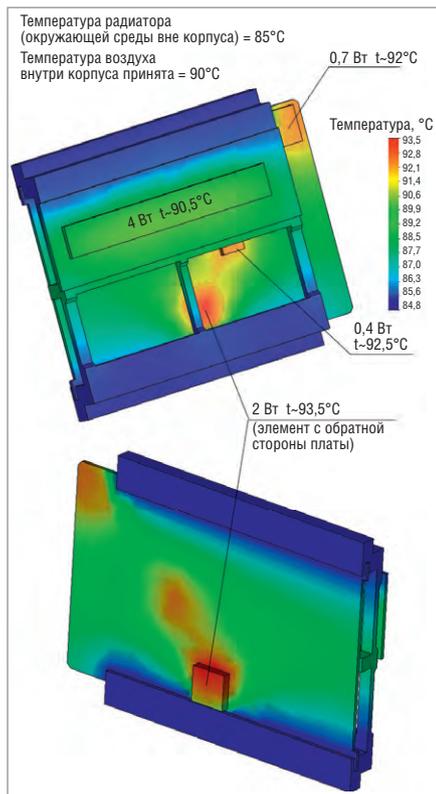


Рис. 4. Компьютерное моделирование теплового режима модуля

ное компьютерное моделирование её теплового режима (рис. 4), по результатам которого проект дорабатывается и снова моделируется до тех пор, пока не будет получен 100-процентный результат.

COMPACTPCI SERIAL ОТ FASTWEL

В линейку продукции FASTWEL входят CompactPCI-модули как с воздушным, так и с кондуктивным теплоотводом. Сегодня это семейство устройств высотой 3U. В качестве базовых аналогов используются отработанные и хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации CompactPCI-платы FASTWEL с воздушным охлаждением.

Все модули рассчитаны на работу в расширенном диапазоне температур –40...+85°C.

Особенности конструкции модулей с кондуктивным теплоотводом зачастую не позволяют иметь на передней панели полный набор разъёмов, развитую индикацию и отсеки расширения. Как правило, все интерфейсы, необходимые для связи с периферией, реализованы через объединительную панель (кросс-плату) и расположены в зоне контактов тыльного ввода-вывода.

Модуль процессора CPC510 (рис. 5) разработан для предоставления потребителям высокоинтегрированного решения в форм-факторе CompactPCI Serial

3U с целью использования в системах реального времени, контроля производства, высокоскоростного сбора и обработки данных. Основой модуля является процессор Ivy Bridge (два ядра) фирмы Intel. В модуле CPC510 применяются скоростные интерфейсы ввода/вывода (PCI Express, Gigabit Ethernet), поддерживаются современные технологии для работы с видео. Модульное построение изделия позволяет гибко настраивать систему для конкретных областей применения, оптимизируя тем самым отношение цена/качество.

Стабильность работы модуля CPC510 позволяет использовать его во всех промышленных приложениях. Компоненты, на базе которых строится CPC510, тщательно отобраны по критериям применимости во встраиваемых системах, что делает модуль устройством, на базе которого могут создаваться системы с долгим жизненным циклом.

Модуль имеет следующую структуру каналов ввода-вывода:

- 2 Ethernet-контроллера 1 Гбит/с (выведены на переднюю панель);
- 12 портов USB 2.0 с поддержкой скоростей HS, FS и LS (2 на передней панели, 2 на мезонине, 8 на разъёме кросс-платы);
- 4 порта USB 3.0 (выведены на разъём кросс-платы);
- 6 портов SATA (4 порта выведены на разъём кросс-платы, 1 на разъём мезонина, 1 переключаемый – кросс-плата/мезонин);
- 1 DisplayPort выведен на плату MIC590 (на переднюю панель CPC510-02);
- 1 LVDS выведен на плату MIC590;
- 2 DisplayPort на передней панели;
- HD Audio выведен на разъём мезонина;
- LPC выведен на разъём мезонина.

В ближайшее время готовится к выходу процессорный модуль CPC512 (в том числе и версия с кондуктивным охлаждением). CPC512 будет ориентирован на построение высокопроизводительных компьютерных систем, эксплуатирующихся в жёстких условиях, требующих высокой надёжности и гибкости в поддержке различных интерфейсов расширения.

