



Владимир Беломытцев

## Шасси промышленных компьютеров с шиной CompactPCI

В статье рассматриваются конструктивные особенности, а также основные достоинства и недостатки различных типов шасси промышленных компьютеров с системной шиной CompactPCI.

### ВВЕДЕНИЕ

Формат CompactPCI появился в результате попытки адаптировать конструкцию компьютера с системной шиной PCI к тяжёлым условиям эксплуатации в промышленности, на транспорте, в военной технике. В серии спецификаций, разработанных в этой связи консорциумом PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), в качестве основной цели изменения конструкции было названо улучшение её механических характеристик.

Для решения поставленной задачи был применён подход, основанный на максимальном использовании широко распространённых и хорошо зарекомендовавших себя технических решений. В результате удалось улучшить не только механические показатели компьютеров, но и надёжность, ремонтнопригодность и помехоустойчивость.

### СТАНДАРТЫ

Основные положения, касающиеся конструкции CompactPCI-компьютера, содержатся в следующих спецификациях:

- PICMG 2.0 R2.1, определяющей форм-фактор и тип соединителей;
- PICMG 2.10, определяющей конструкцию ключей, обеспечивающих безопасное подключение заменяемых элементов системы;
- PICMG 2.11, содержащей требования к конструкции источников питания.

Поскольку основная идея CompactPCI состоит в заимствовании уже известных и доказавших свою эффективность решений (форм-фактор был «обкатан» в системах VME, соединитель использовался фирмой Siemens для телекоммуникационных приложений и т.д.), упомянутые здесь спецификации PICMG практически не содержат детального описания элементов конструкции. Вместо этого приводятся ссылки на другие стандарты:

- IEC 61076-4-101, определяющий параметры соединителя и правила его установки на печатную плату;

- IEEE 1101.1, IEEE 1101.10, IEEE 1101.11, содержащие описание конструкции основных составных частей.

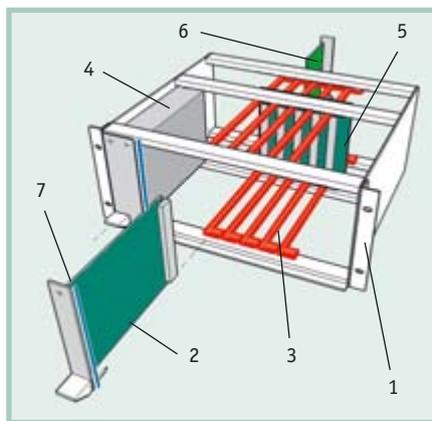
Эта информация содержится также в другой — «конкурирующей» — группе стандартов: IEC 60297-3-101, IEC 60297-3-102, IEC 60297-3-103. Для нас данный источник является предпочтительным, так как имеется аутентичный перевод стандартов IEC на русский язык, выполненный в 2006 году комиссией экспертов МЭК/ТК480. На основании перевода были утверждены и введены в действие российские аналоги упомянутых стандартов: ГОСТ Р МЭК 60297-3-101-2006, ГОСТ Р МЭК 60297-3-102-2006 и ГОСТ Р МЭК 60297-3-103-2006.

С текстами стандартов можно ознакомиться на сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru>.

### КОНСТРУКЦИЯ

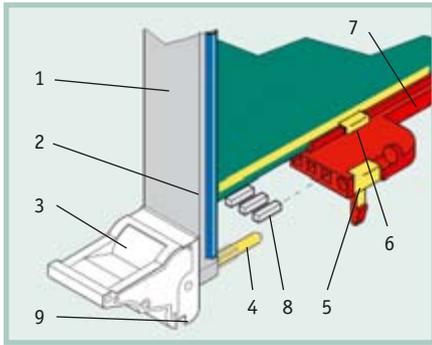
На рисунках 1-4 показаны основные элементы компьютера, соответствующие требованиям перечисленных документов. Коротко эти требования можно сформулировать так.

