

## ЭВОЛЮЦИЯ СТАНДАРТА CompactPCI

В.А. Яковлев, А.В. Пятницких (Компания Прософт)

Кратко рассмотрены тенденции развития системных шин магистрально модульных систем на основе спецификаций CompactPCI. Представлен стандарт PICMG 2.30 CompactPCI PlusIO, позволяющий осуществить переход от систем на основе классической параллельной шины PICMG 2.0 к системам, использующим только высокоскоростные последовательные интерфейсы. Описан стандарт CompactPCI Serial, находящийся на стадии голосования в консорциуме PICMG, предполагающий полный отход от параллельных интерфейсов и переход к использованию только последовательных.

Ключевые слова: системная шина, стандарт, параллельные и последовательные интерфейсы.

### Немного истории

Безусловным ветераном в области системных шин магистрально модульных встраиваемых систем является детище фирмы Motorola – шина VME. Это параллельная, асинхронная, имеющая 32- и 64-разрядные варианты исполнения, появившаяся в 70-х годах XX века и до сих пор здравствующая шина. Фактической монополией этой шины пришел конец с появлением в 1997 г. спецификации PICMG 2.x, определившей новый стандарт CompactPCI (рис. 1). В отличие от VME шина CompactPCI во многом является преемницей классической шины PCI v.2.1. Она синхронная и мультиплексируемая, но так же, как и VME – параллельная.

Отметим, что конец прошлого и начало нынешнего столетия в сфере творческих дискуссий о развитии системных шин ознаменовались бурной полемикой. Сначала хоронили шину ISA, вместо использования которой предлагался тотальный переход на PCI, потом намечались тотальные похороны параллельных шин. Но самое интересное, что многие последовательные шины, претендовавшие на альтернативу параллельным, канули в Лету (например, StarFabric), а шины ISA и VME и по сей день находят применение.

Тем не менее, движение в сторону последовательных шин на объединительных панелях, является объективной необходимостью текущего состояния потребительских запросов на сервисы и современные технологии, их обеспечивающие. И наиболее удачной спецификацией в плане реализации идей внедрения последовательных шин на объединительной панели, но не замещающей, а развивающей стандарт CompactPCI (cPCI), является PICMG 2.16 R1.0 CompactPCI Packet

