

Барбара Шмитц

CompactPCI Serial или VPX: непростой выбор

В статье рассматриваются популярные и наиболее привлекательные в настоящее время стандарты CompactPCI Serial и VPX для построения высокопроизводительных модульных встраиваемых систем повышенной надёжности. Описаны преимущества и недостатки данных стандартов, а также перспективы их развития.

В последние годы параллельная шина PCI (Peripheral Component Interconnect) в большинстве случаев дополняется быстрыми последовательными соединениями «точка–точка». По этой причине структура компьютера постепенно меняется: шинный принцип организации уходит в прошлое, а на смену ему приходят системы с топологией «звезда» и последовательными каналами «точка–точка». Несомненно, в промышленных применениях модульные компьютеры по-прежнему необходимы; тем не менее, большинство существующих стандартов последовательных интерфейсов оптимизированы для конкретных областей применения и не являются универсальными. Однако два стандарта из числа более поздних и единственные поддерживающие реализацию в формате одиночной или

двойной платы Eurocard 19" оказались наиболее удачными и получили заслуженно широкое признание – это CompactPCI Serial (PICMG CPCI-S.0) и VPX (ANSI-VITA 46.0).

УСПЕШНОЕ НАЧАЛО – СОМПАКТРСИ И VMEBUS

Ещё 30 лет назад, в 1981 году консорциумами Motorola и Philips была разработана шина VMEbus (Versa Module Eurocard bus) и стандартизована МЭК как ANSI/IEEE 1014-1987. Первоначально предполагалось, что она будет использоваться на базе систем с процессорами семейства 68000 Motorola. Но вскоре VMEbus уже поддерживала архитектуры RISC (например PowerPC) и CISC (например x86) и зарекомендовала себя в области промышленной автоматизации, медицины, телекоммуника-

ций, в аэрокосмической и особенно в военной технике. Поскольку шина PCI ещё не была внедрена, связь с объединительной платой должна была разрабатываться с нуля. Первоначальный вариант имел 16-битную шину данных и 24-битную адресную шину, а расширенная версия VME64 предложила шину шириной 64 бита с пропускной способностью 80 Мбит/с. VME320 (2eSST) дополнительно обеспечила более высокую скорость передачи данных 320 Мбит/с (рис. 1). Таким образом, VMEbus стала отличным решением для надёжных модульных систем на базе шины с пассивной объединительной платой. Спустя 15 лет после появления VMEbus, в 1994/95 годах Ziatech и Pro-log представили концепцию модульных компьютеров, основанную на шине PCI с пассивной объединительной платой и исполь-

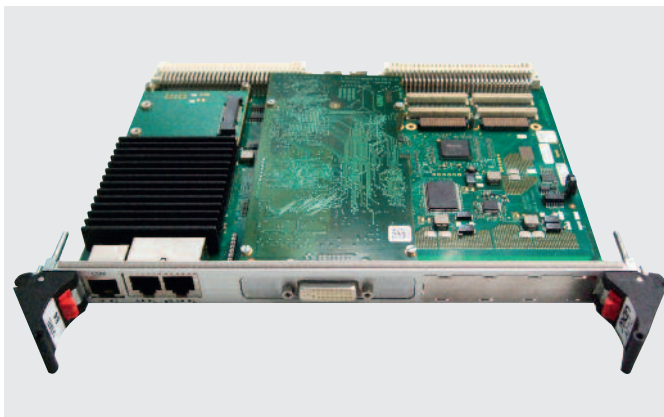


Рис. 1. Процессорная плата VMEbus с архитектурой Intel Core и слотами ХМС/РМС (MEN A20)