- Корпус компьютера должен иметь исполнение rackmount, то есть содержать элементы (фланцы) для крепления в шкафу или стойке.
- Компьютер должен иметь модульную конструкцию. Каждый модуль должен быть выполнен в виде открытого или закрытого вставного блока с ме-



Условные обозначения:  
 1 — фланец; 2, 6 — вставные блоки;  
 3 — направляющая; 4 — источник питания;  
 5 — объединительная плата;  
 7 — элементы системы электромагнитного экранирования (показаны только уплотнительные прокладки лицевых панелей).

Рис. 1. Основные элементы компьютера CompactPCI



Условные обозначения:  
 1 — лицевая панель; 2 — уплотнительная прокладка; 3 — рукоятка (экстрактор-инжектор); 4 — заземляющий ловитель; 5 — гнездо для ловителя; 6 — контактная пружина для отвода статического заряда; 7 — направляющая; 8 — кодирующие штифты; 9 — нижний выступ.

Рис. 2. Детали сменного модуля

таллической лицевой панелью, обеспечивающей его заземление, электромагнитное экранирование и надёжную механическую фиксацию. Ширина лицевой панели должна быть кратна 4НР (1НР = 5,08 мм). Высота модуля должна равняться 3U или 6U (1U = 44,45 мм). При этом высота печатной платы, размещаемой в блоке, должна равняться 100 мм или 233 мм соответственно.

● **Вставные блоки должны вдвигаться в корпус по направляющим.** Направляющие должны быть оборудованы кодирующими штифтами (рис. 2), исключающими неправильную установку блоков. Каждая направляющая должна иметь гнездо, в которое должен входить заземляющий штифт-ловитель, соединённый с лицевой панелью блока. Гнездо должно иметь надёжное электрическое соединение с корпусом компьютера (сопротивление не должно превышать 100 мОм).

● **Источники питания**, так же как и остальные модули, должны быть выполнены в виде вставных блоков, однако печатная плата источника должна располагаться относительно передней панели на  $\frac{1}{2}$ НР (2,54 мм) правее, чем у обычного модуля. В связи с этим для фиксации источников следует использовать специальные направляющие со смещённой дорожкой (рис. 3). Эти направляющие должны иметь зелёный цвет.

● **На лицевых панелях должны быть закреплены рукоятки (экстракторы-инжекторы)**, предназначенные для извлечения и установки модулей. Нижние выступы рукояток (рис. 2) должны входить в соответствующие пря-

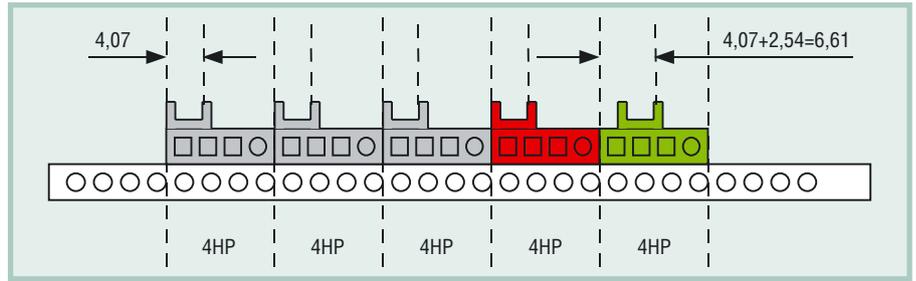
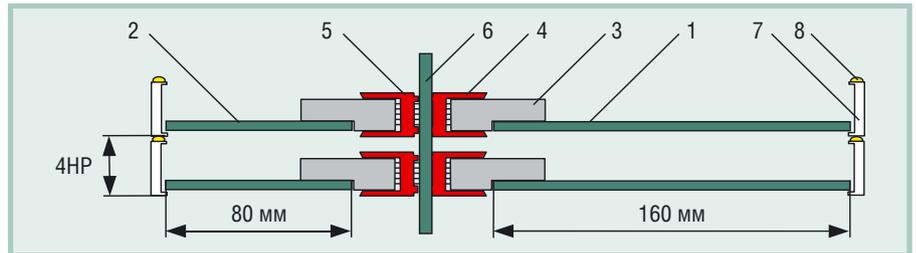