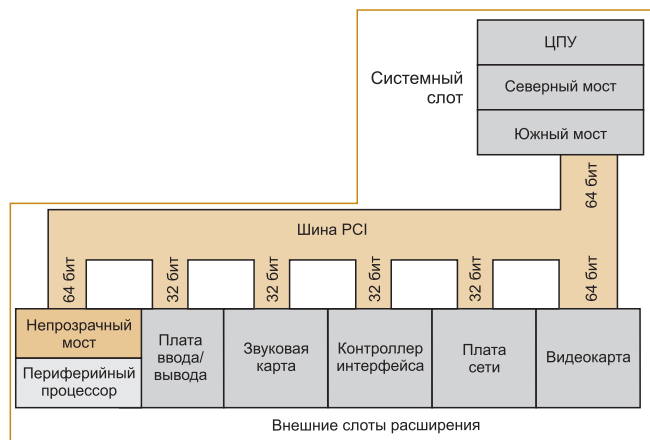


Рис. 1. Организация системной шины в соответствии со спецификацией PICMG 2.0

Switching Backplane (для VME подобная функциональность поддерживается для устройств, отвечающих стандарту ANSI/VITA 31.1). Эта спецификация (рис. 2) была принята в 2001 г. и стала не просто неожиданным прецедентом, а решением, потребовавшим серьезных переосмыслений в иерархической модели связей, переводящих Ethernet из межсистемной коммуникации верхнего уровня в фактически сквозную (включая полевой уровень) вертикальную связь. Это, безусловно, прогрессивное решение позволяет в рамках одного крейта строить высоконадежные масштабируемые решения, активно используя при этом весь парк материальных наработок в виде классических плат расширения ввода/вывода для шины CompactPCI. В то же время при наличии "интеллектуальных" плат в этом же крейте можно без особых усилий осуществлять полноценный обмен данными как в рамках сети крейта, так и в рамках межсистемной (межблочной) связи, при этом опять же активно используя ранее наработанное ПО для сети Ethernet. Реализация спецификации PICMG 2.16 позволяет решить многие проблемы, но не все. Так, при использовании интерфейса Ethernet в рамках крейта необходим достаточно дорогостоящий элемент – коммутатор. Кроме того, спецификация PICMG 2.16 реализуется только для варианта исполнения 6U cPCI, так как Ethernet связи задействуют контакты разъема P3, отсутствующего в варианте 3U cPCI.

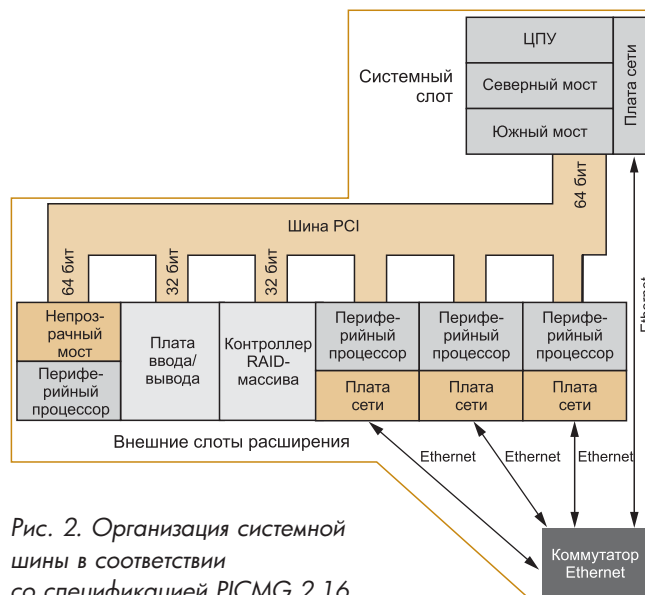


Рис. 2. Организация системной шины в соответствии со спецификацией PICMG 2.16

На текущий момент в гонке за обладание "желтой майкой" лидера системной последовательной шины для объединительных панелей фактически остались две технологии – Ethernet и PCI Express (PCIe). Официально первая базовая спецификация PCI Express (ранее известная как 3GIO – ввод/вывод третьего поколения) увидела свет в июле 2002 г. Можно только порадоваться динамичности сообщества PICMG, оперативно внедряющего современные технологии в уже существующие и зарекомендовавшие себя промышленные стандарты. Так, уже в июне 2005 г. появилась спецификация CompactPCI Express (PICMG EXP.0 R1.0 Specification). Она ставила своей целью внедрение последовательного интерфейса PCI Express в платформы на базе спецификации CompactPCI PICMG 2.0 (по сути, это была попытка тотального перехода на PCI Express) и удовлетворение будущих потребностей рынка приложений вооруженных сил и авиации. В стандарте CompactPCI Express определяются новые типы разъемов, детально описываются требования к электрическим и механическим характеристикам 3U/6U системных и периферийных плат, а также к платам коммутаторов и бекплейнам. В частности, определяется древовидная топология (рис. 3), соединители, которые поддерживают полосу пропускания PCI Express первого поколения и потенциальную возможность ее увеличения в будущем (High Speed Advanced Differential Fabric Connectors – ADF, Hard Metric – eNM). Системный слот обеспечивает широкополосные варианты объединения PCI Express (четыре x4 PCIe, два x8 PCIe и т.д. на двух разъемах XP2 и XP3) и тыльный ввод/вывод, а также поддерживает возможность обеспечения повышенного энергопотребления как ныне применяемых, так и перспективных моделей процессоров. Периферийные слоты обеспечивают возможность поддержки процессорных плат (тип 1), а также поддержку плат, не требующих широкополосной передачи данных шире x8 PCIe (тип 2). Кроме того, на бекплейне установлены гибридный слот, обеспечивающий поддержку PCI32 и PCIe, унаследованный (или традиционный) слот, служащий для возможности подключения плат в стандарте CompactPCI PICMG 2.0, и слот коммутатора. Архитектура и технические решения, определяемые спецификацией для реализации заложенных в нее возможностей, фактически требуют создания новых комплексных решений, так как предполагается активное использование развернутой масштабируемой последовательной коммуникации со всеми присущими техническими атрибутами (в частности, с коммутаторами, встроенными или установленными на объединительной панели). Эта прогрессивная спецификация требует серьезных капитальных вложений для реализации заложенной в ней идеологии, что в наше время несколько расходится с доминирующими тенденциями, ориентированными в основном на экономию (COTS технологии). Кроме того, в спецификацию не