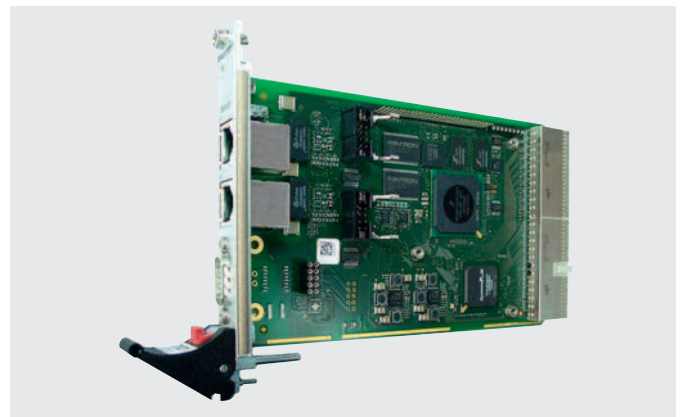


Рис. 2. Процессорная плата CompactPCI (slave) на основе e300 PowerPC (MEN F218)

зовавшую конструктив Евромеханика. Эта концепция была названа CompactPCI, и в скором времени такие компании, как Motorola, Radisys (Intel) и Lucent, проявили к ней интерес, приняв участие в её стандартизации. Одним из первых в мире стандартов консорциума PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group) стал PICMG 2.0. Шина CompactPCI оказалась удачным решением и вскоре получила широкое распространение на рынке промышленных систем и в телекоммуникационной отрасли. Вскоре стандарт CompactPCI потеснил STD и VMEbus в медицинских и транспортных приложениях, а также в измерительном оборудовании. Конструктив CompactPCI был основан на механическом стандарте IEC 1101 для плат Eurocard 19", отлично показавшем себя в системах VMEbus. Были также разработаны решения с применением кондуктивного охлаждения, что открыло CompactPCI дорогу в военные применения (рис. 2).

ГИБРИДНЫЕ РЕШЕНИЯ – CompactPCI PlusIO и VXS

В двухтысячных годах параллельная шина PCI всё больше дополнялась быстрыми последовательными соединениями «точка–точка». В зависимости от типа периферийных устройств и их функций возникают различные стандарты интерфейсов. Например, SATA и SAS – это интерфейсы для устройств постоянной памяти, таких как жёсткие диски. USB зарекомендовал себя как наиболее удобный стандарт для подключения различных беспроводных или слабосвязанных периферийных устройств – от Wi-Fi-адаптеров, клавиатур, сенсорных экранов до внешних жёстких дисков и т.д. Помимо традиционного применения для сетевых коммуникаций Ethernet также используется в качестве интерфейса в многопроцессорных системах и как полевая шина для децентрализованного ввода-вывода. PCI Express применяется для подключения к компьютеру сильно связанных периферийных устройств. В современном компьютере все эти интерфейсы сосуществуют в пределах одной системы, и каждый из них ориентирован на свой собственный оптимальный диапазон приложений. Однако если в прошлом они были привязаны к отдельным контроллерам, доступ к которым осуществлялся через шину, то в современных машинах все эти интерфейсы реализованы прямо на чипсете. По этой

