

Андрей Головастов

# CompactPCI и PXI: не соревнуясь, а дополняя друг друга

## Часть 1

Статья подготовлена по материалам регулярно проводимых семинаров «Встраиваемые системы: перспективные решения для ответственных задач и жёстких условий эксплуатации» и посвящена системам CompactPCI и PXI. Рассмотрены основные принципы построения и структура систем данных стандартов. В качестве примера приведён краткий обзор соответствующей продукции компании ADLINK. Основной акцент сделан на изделия формата 3U.

### ВВЕДЕНИЕ

Сегодня мировой рынок встраиваемых систем (embedded systems) — это значительный сегмент общемирового рынка электроники. Встраиваемые системы проникли практически во все сферы жизни от потребительской электроники до военной техники. Совсем недавно термин «встраиваемые системы» ассоциировался, прежде всего, с бортовыми компьютерами, а сегодня уже трудно найти электронную продукцию, которая не попадала бы в данную категорию: встраиваемые компьютеры, процессорные, измерительные и интерфейсные платы и многое-многое другое.

В чем специфика требований современного разработчика компьютерных систем? Общая тенденция такова:

- стремление к максимальной стандартизации, унификации и модульному принципу построения, использование открытых международных стандартов для обеспечения конкурентоспособности производимых модульных систем;
- применение технологически совершенных изделий, COTS-продуктов (COTS — commercial off-the-shelf — готовые коммерческие продукты и

технологии, доступные для свободного приобретения на рынке), обладающих устойчивостью к различным неблагоприятным воздействиям и высокой надёжностью, соответствующей условиям промышленной эксплуатации;

- возможность выбора лучшей продукции и продукции именно тех компаний, которые специализируются на встраиваемой электронике и работают в рамках одного стандарта, что приводит к простоте последующей модернизации и удобству обслуживания их изделий;
- использование широких возможностей применения уже разработанного системного и прикладного программного обеспечения (ПО) под Windows, Linux, QNX и т.д., следствием чего является снижение финансовых и временных затрат на разработку;
- экономия средств и времени разработки, которая продиктована высокой конкуренцией на рынке встраиваемых систем.

### CompactPCI

Наверное, те же задачи стояли и перед инженерами 1990-х годов, инициировавшими разработку нового стан-

дарта CompactPCI, который был окончательно сформулирован в 1997 году консорциумом PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group). В рамках этой некоммерческой организации, созданной в 1994 году и на сегодняшний день насчитывающей среди своих членов более 450 компаний-производителей, была разработана открытая спецификация для высокоэффективных телекоммуникационных и вычислительных применений под названием CompactPCI, или PICMG 2.0 (<http://www.picmg.org/v2internal/specifications.htm>) [1, 2, 3].

Стандарт явился прямым развитием шины PCI для применения в промышленных и особо ответственных приложениях.

Основные особенности, определяемые стандартом CompactPCI:

- унифицированные размеры Eurocard в соответствии с IEEE 1101.1 (рис. 1);
- компактные соединители с шагом 2 мм (рис. 2);
- вертикальное расположение плат для наилучшего охлаждения;
- надёжная фиксация модулей в системном шасси;
- высокая устойчивость к ударным и вибрационным воздействиям;