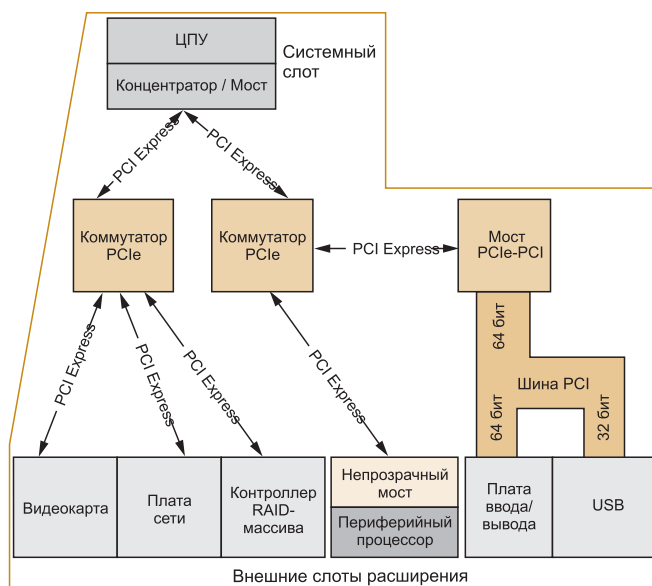


Рис. 3. Организация системной шины в соответствии со спецификацией PICMG EXP.0

интегрированы в явном виде некоторые современные последовательные интерфейсы, доказавшие свою состоятельность (например, Gigabit Ethernet, SATA/SAS, USB 2.0).

#### Прагматизм как основа философии спецификации

История развития технических решений говорит о том, что потенциальная живучесть обладают те из них, которые обеспечивают разумный баланс между предыдущими наработками и возможностью использовать современные спецификации. Рассмотрим необходимые подсистемы некоторого "усредненного" встраиваемого решения. Одной из основных является подсистема ввода/вывода. Надо признать, что в подавляющем большинстве случаев нет необходимости в увеличении скорости доступа к периферийным платам, осуществляющим ввод/вывод, так как скорость физических процессов, данные которых обрабатываются ими, существенно медленнее, чем время обмена данными между процессором и периферийной платой. Это же относится и к периферийным платам, осуществляющим управление физическими процессами. К классическим примерам можно отнести измерение температуры, которая принципиально не может скачкообразно измениться, либо управление через цифровой выход реле или механическими исполнительными устройствами. К базовым подсистемам также относятся подсистемы хранения данных и визуализации. Здесь уже очевидна необходимость в увеличении пропускной способности интерфейса связи, что и наблюдается как в офисных вариантах настольных систем, так и в промышленных компьютерах (например, в промышленных компьютерах, использующих процессорные платы спецификации PICMG 1.3).