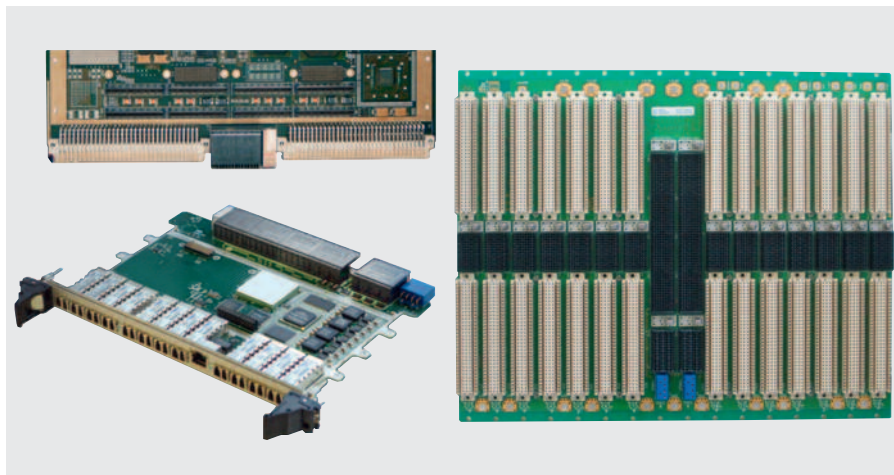


Рис. 3. Плата VXS, коммутаторная плата и гибридная объединительная плата

причине структура компьютера медленно переходит от системы на основе шины к системе с топологией «звезда» с последовательными соединениями «точка–точка». Но как эти технологии реализуются в системах промышленного назначения, и как сохранить их модульность? Более того, необходимо учитывать, что для многих приложений из-за большого объёма уже реализованных систем возможна только плавная миграция, другими словами, эволюция вместо революции. Это необходимо, чтобы существующее аппаратное и программное обеспечение в полной мере выработывало свой ресурс и окупало вложенные в них средства. Для VMEbus обеспечивает обратную совместимость стандарт VXS (VITA 41), то есть платы VXS механически (конструктив 19", платы Евромеханика с расстоянием между ними 0,8") и электрически (разъёмы P1 и P2) совместимы с системами VME и VME64. Благодаря высокоскоростному разъёму дифференциальных сигналов семейства Multigig RT2 обеспечиваются высокоскоростные последовательные соединения через Infiniband, Serial Rapid I/O, Aurora, PCI Express и Gigabit Ethernet. Теоретическая пропускная способность составляет до 3 Гбит/с на каждый слот. Этот разъём располагается в позиции P0/J0 процессорных и периферийных плат VXS, он же используется на коммутаторных платах и является единственным разъёмом, используемым в VPX. Аналогично в случае CompactPCI дополняет стандартный разъём HM (IEC 61076-4-101) коннектор в позиции J3, определяемый спецификацией PICMG 2.16. Решения на основе VXS могут быть реализованы только для плат 6U, с их помощью нельзя построить действительно компактную систему. Из

наиболее распространённых последовательных интерфейсов стандарт поддерживает только Ethernet и PCI Express, в то время как SATA и USB остаются незадействованными. Кроме того, системы VXS нуждаются в коммутационной плате или объединительной плате с активной коммутацией, а также в разграничении конфигураций «звезда» и «двойная звезда» (рис. 3). Что касается систем высотой 3U, стандарт PICMG находится далеко впереди. За довольно неудачным анонсированием CompactPCI Express (PICMG EXP.0), последовало внедрение CompactPCI PlusIO (PICMG 2.30) в 2010 году.

В то время как CompactPCI Express по-прежнему ограничивался одним типом последовательного интерфейса – PCI Express и (из-за новых разъемов) не являлся совместимым с CompactPCI, CompactPCI PlusIO извлёк урок из проблем своих предшественников. Как следует из названия, PICMG 2.30 является расширением PICMG 2.0, фиксирующим назначение контактов J2, ранее бывших свободными, и обеспечивающим четыре линии интерфейсов PCI Express, USB, SATA и две Gigabit Ethernet. Новый защищённый разъём поддерживает дифференциальные сигналы с пропускной способностью более чем 2,5 Гбит/с, оставаясь полностью совместимым с двухмиллиметровым разъёмом предыдущего поколения. Таким образом, CompactPCI PlusIO обратно совместим с CompactPCI, поддерживает все актуальные последовательные интерфейсы и может использоваться как для плат формата 3U, так и для 6U. Поскольку универсальный разъём исключает дополнительные затраты, платы CompactPCI PlusIO имеет смысл применять как в CompactPCI, так и в гибридных системах с периферийными