Модуль CPC512 похож на CPC510, но имеются некоторые отличия (табл. 1):

- вместо двух коммутаторов PCI-E Gen 2.0 на CPC512 установлен один коммутатор PCI-E Gen 3.0 с увеличенной скоростью пересылки данных (до 8 Гбит/с) и с поддержкой режима DMA для значительного уменьшения

загрузки центрального процессора при пересылке данных. Также использование нового коммутатора PCI-E Gen 3.0 добавило к сохранённой возможности работы портов PCI-E в режиме NT поддержку режима отказоустойчивости (режим для двух модулей CPC512) для двух портов x8, выведенных на кросс-плату;

- два порта x4, выведенных на кросс-плату, стали поддерживать увеличенную скорость пересылки данных (до 8 Гбит/с);
- отказ от поддержки мезонинного модуля MIC590 позволил осуществить поддержку интерфейса PCI Express для всех слотов 8-слотовой кросс-платы. Таким образом, на кросс-плату дополнительно выведены 4 PCI Express-порта x1 Gen 2.0;
- введена поддержка работы порта Gigabit Ethernet через кросс-плату с поддержкой функции Intel AMT (Advanced Management Technology – расширенная технология управления), которая, по сути, является усовершенствованным IPMI (Intelligent Platform Management Interface – интерфейс интеллектуального управления платформой). Она позволяет осуществлять удалённый контроль работы процессорного модуля, изменять настройки BIOS, перезагружать или выключать систему, а также поддерживает функцию удалённого рабочего стола (Remote Desktop).

ЧТО ДАЁТ РАБОТА С FASTWEL

FASTWEL на сегодняшний день является одним из самых высокотехнологичных производителей электроники в России. Сочетая активные вложения в освоение новейших технологий с использованием опыта и потенциала российских разработчиков и технологов, FASTWEL успешно конкурирует с ведущими мировыми производителями электронного оборудования. Продукция FASTWEL разрабатывается российскими специалистами и серийно вы-



Рис. 5. Процессорный модуль FASTWEL CPC510 с кондуктивным теплоотводом

Решения для автотранспорта

■ Система управления автопарком

У IEI имеется комплексное решение для мониторинга и диспетчеризации автотранспорта, позволяющее предприятиям отслеживать транспортные средства, подключённые к системе, и предотвращать потерю грузов в пути следования. Система объединяет логистику и управление автопарком с ИТ-решением, чтобы помочь предприятиям отслеживать местонахождение грузов в режиме реального времени и обеспечить безопасность.

■ Объединение всех коммуникационных систем

Часто используемые в логистике спутниковые навигационные системы, электронные карты, Интернет, системы мобильной связи с 3,75G/ Wi-Fi/BT/GPS/ RFID-приложениями объединены в наших решениях для логистики, промышленного производства и пассажирских перевозок.