Тотальный переход на последовательные интерфейсы Serial ATA для подсистем хранения данных и PCI Express для видеоподсистем не оставляет сомне-

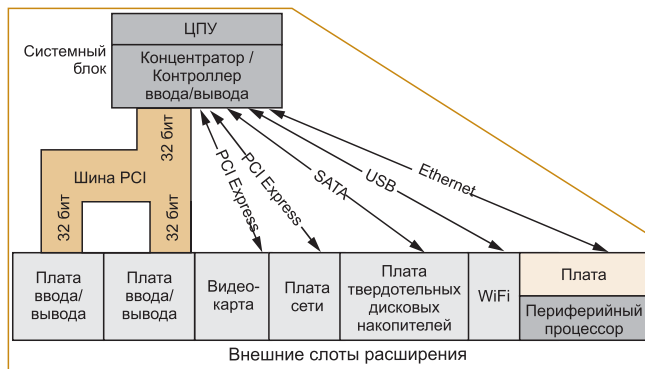


Рис. 4. Организация системной шины в соответствии со спецификацией PICMG 2.30

ний в своей целесообразности, практика таких решений стала стандартной. Эти интерфейсы разработчики процессорных плат в формате cPCI уже давно используют для связи с платами мезонинов, обеспечивающими возможности разработки "вариантных компоновок" расширения функционала процессора. Но специфика организации связи мезонинов с процессорной платой часто не позволяет сторонним производителям участвовать в появлении актуальных вариантов таких расширений, делая использование данных системных интерфейсов для конкретной процессорной платы фирменно зависимым. В то же время для настольных систем вынесение PCI Express для организации видеоподсистемы способствует разнообразию предлагаемых решений, что определяется как разнообразием чипов видеопроцессоров от разных производителей, так и разнообразием функциональных возможностей видеокарт в рамках линейки одного производителя. То есть вынесение этих стандартных интерфейсов в поле стандартизованного форм-фактора было бы благом с точки зрения увеличения вариантов технических решений для таких подсистем; кроме того, пространственное разнесение при этом процессора, видеопроцессора и подсистемы хранения (на мезонинах часто предполагается возможность крепления 2,5" HDD) создает условия для улучшения распределения тепла в системе. Очевидно, что внешние интерфейсы позволяют использовать вновь разработанные периферийные платы ввода/вывода или подсистем хранения, требующие увеличенной скорости обмена между процессором и этими платами, которые нередко представляют собой достаточно интеллектуальные устройства с преобразованием входных сигналов (например, плата цифровой фильтрации на DSP процессорах).

Рассуждая о желаемой приемственности интерфейсов, ставших неотъемлемой частью современных систем управления, не стоит отказываться и от шины USB, которая позволит использовать наработанный парк внешних устройств с малой и средней скоростью обмена (всевозможные внешние флэш-накопители, беспроводные модемы, DVD приводы и т.д.). А если говорить о подсистеме коммуникации, пожалуй, труд-

но не согласиться с тем, что Ethernet не только стал стандартом как основной интерфейс межсистемной связи, но и органично прижился как интерфейс связи на объединительной панели (вспомним PICMG 2.16).

Изложенные прагматичные соображения и легли в основу спецификации PICMG 2.30 CompactPCI PlusIO.

#### Ключевые особенности спецификации PICMG 2.30

Архитектура системной шины в соответствии со спецификацией PICMG 2.30 представлена на рис. 4. Основная идея этой спецификации, заключающаяся в преемственности наработок PICMG 2.0 и возможности использования современных последовательных интерфейсов, технически решена исключительно красиво. Известно, что по спецификации PICMG 2.0 функциональное назначение части контактов на разъеме J2 плат CompactPCI остается на усмотрение разработчиков. Эти контакты и задействованы для теперь уже "законного" определения их под конкретные последовательные интерфейсы (два канала Ethernet, по четыре канала PCIe, SATA, USB). Четкое распределение ранее свободных контактов снимает только часть вопросов. Главный же вопрос — необходимость увеличить полосу пропускания соединителя (до 5 Гбит/с) и при этом обеспечить механическую совместимость с разъемами базовой спецификации PICMG 2.0 — решается за счет использования разъема нового типа Ultra Hard Metric (UHM) UHM S110B3 5API TG30 или UHM S110B3 5API KR от компании 3M. Сигнальные линии Ethernet разводятся на разъемы типа REC AirMax 4PAIR 8WAFER. Так как разъем J2 присутствует и для варианта 6U исполнения процессорных плат CompactPCI, то нововведение может быть поддержано и этим форм-фактором. Стоит обратить внимание, что в отличие от спецификации CompactPCI PICMG 2.0 платы расширения в новой спецификации имеют соединители вилки, а ответные розетки устанавливаются на бекплейне. В случаях, если по каким-либо причинам при установке в системный каркас контакт на периферийной плате "замялся", это не потребует вывода из работы всего блока.

