

Андрей Головастов

## ComracPCI-модули с кондуктивным теплоотводом для оборонных применений

Высокие требования, предъявляемые военными заказчиками к системам управления, обуславливают использование специальных решений при создании боевых вычислительных комплексов. В статье рассмотрены выпускаемые компанией ADLINK процессорные ComracPCI-модули с кондуктивным теплоотводом и примеры их применения в оборонных системах.

### ВВЕДЕНИЕ

ComracPCI-системы с кондуктивным охлаждением делают возможным использование готовых встраиваемых решений для создания безвентиляторных компьютерных систем, способных работать в жёстких условиях эксплуатации наземных, морских и авиационных оборонных приложений. ComracPCI-модули с кондуктивным теплоотводом поддерживают расширенный диапазон рабочих температур, обеспечивают высокую устойчивость к воздействию вибрации и к ударным нагрузкам; значение МТВФ (среднее время между отказами) у них также значительно выше, чем у аналогичных устройств с принудительным воздушным охлаждением. Утверждённые стандартом ComracPCI варианты модулей высотой 3U и 6U с кондуктивным охлаждением позволяют применять совместимые устройства различных производителей, что расширяет возможности системных интеграторов по выбору наиболее эффективного и оптимального решения, соответствующего военным стандартам.

### ТРЕБОВАНИЯ ВОЕННЫХ — COTS-РЕШЕНИЯ

Стандарт ComracPCI достаточно хорошо приспособлен для оборонных и аэрокосмических приложений, он нашёл широкое применение в сухопут-

ных, морских и авиационных системах. Для того чтобы обеспечить высокую экономическую эффективность решений, разработчики и поставщики всё чаще используют модификацию стандартных коммерческих изделий (англ. Commercial Off-The-Shelf — COTS — «продукт с полки», или готовый коммерческий продукт) для создания на их основе систем, удовлетворяющих более жёстким требованиям военных спецификаций.

Имея единый базовый дизайн как для коммерческой, так и для специальной продукции, производитель в полной мере может реализовать все преимуще-

- эффективное использование инженерных ресурсов и опыта разработчиков вследствие одновременного внедрения новейших технологий в коммерческих и в специальных изделиях;
- сокращение времени выхода готового изделия на рынок, снижение общих затрат по сравнению с традиционным подходом к производству защищённых систем;
- значительная экономия средств в масштабах серийного производства за счёт возможности комбинирования в общем объёме выпуска продукции;
- поддержка программного обеспечения, одинакового для коммерческих и для специальных версий;

- экономия времени и усилий поставщиков и клиентов.

### Кондуктивное охлаждение для ComracPCI

Сначала рассмотрим вопрос: что такое кондуктивное охлаждение?

Кондуктивное охлаждение служит для отвода выделяемого компонентами электрических цепей тепла при помощи специально предназначенного для этого теплопроводящего материала. Тепло отводится посредством этого материала на корпус системы и рассеивается с его поверхности в окружающее пространство.

Обычное конвекционное охлаждение зависит от наличия воздушного потока, отводящего тепло от устройства (рис. 1а). В отсутствие воздушного потока такой способ применим только для охлаждения маломощных приборов.

Кондуктивное охлаждение способно обеспечить отвод тепла, когда невозможно организовать необходимый приток воздуха, например в герметичных корпусах или в ограниченном пространстве, когда мало либо вообще нет доступа воздуха, например как в высотных или подводных применениях. Отсутствие движущихся частей, таких как вращающиеся детали вентиляторов принудительного охлаждения, значительно повышает надёжность системы

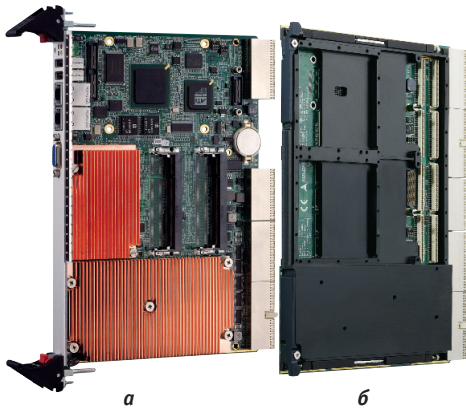


Рис. 1. 6U CompactPCI-платы с конвекционным охлаждением (а) и с кондуктивным теплоотводом (б)

и делает её пригодной для использования в неблагоприятных условиях в критически важных приложениях. Теплопроводные материалы, используемые для охлаждения, — это, как правило, фрезерованные металлические пластины, кроме теплоотвода, они обеспечивают повышенную механическую прочность и устойчивость модулей к ударам и вибрации (рис. 1б).