Рис. 3. Направляющие (вид спереди)



Условные обозначения:  
 1 — печатная плата модуля, вставляемого с фронтальной стороны корпуса;  
 2 — печатная плата модуля, вставляемого с задней стороны корпуса;  
 3 — соединитель; 4 — ответная часть соединителя; 5 — оболочка проходной части соединителя;  
 6 — объединительная плата; 7 — лицевая панель модуля; 8 — уплотнительная прокладка.

Рис. 4. Расположение модулей (экстракторы-инжекторы не показаны)

моугольные отверстия в корпусе компьютера.

● **Компьютер должен содержать расположенную вертикально пассивную объединительную плату** с унифицированными соединителями IEC 61076-4-101 для подключения модулей. Соединители должны располагаться параллельно с шагом 4НР. Объединительная плата может состоять из нескольких сегментов — отдельных плат, соединённых мостами PCI-PCI. На одном сегменте может размещаться до 8 соединителей. При необходимости модули должны подключаться не только к фронтальной, но и к тыльной стороне объединительной платы. Для этого должны использоваться соединители с удлинёнными контактами, проходящими сквозь объединительную плату. Модули, подключаемые с фронтальной и с задней стороны объединительной платы, должны содержать печатные платы длиной 160 и 80 мм соответственно (рис. 4).

● **Соединители объединительной платы должны содержать кодирующие ключи**, позволяющие гарантировать, что каждый модуль будет установлен только в слот с соответствующим уровнем питающего напряжения.

● **Конструкция компьютера должна допускать возможность «горячей» замены модулей.** Для этого в процессе замены должна обеспечиваться определённая последовательность соединения и разъединения контактов соедини-

теля, а также должны вырабатываться специальные предупредительные сигналы для процессорного модуля и для обслуживающего персонала. Для выполнения этих функций используются контакты соединителей IEC 61076-4-101, имеющие разную длину (самые длинные — выводы питания), и микропереключатели, встраиваемые в рукоятки-экстракторы.

● **Необходимо обеспечить эффективное электромагнитное экранирование** компьютера и защиту его элементов от электростатических разрядов. С этой целью все внешние панели корпуса должны быть соединены между собой и с контуром защитного заземления. Зазоры между панелями должны уплотняться при помощи прокладок из проводящего электричество материала (рис. 1 и 2). Для отвода электростатического заряда с лицевых панелей вставных модулей должны использоваться соединённые с ними металлизированные дорожки, расположенные на печатных платах. При установке модуля в корпус компьютера дорожки должны замыкаться со специальными контактными пружинами, расположенными на направляющих (рис. 4). Контактные пружины должны быть соединены с корпусом компьютера.

### «Классические» шасси

Наиболее распространённой формой комплектования промышленного ком-



Рис. 5. Шасси на базе блочного каркаса EuropacPRO (Schroff)

пьютера является заказ готового шасси с последующей установкой в него легко заменяемых модулей. Обычно в состав шасси входят:

- экранированный несущий корпус;
- элементы системы питания;
- объединительная плата;
- элементы системы вентиляции.

Простейший вариант «классического» шасси показан на рис. 5.

С точки зрения обеспечения отвода тепла и по механическим характеристикам эта конструкция является оптимальной. При определённом подборе источника питания и процессорного модуля, например, CPC502 (Fastwel) с источником P4180 (11098-087 Schroff),



Рис. 6. Отказоустойчивое шасси (6+4)U

такая система может работать при естественном конвективном охлаждении. Если требуется принудительное охлаждение, его легко обеспечить, добавив 19-дюймовый вентиляционный блок необходимой мощности.