Таким образом, возможность "мягкого" перехода от традиционных решений CompactPCI с параллельной шиной к последовательным, используя гибридные технологии PICMG 2.30, позволит во многих приложениях существенно оптимизировать функциональную нагрузку и динамику обмена между подсистемами, максимально задействуя при этом старые наработки аппаратного и программного характера. Одновременно это создаст отработанную материальную основу в виде плат следующего поколения систем CompactPCI, в которых будут применяться только последовательные интерфейсы (PICMG cPCI S.0).

#### Примеры исполнения

Несмотря на то, что рассматриваемая в статье спецификация достаточно молодая, но уже ряд произво-



дителей предлагают процессорные платы, выполненные в формате PICMG 2.30. Среди производителей, активно участвовавшими в разработке спецификации, отметим компании FASTWEL и MEN Mikro Elektronik.

Российская фирма FASTWEL предлагает процессорную плату CPC506 (рис. 5, 6), разработанную на базе процессоров семейства Intel Core2Duo с частотами 1,0/1,6/2,2 ГГц (долгосрочная производственная программа), системной шиной 800 МГц и набором логики 965GME/ICH8M в соответствии с стандартом консорциума PICMG 2.30 — CompactPCI Plus. Вычислительные возможности процессора позволяют производить до 8 операций с плавающей запятой за такт, использовать 4 Мб кэш памяти второго уровня и адресоваться к 4 Гб запаянной на плате оперативной памяти DDR2 в 64-битном режиме. CPC506 соответствует стандарту PICMG 2.30 и позволяет использовать наряду с 32-разрядной шиной PCI последовательные интерконнекты, разведенные по кросс-плате для обмена данными между модулями системы: два Gigabit Ethernet, четыре канала x1 PCI Express и четыре канала USB 2.0. Встроенный графический сопроцессор поддерживает вывод двух независимых видеопотоков на два интерфейса DVI-D (модель с планкой 8 HP) либо стандартный интерфейс VGA. Модуль CPC504 поддерживает загрузку по сети, с SD-карт, с запаянной Flash памяти объемом 4 Гб либо с носителей Compact PCI Plus, поддерживающих интерфейсы SATA, либо с мезонина Fastwel MIC584. Мезонинная плата MIC584 имеет один интерфейс SATA II с возможностью установки компактных твердотельных дисков 1,8 и 1,4 дюйма, модулей SATA DOM и предлагает шесть COM портов, по два USB, Audio и PC/2 интерфейса. CPC506 поддерживает ОС Windows XP/XP Embedded, Linux, QNX.

Компания MEN Mikro Elektronik стала пионером в стандарте PICMG 2.30, выпустив процессорную плату F19P (рис. 7). Укомплектованная процессорами от Intel Core 2 Duo SP9300 до Celeron M722 с энергопотреблением 25...5,5 Вт, плата была специально разработана для встраиваемых применений, требующих высокой производительности, надежности и при этом низкого энергопотребления. Плата F19P предлагает широкий выбор функционала ввода/вывода. В соответствии со стандартом PICMG 2.30 — это четыре USB 2.0, четыре