Кондуктивное охлаждение в течение уже нескольких десятилетий используется для построения компьютерных систем, работающих в жёстких условиях в военной, авиационной и аэрокосмической отраслях. В настоящее время оно часто встречается на рынке COTS-решений, особенно в форм-факторе CompactPCI.

Механическая спецификация для 3U и 6U CompactPCI-систем с кондуктивным охлаждением определена в стандарте ANSI/VITA 30.1, который, в свою очередь, появился благодаря спецификации IEEE 1101.2, устанавливающей требования по охлаждению плат 6U стандарта VME. Соблюдение разработчиками требований ANSI/VITA 30.1 позволяет достичь механической совместимости CompactPCI-модулей и шасси с кондуктивным теплоотводом от различных производителей.

Основное правило стандарта ANSI/VITA 30.1 состоит в том, что все применяемые платы могут быть установлены в стандартные CompactPCI-шасси с воздушным охлаждением. Это позволяет системным интеграторам начать разработку прототипа системы, используя коммерческие шасси с воздушным охлаждением периферийных плат, и значительно сократить время разработки. Для того чтобы сделать на CompactPCI-плате с кондуктивным теплоотводом расширение ввода-вывода, исполь-

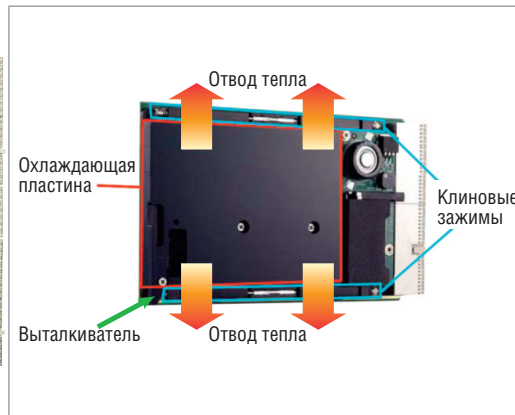


Рис. 2. Расположение теплоотводящей пластины на 3U CompactPCI-модуле с кондуктивным охлаждением

зуют стандартные PCI мезонинные модули (PMC), спецификация VITA 20 устанавливает основные правила по конструкции модулей ССРМС (Conduction Cooled PMC) и соответствующих плат-носителей с кондуктивным теплоотводом. ССРМС-модули имеют уменьшенную высоту компонентов, обусловленную необходимостью прокладки требуемых для охлаждения платы-носителя тепловых и механических интерфейсов.

### ТЕПЛОТВОДЯЩАЯ ПЛАСТИНА – РЕШЕНИЕ ПО КОНДУКТИВНОМУ ОХЛАЖДЕНИЮ МОДУЛЕЙ

Для того чтобы модифицировать стандартную CompactPCI-плату в CompactPCI-модуль с кондуктивным теплоотводом, необходимо использовать фрезерованную пластину из алюминиевого сплава, которая будет отводить тепло от компонентов, установленных на плате, к её краям, как показано на рис. 2. Охлаждающая пластина также повышает жёсткость конструкции стандартных коммерческих модулей, сводя к минимуму деформацию платы и позволяя ей противодействовать значительным ударам и вибрации, свойственным тяжёлым условиям эксплуатации.

### Тепловые функции теплоотводящей пластины

Охлаждающая пластина выступает в качестве радиатора для компонентов материнской платы. Внутренняя поверхность пластины обрабатывается на станках в соответствии с высотой компонентов и её местоположением на плате. Тепло распределяется к краям пластины, где через специальные клиновые запорные механизмы, фиксирующие плату внутри шасси, обеспечивается его отвод на внешнюю поверх-

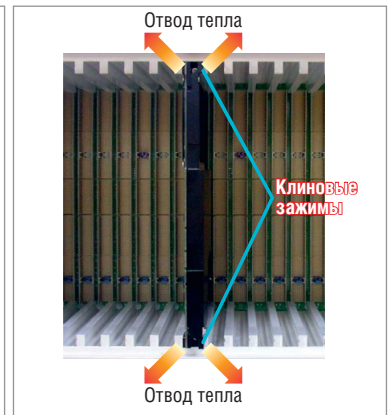


Рис. 3. 6U CompactPCI-модуль с кондуктивным теплоотводом, установленный внутри шасси

ность и рассеяние в окружающей среде. В приложениях с кондуктивным теплоотводом рабочая температура CompactPCI-модуля определяется температурой на границе клиновых зажимов и окружающих слот стенок шасси (рис. 3).