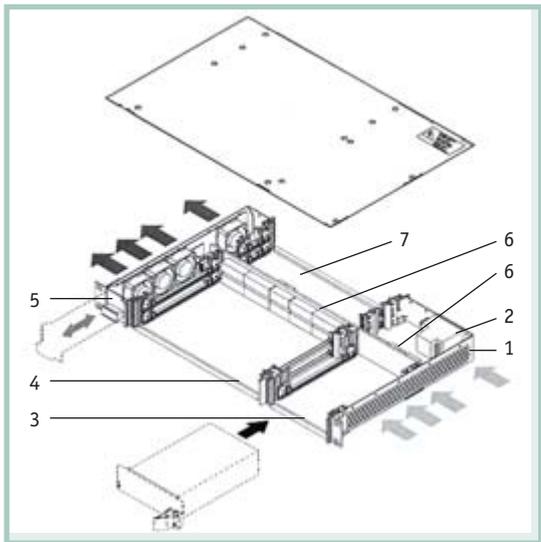
Ещё один пример показан на рис. 6. Это (6+4)U отказоустойчивое шасси с объединительной платой PSB (Packet Switched Backplane, PICMG 2.16), дублированными источниками питания и системой принудительной вентиляции.

Основной недостаток «классических» шасси — неоптимальное использование объёма, занимаемого в стойке: высота шасси определяется габаритами печатных плат (3U или 6U) и не зависит от их количества в системе.

### ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СТАНДАРТОВ

На практике не все требования спецификаций PICMG строго выполняются: некоторые отклонения от «классического» варианта фактически сами стали стандартом. Один из таких примеров — шасси формата pizza box, в котором модули располагаются горизонтально друг над другом. На рис. 7 показан один из вариантов такого шасси.

Основное достоинство этого корпуса очевидно: поскольку его высота может не превышать 1U, обеспечивается оптимальное ис-



- Условные обозначения:
- 1 — экранированный корпус;
  - 2 — сетевой фильтр;
  - 3 — отсек источника питания;
  - 4 — фронтальный отсек для сменных модулей;
  - 5 — вентиляционный блок;
  - 6 — объединительная плата;
  - 7 — задний отсек для сменных модулей.

Рис. 7. Шасси с горизонтальным расположением модулей 24579-078 (Schroff)

пользование внутреннего пространства шкафа, в котором он располагается.

Недостатком конструкции можно считать обязательное наличие вентиляторов для охлаждения модулей. Вентиляторы производят шум, который нежелателен в некоторых приложениях, и имеют небольшой (в сравнении с электронными компонентами) срок службы.

Чтобы компенсировать последний недостаток, вентиляторные блоки делают съёмными, допускающими «горячую» замену (рис. 8). Предпочтение стоит отдать вентиляторам, работающим на нагнетание, — они дольше служат, так как находятся в более благоприятных температурных условиях. Кроме того, при работе вентиляторов на всасывание внутри корпуса компьютера создается пониженное давление воздуха, из-за чего через щели и неплотности в него проникает большое количество пыли.

Ещё один распространённый тип «нестандартного» конструктива для компьютера CompactPCI — настольный приборный корпус.

Поскольку шасси на базе такого корпуса не предназначено для встраивания в стандартную стойку, его габариты зависят только от объёма оборудования, которое в нём требуется разместить. Например, шасси, показанное на рис. 9, может иметь ширину 42HP, 63HP или 84HP.

Условия для отвода тепла в таком корпусе не намного хуже, чем в «классическом». Поток охлаждающего воздуха поступает через отверстия в нижней части передней панели и выходит из корпуса через отверстия в верхней части задней панели. Если естественного конвективного охлаждения оказывается недостаточно, на задней стенке может быть смонтирован вентиляционный блок.