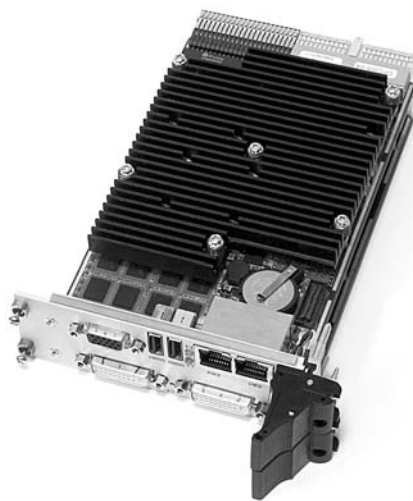


Рис. 5. Fastwel CPC506 с дополнительными двумя каналами DVI



Рис. 6. Fastwel CPC506 с мезонином ввода/вывода

SATA/SAS, четыре PCI Express x1, а также один Gigabit Ethernet, доступный через разъем J2. Плата обратно совместима с семейством процессорных плат F14 ... F18: графика на VGA, два Gigabit Ethernet и два USB 2.0 на передней панели. Дополнительный функционал — цифровое видео через DVI, различные последовательные порты UART, USB, SATA или HD аудио — может быть добавлен с помощью специализированных плат расширения. Плата совместима с ОС Windows, Linux и VxWorks. Применение компонентов из линейки Intel Embedded Line гарантируют доступность платы как минимум в течение 7 лет с момента выхода платы в серийное производство.

#### Особенности спецификации CompactPCI Serial

Современные ПК практически не используют параллельные интерфейсы. В основном применяются: PCI-Express — для локального расширения функционала, SATA — для организации систем хранения с поддержкой RAID, USB — для подключения внешних устройств, Ethernet — для организации коммуникации между компьютерами и организации мультитипроцессорных систем. Именно на этих последовательных интерконнектах и базируется новая спецификация CompactPCI Serial.

Новый стандарт CompactPCI® Serial PICMG CPCI-S.0 предполагает полный отход от параллель-