Сравнительная таблица процессорных модулей FASTWEL в формате CompactPCI Serial

Параметр		CPC510	CPC512
Соответствие стандартам	PICMG 2.0, PICMG 2.1	+	-
	PICMG 2.30	+	-
	PICMG cPCI-S.0	+	+
Размер, включая мезонины		4HP, 5HP, 8HP, 12HP	4HP, 5HP, 8HP
Центральный процессор		Intel i7-3517UE 1,7 ГГц; Intel i7-3555LE 2,5 ГГц	Intel i7-3517UE 1,7 ГГц; Intel i7-3612LE 2,1 ГГц; Intel i7-3612QE 2,1 ГГц
Оперативная память		4/8 Гбайт DDR3L SDRAM с ECC 1600 МГц, напаяна	4/8 Гбайт DDR3L SDRAM с ECC 1600 МГц, напаяна
Графическая подсистема	Тип	Встроенная в ЦП	
	Интерфейсы	2×Display Port на лицевой панели, 1×Display Port и LVDS (18/24 бит) на мезонине MIC590	2×Display Port на лицевой панели
	Количество независимых дисплеев	3	2
Коммуникационные интерфейсы на передней панели	Gigabit Ethernet	2×Gigabit Ethernet	2×Gigabit Ethernet
	USB	2×USB 2.0	2×USB 2.0
Интерфейсы подсистемы хранения	На плате	1×MicroSD	1×MicroSD
	На мезонинах и на модулях тыльного ввода-вывода	2×SATA II на MIC584	2×SATA III на MIC584
Интерконтакты межмодульной коммуникации по кросс-плате	PCI	32 бит, 33 или 66 МГц	-
	PCI Express	Два канала x8 PCI Express Gen 2.0 (Fat Pipe), четыре канала x4 PCI Express	Два канала x8 PCI Express Gen 3.0 (Fat Pipe), два канала x4 PCI Express Gen 3.0, четыре канала x1 PCI Express Gen 2.0
	Gigabit Ethernet	Нет	1×Gigabit Ethernet с поддержкой AMT
	SATA	2×SATA III, 3×SATA II	2×SATA III, 3×SATA II
	USB	8×USB 2.0; 4×USB 3.0	10×USB 2.0; 4×USB 3.0
Поддержка ОС		Windows 7 Embedded, Linux 2.6, QNX 6.5.0	Windows 7 Embedded, Linux 2.6, QNX 6.5.0
Расчётное энергопотребление*		От 30 до 65 Вт в зависимости от модификации	От 30 до 35 Вт в зависимости от модификации
Устойчивость к вибрации/одиночным ударам		5g/100g	5g/100g
MTBF (ГОСТ 15150-69)		Более 100 000 часов	Более 100 000 часов
Диапазон рабочих температур**		0...+55°C/0...+70°C/-40...+85°C	0...+55°C/0...+70°C/-40...+85°C
Мезонинные модули	Модель	MIC584	MIC584
	Интерфейсы лицевой панели	Audio IN/OUT/MIC, 2×USB 2.0, 1×RS-232, PS/2	Audio IN/OUT/MIC, 2×USB 2.0, 1×RS-232, PS/2
	Интерфейсы на плате	2×SATA II, 5×RS-232/485, LPT	2×SATA II, 5×RS-232/485, LPT

* Расчётное энергопотребление – энергопотребление для расчёта системы отвода тепла от модуля. Фактическое энергопотребление зависит от загрузки и выполняемого приложения и может быть меньше указанного значения.

** Диапазон рабочих температур зависит от модификации изделия.

пускается на собственных производственных мощностях, расположенных на территории Российской Федерации (Москва и Московская область), что отвечает объявленному руководством страны курсу на импортозамещение.

Продукция FASTWEL находит применение в ответственных приложениях на транспорте, в телекоммуникациях, промышленности и многих других от-

раслях, где требуется надёжное оборудование, способное работать в жёстких условиях эксплуатации.

Изделия FASTWEL полностью учитывают специфику рынка России и стран СНГ, как по набору поддерживаемых типов сигналов, так и по стойкости к неблагоприятным факторам внешней среды. Вся продукция производится по утверждённому техническим условиям в полном соответствии с требованиями ГОСТов и технических регламентов.

При построении систем на базе процессорных плат FASTWEL заказчик всегда может обратиться за консультацией к разработчикам, которые помогут подобрать корпуса и системы либо на базе продукции компаний-партнёров (Schroff), либо на базе собственных наработок и базовых корпусов для систем с кондуктивным теплоотводом (рис. 6). Благодаря



Рис. 6. Базовый корпус для систем с кондуктивным теплоотводом

давним партнёрским взаимоотношениям с ведущими компаниями, специализирующимися на разработке и производстве конструктивов, заказчики FASTWEL получают квалифицированную техническую поддержку из одних рук. Они могут рассчитывать на получение решений не только на уровне модуля, но и полностью готовых систем, созданных с учётом индивидуальных требований и соответствующих самым жёстким отраслевым стандартам. Всё это делает применение CompactPCI-модулей FASTWEL ещё более востребованным. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарсия В. Бортовые вычислительные комплексы с кондуктивным теплоотводом: пример конструктивной реализации на основе спецификации VPX REDI // Современные технологии автоматизации. – 2013. – №1.

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

Fastwel

-40°C / +85°C

РОССИЙСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ



StackPC. Курс на импортозамещение



- Разработано и произведено в РФ
- Долговременная доступность
- Выделенная техническая поддержка

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ FASTWEL

PROSOFT®

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru