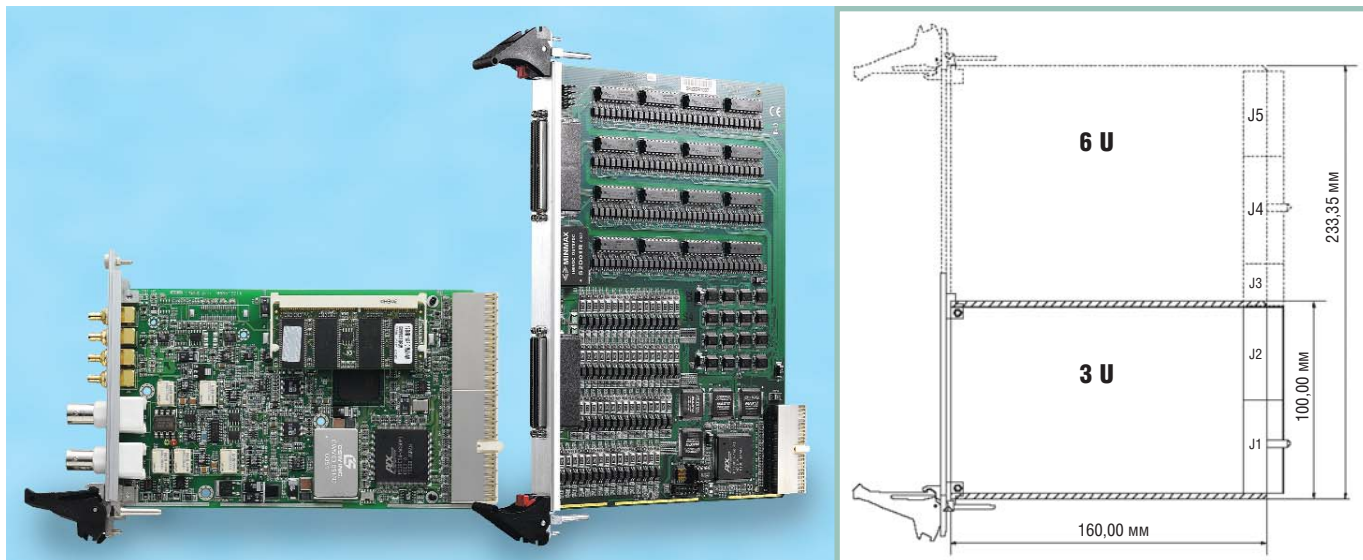


Рис. 1. Внешний вид и размеры модулей CompactPCI

- металлическая передняя панель съёмных модулей;
- соединители для пользователя, расположенные как на передней, так и на задней стороне модуля;
- применение стандартных шасси от разных изготовителей;
- каскадное исполнение выводов питания для реализации режима «горячей» замены;
- поддержка восьми слотов в базовой конфигурации (с расширением при использовании мостов).

Конструктивно платы CompactPCI представляют собой платы Eurocard высотой 3U (100×160 мм) или 6U (233×160 мм, рис. 1).

«Сердце» CompactPCI – это газонепроницаемый компактный разъём, отвечающий стандарту IEC 1076 и характеризующийся низкой индуктивностью и контролируемым импедансом (рис. 2). Для плат 3U он имеет 44 ряда сигнальных контактов, расположенных с шагом 2 мм по 5 в каждом ряду (всего 220). Разъём состоит из двух снабжённых металлическим экраном половин (соединители J1 и J2) по 110 контактов каждая, 20 из которых зарезервированы.

Относительно большое количество контактов служит для экранирования и заземления, что позволяет исключить помехи и обеспечить надёжную передачу сигналов.

Разная длина контактов в системных разъёмах CompactPCI обусловлена аппаратной реализацией режима Hot Swap («горячая» замена). «Длинные» контакты применяются для подключения сигналов питания, основная группа сигна-



Рис. 2. Разъём CompactPCI

лов системной шины подключается контактами «нормальной» длины, а «укороченные» контакты служат для передачи специальных сигналов Hot Swap (при отсоединении модуля они первыми размыкаются и предупреждают систему о предстоящем его удалении).

На кросс-панели (объединительной панели, рис. 3) устанавливаются ответные части разъёмов плат. В 32-битовом варианте шина использует только один соединитель (J1), причём не полностью; часть контактов выделяется на усмотрение пользователя. 64-битовая шина использует весь разъём (J1+J2), при этом возможна комбинация разных модулей на одной и той же 64-разрядной объединительной панели.

Металлическая передняя панель съёмных модулей выполнена в соответствии с IEEE 1101.10, имеет ручку-фиксатор, цент-

рирующие штифты и при помощи невыпадающих винтов надёжно фиксирует модули в шасси CompactPCI.

В отличие от шины PCI, где количество слотов может быть не более четырёх, шина CompactPCI поддерживает до восьми слотов (рис. 3). Дальнейшее расширение количества слотов вплоть до 32 реализуется с помощью мостов PCI-PCI.

Каждый сегмент системы имеет один системный и семь периферийных слотов. Системный модуль занимает левый (системный) слот и обеспечивает арбитраж шины, формирование тактовых сигналов, приём и выдачу сигналов управления.

Требования стандарта предполагают использование соединителей как на передней, так и на задней (тыльной) стороне кросс-панели, что позволяет организовать так называемый тыльный ввод-вывод (Rear I/O) и подключение дополнительных устройств с обратной стороны объединительной панели.

Принципиальные конструктивные моменты стандарта CompactPCI под-

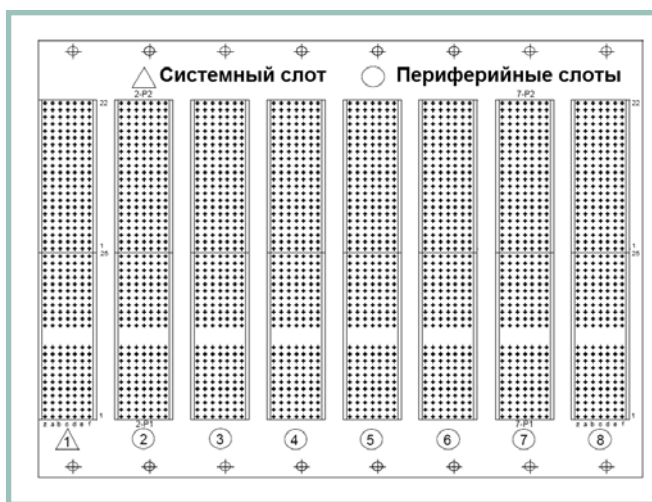


Рис. 3. Объединительная панель CompactPCI

робно были изложены в [2], и здесь о них говорить не будем. В качестве справочной информации в табл. 1 приведены данные, которые помогут разобраться в существующих обозначениях, присущих системам CompactPCI (PXI).

Следующей отправной точкой для разговора о конкретных решениях будет описание стандарта PXI.

### СТАНДАРТ PXI

Стандарт PXI (PCI eXtention for Instrumentation) появился в 1997 году как открытый промышленный стандарт благодаря группе компаний, входящих в альянс PXISA (PXI Systems Alliance, <http://www.pxisa.org/>). В основе архитектуры PXI лежат шина PCI, стандарт CompactPCI, а также дополнительные программно-аппаратные возможнос-

ти, позволяющие создать на их базе практически любую автоматизированную вычислительную или контрольно-измерительную систему (рис. 4).

Конструктивно система PXI представляет собой шасси, оснащённое объединительной панелью на 8 модулей (рис. 5).

Самый левый слот в корзине предназначен для системного контроллера; слева от него оставлено свободное место для его возможных расширений (рис. 6). Семь свободных слотов справа предназначены для модулей ввода-вывода. В следующий за системным слотом может устанавливаться специальный модуль, предназначенный для синхронизации работы нескольких модулей, так называемый стар-триггер (Star Trigger).

Пропускная способность системы — до 132 Мбайт/с для 32-разрядной шины PCI на частоте 33 МГц; для 64-разрядного варианта PCI значение этого параметра составляет до 528 Мбайт/с.

Если обычная шина PCI имеет возможность работать не более чем с 4 слотами, то увеличенное до 8 количество слотов является явным преимуществом стандартов PXI/CompactPCI. Неоспоримыми достоинствами PXI/CompactPCI являются использование шины передачи данных PCI, надёжных разъёмов и технологии plug&play, а также функциональная совместимость систем PXI и CompactPCI (рис. 7).

Помимо этого спецификация PXI предусматривает дополнительные возможности синхронизации (рис. 8).