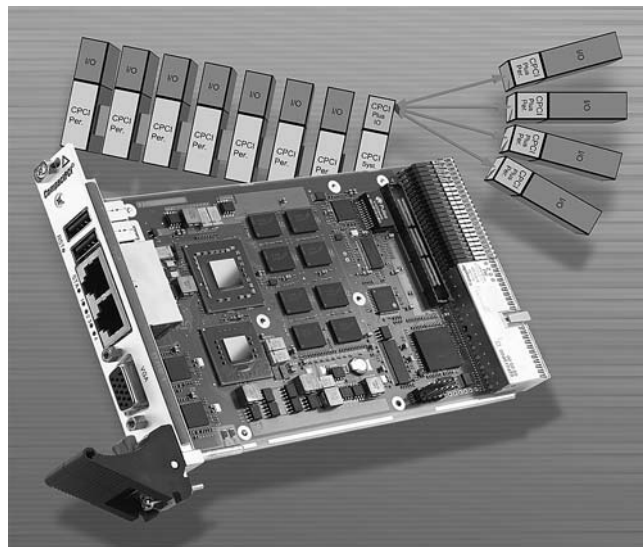


Рис. 7. Процессорная плата MEN MIKRO F19P

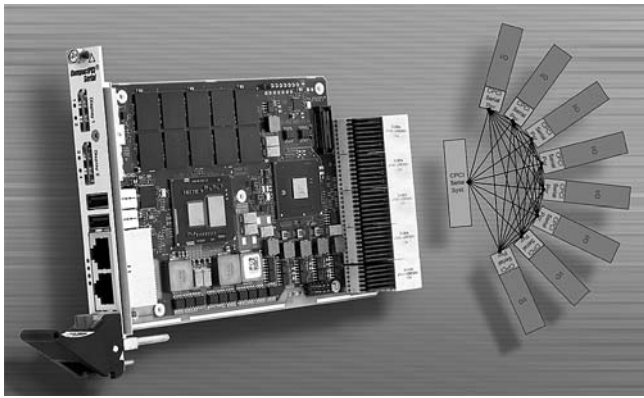


Рис. 8. Процессорная плата MEN MIKRO G20

ных интерфейсов к использованию только последовательных. Согласно спецификации системный слот будет поддерживать работу с шестью каналами PCI Express, каждый из которых может иметь ширину до x4, и двумя каналами x8, а также восемь портами USB 2.0 и USB 3.0 и Gigabit Ethernet. Питание системы осуществляется от напряжения 12 В. В форм-факторе 3U максимальное потребление процессорной платы составляет 60 Вт. Периферийные слоты поддерживают работу по одному каналу PCI Express (x8 или x4) и по одному интерфейсу SAS/SATA, USB2.0, USB 3.0. Каждый слот поддерживает работу восьми каналов Ethernet, что обеспечивает создание полностью связанной топологии. Все интерфейсы могут работать одновременно. Питание слота также осуществляется напряжением 12 В, с максимальным потреблением до 60 Вт. При этом при использовании интерфейсов Ethernet в новом стандарте можно реализовать технологию симметричной мультипроцессорно-

сти (до девяти вычислительных модулей) без применения дополнительных "мостов" и коммутаторов.

Для поддержки нового стандарта компания MEN Mikro представляет процессорную плату G20 (рис. 8), выполненную на базе процессоров Intel® Core™ i7. Особенностью этой платы является наличие высокопроизводительной графической системы, доступной для пользователя посредством двух дисплей-портов на передней панели. Посредством внешних адаптеров эти порты могут использоваться как DVI или HDMI. Кроме этого, на передней панели пользователю доступны по два порта Gigabit Ethernet и USB 2.0. В соответствии с новым стандартом CompactPCI® Serial на объединительную панель и тыл выводятся восемь USB, шесть SATA, Display или HDMI (вместо порта на передней панели), пять PCI Express® x1, PEG x8 и PEG x4. Плата G20 комплектуется до 8 Гбайт напаянной оперативной памяти типа DDR3 ECC. Используемый в плате InsydeH2O™ EFI BIOS был специально разработан для встраиваемых применений. Использование компонентов из линейки Intel Embedded Line гарантируют доступность платы как минимум в течение 7 лет с момента выхода платы в серийное производство.

#### Выводы

Новые стандарты PICMG 2.30 CompactPCI Plus IO и CompactPCI Serial являются следующим шагом в развитии популярного стандарта CompactPCI. При этом CompactPCI Plus IO позволяет осуществить плавный переход от параллельных интерфейсов к последовательным, то есть к CompactPCI Serial — стандарту на следующее десятилетие.

*Яковлев Валерий Алексеевич — начальник технического отдела филиала ПРОСОФТ в Санкт-Петербурге, Пятницких Алексей Викторович — бренд-менеджер ПРОСОФТ. Контактный телефон (495) 232-16-50.*

## ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ WINDOWS EMBEDDED: НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

**А.А. Кузнецов (Компания "Кварта технологии")**

*Кратко представлены современные возможности ОС Windows Embedded Compact 7, Windows Embedded POSReady 2009 и Windows Embedded POSReady 7.*

*Ключевые слова: ОС, РВ, интеллектуальное устройство.*

За последние 15...20 лет возможности встраиваемых систем значительно расширились: если в начале 1990-х годов они работали на 8-битных процессорах со светодиодами и "биперами" в качестве пользовательского интерфейса, то сейчас устройства с многоядерными 64-разрядными процессорами и трехмерной анимированной графикой уже не являются экзотикой. Этот технологический прогресс в значительной степени обусловлен ростом вычислительной мощности "встраиваемых" процессоров, ключевыми характеристиками которых являются низкое энергопотребление и компактность. На сегодняшний день в сфере интеллектуальных устройств

преобладают процессоры с двумя активно развивающимися архитектурами — x86 и ARM. Эти процессоры служат основой для многочисленных процессорных плат (среди которых все больше многоядерных), позволяющих разрабатывать высокопроизводительные и многофункциональные устройства самого разного назначения — от бытовой электроники и терминалов массового обслуживания до систем измерения, регистрации и контроля данных, управления технологическими объектами, контроля доступа к охраняемым объектам и др. Высокая востребованность встраиваемых систем в современном мире создает жесткую конкуренцию между их про-