За счёт собственной массы и хороших теплопроводящих характеристик пластина эффективно понижает рабочую температуру самых горячих компонентов и создаёт сбалансированное распределение температуры, передавая тепло от более нагретых к более холодным областям платы. Кроме этого, уравнивание температуры между горячими и холодными областями снижает физические нагрузки, возникающие из-за разных коэффициентов теплового расширения компонентов и материала платы. Как следствие — повышение надёжности всего устройства и увеличение показателя MTBF.

### Механические функции теплоотводящей пластины

Теплопроводящая пластина закрывает собой большинство компонентов и обеспечивает дополнительную механическую жёсткость всей платы. Снижается вероятность изгибов, увеличивается механическая устойчивость к ударам и повышенной вибрации. Благодаря надёжной конструкции клиновых зажимов к минимуму сводится возможность сдвига CompactPCI-модулей внутри корпуса.

### РЕШЕНИЯ КОМПАНИИ ADLINK

#### CompactPCI-модули с кондуктивным теплоотводом серии СТ

Компания ADLINK уже давно производит CompactPCI-модули с кондук-



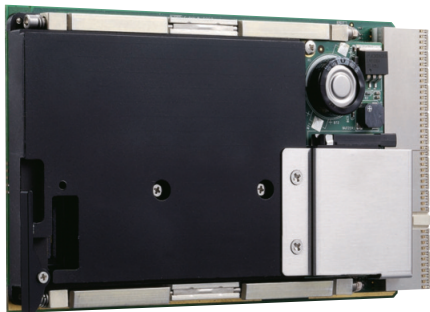


Рис. 4. CompactPCI-модуль с кондуктивным теплоотводом СТ-31



Рис. 5. CompactPCI-модуль с кондуктивным теплоотводом СТ-61

тивным теплоотводом. Сегодня это семейство устройств высотой 3U и 6U с общим обозначением СТ. В качестве базовых аналогов используются отработанные и хорошо зарекомендовавшие себя в эксплуатации процессорные CompactPCI-платы ADLINK с воздушным охлаждением. Так, для модулей высотой 3U серии СТ-31 прототипом послужила плата сPCI-3610, а для модулей серии СТ-61 высотой 6U – сPCI-6510.

Все модули имеют дополнительное защитное покрытие HumiSeal 1B31 с толщиной слоя 0,03–0,08 мм, соответствующее стандартам MIL-I-46058 и IPC-CC-830, и рассчитаны на работу в

расширенном диапазоне температур –40...+85°С.

В модулях СТ-31 (рис. 4) используются энергоэффективные процессоры Intel семейства Atom одноядерные N450 и двухядерные D510, чипсет ICH8M и напаянная память DDR2-667/800 объемом до 2 Гбайт. Модули СТ-31 поддерживают 32-разрядную шину PCI 33 МГц.

Особенности конструкции данных модулей не позволяют иметь на передней панели полный набор разъемов, развитую индикацию и отсеки расширения. Как правило, все интерфейсы, необходимые для связи с периферией, реализованы через объединительную панель и расположены на разъеме J2 в зоне контактов тыльного ввода-вывода. У СТ-31 это 2×GbE, VGA, USB, 2×COM, 2×SATA. Также имеется один сокет CompactFlash.

Для совместной работы с модулем в качестве расширения рекомендовано использование модулей RTM (Rear Transition Module). В паре с СТ-31 может работать один из двух RTM шириной 8HP: сPCI-R3610 глубиной 50 мм или сPCI-R3610T глубиной 80 мм, которые позволяют получить порты 2×GbE, 2×COM, USB, 2×SATA и VGA.

Максимальная потребляемая мощность при 100-процентной загрузке для СТ-31 с процессором N450 составляет 15,2 Вт.