Таблица 1

Краткое описание ключевых особенностей основных спецификаций PIMG

| PICMG | Наименование              | Версия  | Краткое описание  |
|-------|---------------------------|---------|---|
| 2.0   | CompactPCI                | R2.1    | Определяет форм-фактор IEEE 1101.1 (Eurocard) и устанавливает назначение контактов для соединителей с шагом 2 мм (IEC 1076-4-101)   |
|       |                           | R3.0    | Вводит последовательность соединения выводов для «горячей» замены   |
|       |                           | ECN 002 | Вводит связь между «географическими» и физическими адресами   |
| 2.1   | Hot Swap                  | R1.0    | Определяет конфигурацию выводов и другие аппаратные особенности для съёма и установки плат при работающей системе CompactPCI («горячая» замена)   |
|       |                           | R2.0    | Включает в себя уточнения программной архитектуры, поддержки режимов 3,3 В и 66 МГц, PCI-X совместимости, соглашения о терминах   |
| 2.2   | VME64x                    | R1.0    | Определяет назначения выводов для расширений VME64 в соответствии с требованиями ANSI и VITA для соединителей J4/P4 и J5/P5 на объединительной панели   |
| 2.3   | PMC I/O                   | R1.0    | Определяет назначение выводов пользователя для соединителей J3/P3, J4/P4, J5/P5 на объединительной панели CompactPCI в соответствии с IEEE 1386 PMC   |
| 2.4   | IP I/O                    | R1.0    | Определяет назначение выводов пользователя для соединителей J3/P3, J4/P4, J5/P5 на объединительной панели CompactPCI в соответствии со стандартом IP ANSI/VITA  |
| 2.5   | Telephony                 | R1.0    | Определяет использование стандарта CompactPCI и регламентирует конфигурацию выводов, определённых пользователем для применения в компьютерной телефонии с шиной TDM, Rear I/O, 48 VDC, платы типа 6U  |
| 2.7   | Dual CompactPCI           | R1.0    | Определяет средства процессорных плат CompactPCI для управления двумя независимыми сегментами шин PCI в конструктиве 6U; шина, соединённая с J1/J2, обозначается как А, а шина, связанная с J4/J5, как В  |
| 2.8   | PXI                       | —       | Определяет назначение выводов пользователя для соединителей J2 в инструментальных системах на базе CompactPCI   |
| 2.9   | Management                | R1.0    | Спецификация для вспомогательной шины управления системой, призванная обеспечить контроль плат CompactPCI со стороны основного или подчинённого процессора  |
|       |                           | ECN 001 | Определяет данные для обеспечения связи слота   |
| 2.10  | Keying                    | R1.0    | Определяет механизм кодирования и конфигурации выводов для соединителей J4/P4 согласно IEC 1076-4-101, а также требованиям IEEE 1101.10   |
| 2.11  | Power Interface           | R1.0    | Определяет электрические и механические требования для функционирования и взаимодействия встроенных модулей питания в системах CompactPCI   |
| 2.12  | Software Interoperability | R1.0    | Определяет независимые от фирм-производителей программные интерфейсы, поддерживающие программно-аппаратный процесс соединения и режим «горячей» замены, определённый в PICMG 2  |
|       |                           | R2.0    | Содержит обновления для PICMG 2.1 R2.0, Windows и Linux, API резервного системного слота (Redundant System Slot – RSS), поддержки переключения мостов PCI-PCI, аппаратно и программно независимых моделей интеллектуальных сетевых узлов, управления HS- и RSS-платформами CompactPCI, выбора устройства назначения в циклах считывания и записи конфигурации (IDSEL) для «географического» адреса (требования PICMG 2.1)                       |
| 2.13  | Redundant System Slot     | —       | Определяет подход для сокращения функций системного слота PCI с целью обеспечения возможности его «горячей» замены  |
| 2.14  | Multicomputing            | R1.0    | Определяет основанное на пакетной передаче данных взаимодействие между многопроцессорными системами (heterogeneous PCI agents) внутри системной архитектуры CompactPCI  |
| 2.15  | PTMC                      | R1.0    | Определяет конфигурацию соединителя PTMC для поддержки специализированных telecom-интерфейсов; распространяется на мезонинные платы PMC с четырьмя соединителями, поддерживающими сигналы PCI, три специализированных telecom-интерфейса и Ethernet   |
|       |                           | ECN 001 | Увеличивает возможности TDM (мультиплексной передачи с временным уплотнением) за счёт расширения полосы пропускания TDM (H.110) и добавления Ethernet, а также комбинирования возможностей ATM (асинхронной передачи данных) и Ethernet   |
| 2.16  | PSB                       | R1.0    | Расширяет спецификацию объединительной панели CompactPCI в части пакетной передачи данных, накладывая архитектуру встроенной сети (Embedded System Area Network – ESAN) на основе 10/100/1000 Ethernet с использованием топологии «звезда» поверх архитектуры CompactPCI  |
| 2.17  | StarFabric                | R1.0    | Определяет требования к объединительной панели, узловым и коммутационным платам, совмещающая технологию StarFabric и существующие стандарты PICMG   |
| 2.18  | RapidIO                   | R1.0    | Определяет резервированное переключаемое высокоскоростное соединение точка-точка для отдельных или всех слотов с использованием Serial RapidIO, 64-битового варианта CompactPCI H.110 и опционально PICMG 2.16  |
| 2.20  | Serial Mesh               | R1.0    | Определяет последовательное соединение точка-точка, предназначается для расширения возможностей высокоскоростной передачи данных платформ PICMG 2.x; предложение использовать объединительную CompactPCI-панель с сеткой последовательных двухточечных соединений (CompactPCI Serial Mesh Backplane – CSMB) базируется на новых стандартах для высокоскоростной связи и разъёмов, направленных на улучшение работы дифференциальной линии связи |
| 2.50  | CompactTCA                | —       | Оформляет ряд инструкций по упорядочению платформ PICMG 2.16, которые в целях повышения функциональной совместимости ограничивают реализацию аппаратных опций   |