Другой пример «нарушения стандарта» — использование источников питания форм-фактора ATX (рис. 10).

Такие источники существенно (иногда в несколько раз) дешевле, чем выполненные в виде вставного блока, однако имеют худшие показатели надёжности и снижают ремонтопригодность компьютера. Кроме того, имеется ряд отличий, влияющих на качество функционирования системы.

1. В источниках ATX (рис. 10) общий провод (common, logic ground) соединён с корпусом (frame ground). В соответствии со спецификациями PICMG это допускается (даже предусматри-

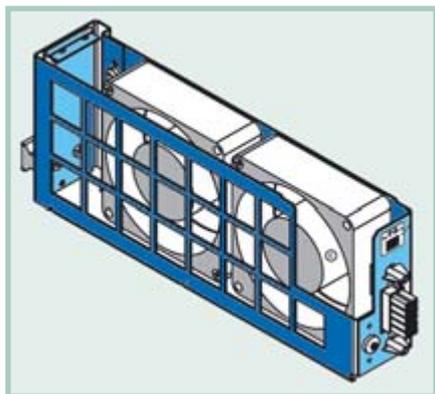


Рис. 8. Сменный вентиляционный блок



Рис. 9. Шасси на базе настольного приборного корпуса RatiopacPRO Air (Schroff)

вается возможность размещения соответствующего коммутационного элемента на соединительной плате), однако помехоустойчивость системы при таком варианте заземления снижается. Кроме того, часто, например, в медицинской или стационарной железнодорожной аппаратуре, такое «объединение земель» запрещено.

2. Служебные сигналы, которыми источник АТХ обменивается с процессором, несколько отличаются, от рекомендованных PICMG. Источник CompactPCI должен формировать:

- FAL#-сигнал, предупреждающий процессор о предстоящем отключении питания;
- DEG#-сигнал, предупреждающий процессор о снижении мощности источника в связи с перегревом.

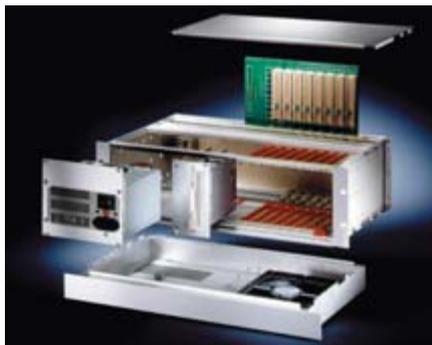


Рис. 10. Шасси с источником питания АТХ

У АТХ-источника сигнал DEG# отсутствует, а в качестве сигнала FAL# используется PG (power good).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие общепринятых стандартов обеспечивает взаимную совместимость деталей, приобретаемых у разных изготовителей. Однако самостоятельно заниматься подбором комплектующих для шасси CompactPCI компьютера и его сборкой имеет смысл только в тех случаях, когда к конструкции предъявляются какие-то особые требования. Решение задачи можно упростить, воспользовавшись «заготовками», одна из которых показана на рис. 11. Впрочем, даже это вряд ли поможет легко мино-



Рис. 11. Экранированный блочный каркас 3U CompactPCI 24563-157 (Schroff). Поставляется в виде набора деталей. Направляющие, объединительная плата и лицевые панели в комплект не входят

вать все «подводные камни» при конструировании и сборке. Наиболее рациональным, с точки зрения экономии времени и средств, остаётся приобретение собранного и всесторонне протестированного изготовителем шасси. Разумеется, при этом лучше ориентироваться на продукцию лидеров — членов консорциума PICMG: Schroff, Rittal, Advantech, ELMA. Более подробную информацию можно получить на [www.prosoft.ru](http://www.prosoft.ru) или в офисах фирмы ПРОСОФТ. ●

**Автор — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
Телефон: (812) 448-0444  
E-mail: [bel@spb.prosoft.ru](mailto:bel@spb.prosoft.ru)**