СТ-31 работает под управлением популярных ОС: Windows XP Professional x64, Windows 7, Fedora™ 12, Red Hat Enterprise Linux 5.3, Wind River VxWorks 6.7, 5.5.1.

Срок производства данного модуля рассчитан примерно до конца 2016 года.

Процессоры Intel Core i7 620LE с частотой 2 ГГц и 620UE с частотой 1,06 ГГц нашли свою реализацию в 6U CompactPCI-модулях с кондуктивным теплоотводом серии СТ-61 (рис. 5). В них применены чипсет Intel QM57 PCN и напаянная двухканальная память

DDR3-800/1066 объемом до 8 Гбайт. Модули СТ-61 поддерживают 64-разрядную шину PCI 66 МГц и соответствуют спецификациям PICMG 2.0 CompactPCI R3.0, PICMG 2.1 Hot Swap R2.0, PICMG 2.9 System Management R1.0, PICMG 2.16 Packet Switching Backplane R1.0. Ориентировочно они будут выпускаться до 2018 года.

В числе преимуществ модулей СТ-61 можно назвать реализованные технологии компании Intel: Hyper-Threading (функция многопоточности) и Turbo Boost (увеличение частоты), позволяющие получить впечатляющий прирост производительности и быстродействия.

Широкий набор интерфейсов: 2×GbE, 2×RS-232, 3×SATA, 6×USB, PCI Express x4, High Definition Audio, 5×GPIO, TMDS, RGB, LVDS, 2×PIM, KB/MS, а также два отсека для PMC/ХМС и возможности расширения при помощи шести рекомендуемых RTM позволяют СТ-61 стать мощной платформой для создания высокопроизводительных систем.

СТ-61 работает под управлением ОС Windows XP Professional SP3, Windows 7, Windows Vista Enterprise, Fedora™ 12, Wind River VxWorks 6.8. По специальному заказу возможна разработка драйверов и для других ОС.

### Шасси с кондуктивным охлаждением

Системы с кондуктивным охлаждением позволяют электронному оборудованию работать в герметичных корпусах, в ограниченном пространстве, практически без доступа воздуха, обеспечивая таким образом защиту от воздействия вредной окружающей среды. Примером решения для таких систем является ATR (англ. Air Transport Rack – корпуса для воздушного транспорта) – форм-фактор корпусов, ставший де-факто стандартом для электронного оборудования в авиации бо-

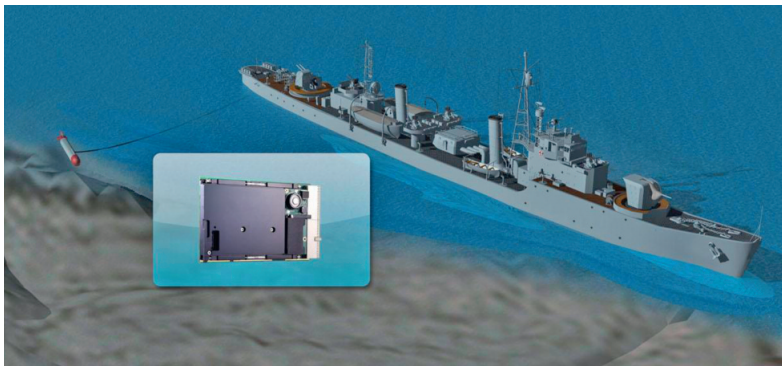


Рис. 6. Применение CompactPCI-модуля с кондуктивным теплоотводом в гидроакустической системе



Рис. 7. Передвижная радиолокационная установка с CompactPCI-системой управления кондуктивного охлаждения

лее половины десятилетия назад. Изделия ATR доступны сегодня в широком диапазоне размеров, и многие COTS ATR-шасси с кондуктивным охлаждением, присутствующие на рынке, представляют собой не что иное, как 3U и 6U CompactPCI-системы.

Компания ADLINK не производит собственных шасси с кондуктивным охлаждением, однако наличие у неё такого стратегического партнёра, как фирма ELMA (производитель конструктивов Евромеханики), делает применение CompactPCI-модулей ADLINK ещё более востребованным. Российский заказчик может рассчитывать на получение решений не только на уровне модуля, но и полностью готовых систем, созданных по его ТЗ и соответствующих самым жёстким требованиям военных стандартов.

## ОБОРОННЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ

### Дистанционный гидроакустический комплекс

Одним из вариантов оборонных применений, использующим преимущества кондуктивного охлаждения, служит изображённый на рис. 6 подводный эхолот (сонар), буксируемый морским судном. Гидроакустический комплекс применяется для обнаружения субмарин и других подводных объектов. Он состоит из передатчика/приёмника сигналов акустических датчиков и основного приёмопередатчика и управляется процессорным 3U CompactPCI-модулем с кондуктивным охлаждением ADLINK CT-31. Процессорный модуль и используемые COTS периферийные платы сбора данных и

обработки сигналов размещаются в специальном полностью герметичном корпусе внутри блока основного трансивера. В данном приложении CT-31 обеспечивает требуемую для управления системы вычислительную мощность, необходимую компактность и надёжную работу в ограниченном пространстве. Используемые COTS-технологии, кроме высокой производительности, позволили в кратчайшие сроки получить готовое решение, удовлетворяющее жёстким требованиям спецификации морского назначения, при гораздо меньших затратах, чем это потребовалось бы при разработке специализированной системы.

### Мобильная радиолокационная станция для ПВО

Радиолокационные системы играют решающую роль в современной противовоздушной обороне. Они своевременно предоставляют исключительно важные данные о противнике и его действиях. Для обеспечения эффективной защиты от различных видов нападения лёгкой передвижной зенитной установке требуется высокопроизводительная компьютерная система, позволяющая с высокой степенью вероятности осуществлять автоматическое распознавание целей и сопровождать действия оператора по принятию им правильного решения.

Подобная система в герметичном ATR-корпусе, установленная в ограниченном пространстве боевого отделения передвижной зенитно-ракетной установки, создана на базе 6U CompactPCI-модуля с кондуктивным тепло-

отводом ADLINK CT-61 (рис. 7). Бортовая вычислительная система, управляемая мощным процессором Intel Core i7, позволяет радиолокационной станции выполнять боевую задачу с высокой скоростью и точностью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CompactPCI-системы с кондуктивным теплоотводом хорошо адаптируются для использования в наземном, морском и авиационном оборудовании военного назначения. Изделия с кондуктивным охлаждением отвечают особым требованиям оборонных приложений:

- широкий диапазон рабочих температур;
- защитное покрытие;
- высокая устойчивость к вибрационным и ударным нагрузкам;
- возможность работы аппаратной части в полностью герметичной оболочке без доступа воздуха извне;
- повышенная по сравнению с системами воздушного охлаждения надёжность;
- длительная доступность применяемых COTS-изделий, их взаимозаменяемость в случае резервирования, ремонта или модернизации системы;
- минимизация сроков и затрат на разработку и ввод в эксплуатацию;
- соответствие единому стандарту CompactPCI, гарантия совместимости устройств различных производителей. ●

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

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Компании ADLINK Technology и ELMA Electronic заключили партнёрское соглашение

Деловое партнёрство двух известных компаний открывает ADLINK доступ к богатому опыту ELMA в области системной интеграции. В обмен на это компания ELMA, специализирующаяся в области разработки и производства конструктивов Евромеханики, приобретает сильного партнёра, производителя и поставщика промышленных компьютеров и периферийных плат для построения собственных систем. Это сотрудничество в основном сфокусировано на системной интеграции

и будет построено на основе использования мощной технической базы европейского отделения ADLINK в Мангейме. Европейские покупатели получают готовые системные решения, специально сконструированные по их индивидуальным требованиям. Благодаря тесному взаимодействию специалистов обеих компаний клиенты могут рассчитывать на получение квалифицированной технической поддержки из одних рук даже по самым сложным проектам. Совместная разработка и поставка предполагает максимальную совместимость между различными программными и аппаратными компонентами систем.

Директор европейского филиала ADLINK Эдгар Чен рассматривает партнёрство как логичный шаг и считает, что компания ADLINK, являющаяся ведущим поставщиком системных блоков, благодаря сотрудничеству с ELMA сможет предложить более широкий спектр системных услуг. Управляющий директор ELMA-Германия Паоло Путцолу также надеется на перспективное сотрудничество, говоря о том, что это партнёрство обещает создать интересные решения, его основная цель – получение полностью законченных систем от одного поставщика, что позволит клиенту целиком сконцентрироваться на собственной прикладной задаче. ●