Рис. 4. Программно-аппаратные возможности, определяемые стандартом PXI

Синхронизация и тактирование в системах PXI реализуются применением:

- наносекундной синхронизации модулей ввода/вывода на основе опорного тактового сигнала 10 МГц, подаваемого на все модули;
- контроллера и шины Star Trigger, управляющих передачей сигналов тактирования и синхронизации, реализующих подключение модулей с использованием топологии «звезда», учитывающих длину пути сигналов переключения для уменьшения задержки и для синхронизации моментов запуска различных приборов;

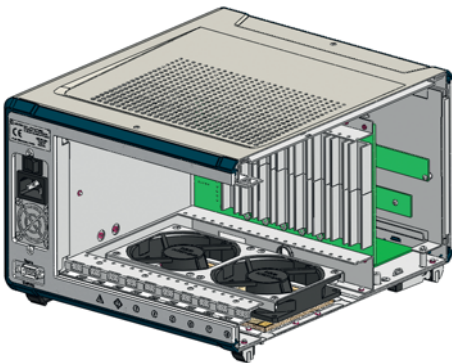


Рис. 5. Шасси PXI

налов переключения для уменьшения задержки и для синхронизации моментов запуска различных приборов;

- шины PXI Trigger, состоящей из восьми линий, сигналы которых подаются на все слоты в сегменте, с тем чтобы они могли взаимодействовать и аппаратно управлять друг другом;

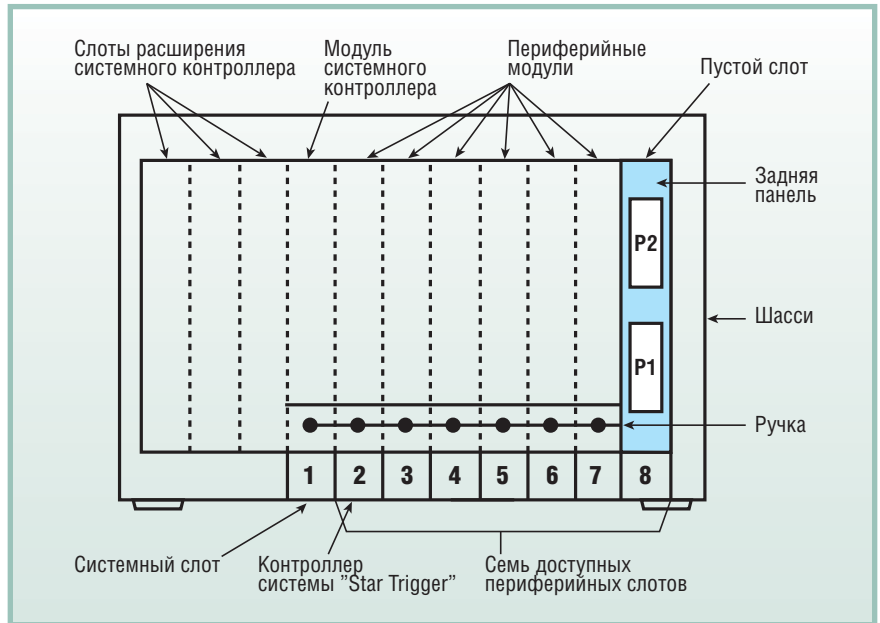


Рис. 6. Структура системы PXI

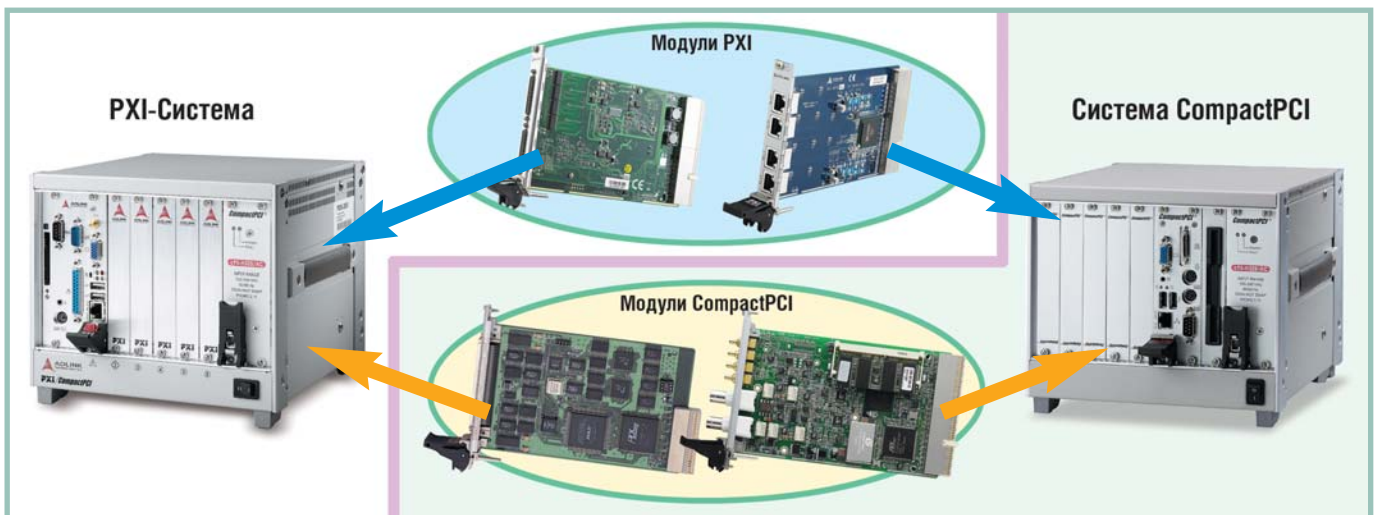


Рис. 7. Функциональная совместимость систем PXI и CompactPCI

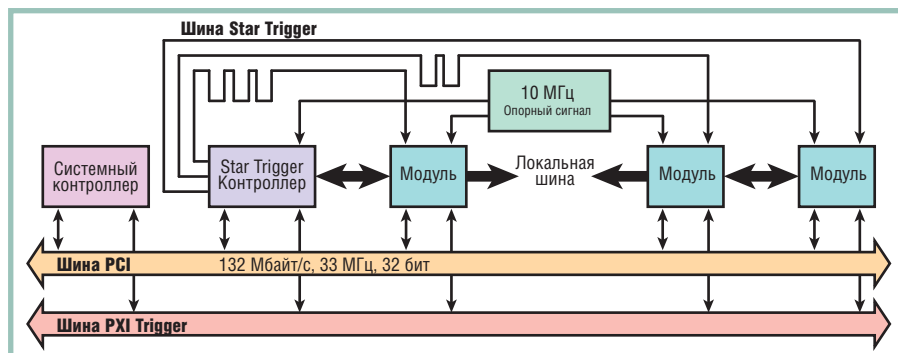


Рис. 8. Синхронизация и тактирование в системе PXI

● локальной шины, служащей для передачи высокочастотных цифровых и аналоговых сигналов между соседними модулями.

Для изделий стандарта PXI заданы жёсткие требования по электромагнитной совместимости, питанию, вентиляции модулей и повышенной виброзащищённости конструкции. Архитектура PXI позволяет использовать высоко-

производительные процессоры для задач, требующих сложного анализа или математической обработки данных. Используемое программное обеспечение аналогично ПО стандартных ПК и поэтому не требует дополнительного времени на изучение, что упрощает процесс интеграции систем.

*Во второй части статьи делается краткий обзор продукции компании*

*ADLINK, соответствующей требованиям стандартов CompactPCI и PXI. Основное внимание уделяется изделиям формата 3U. Указываются возможные области применения. ●*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев В. Базовые принципы построения высокопроизводительных и надёжных систем на основе изделий CompactPCI // Современные технологии автоматизации. — 2007. — № 3.
2. Беломытцев В. Шасси промышленных компьютеров с шиной CompactPCI // Современные технологии автоматизации. — 2008. — № 2.
3. Теплов А. Перспективный формат // Мир автоматизации. — 2005. — № 1.

**Автор — сотрудник фирмы ПРОСОФТ**

**Телефон: (495) 234-0636**

**E-mail: info@prosoft.ru**