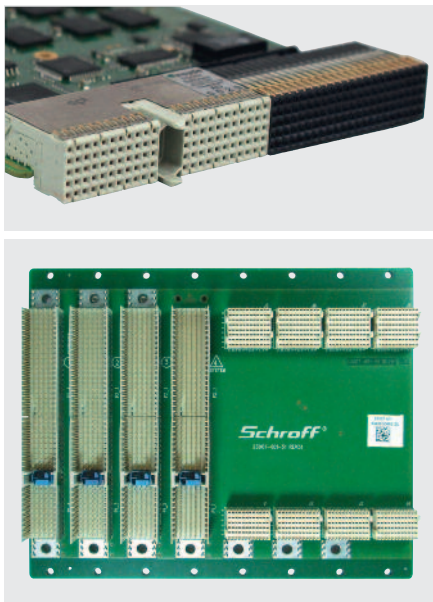


Рис. 4. Плата CompactPCI PlusIO и гибридная объединительная плата

слотами CompactPCI Serial (рис. 4). Это делает CompactPCI PlusIO (в отличие от VXS) независимой концепцией и хорошим переходным решением для приложений с применением как последовательных, так и параллельных коммуникаций. Другая причина, по которой это экономически выгодно, заключается в том, что системы CompactPCI PlusIO не нуждаются в коммутаторных платах (рис. 5).

Здесь и сейчас: CompactPCI Serial и VPX

Появление «чистых» последовательных системных стандартов полностью совпало с появлением приложений, работающих с большим объёмом данных и требующих больших вычислительных мощностей, что было обусловлено задачами визуализации, захвата изображения, многопроцессорной обработки данных и т.д. Однако только два из них являются модульными и достаточно надёжными для использования в действительно суровых условиях без ограничений – это VPX 2007 года и CompactPCI Serial 2011 года. Механической основой как систем VPX, так и систем CompactPCI Serial является многократно проверенный стандарт IEEE 1101 (одиночные и двойные Европлаты, 19" конструктив). Благодаря ему обеспечиваются важнейшие для безопасности и надёжности системы функции, такие как «горячая» замена или эффективный теплоотвод, в том числе и кондуктивный.

Стандарт VPX был разработан на базе шины VMEbus в качестве преемника VXS. Благодаря сложному штырьевому

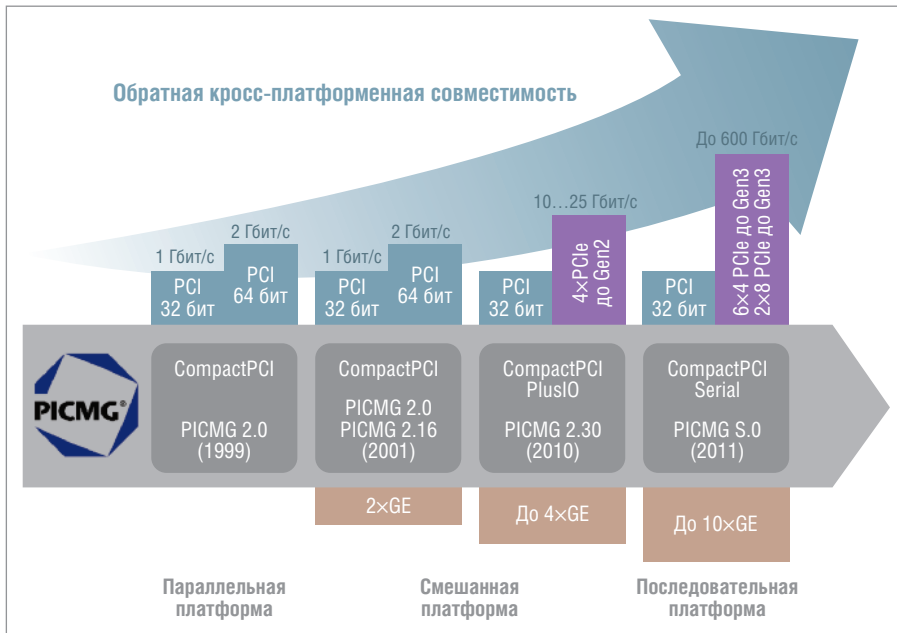


Рис. 5. Развитие семейства стандартов PICMG Compact PCI

7-рядному разъёму RT2, изготовленному на 16-слойной подложке, скорость передачи данных достигает 6,25 Гбит/с при перекрёстных наводках на высокой частоте менее 3%. Для плат 6U обеспечивается 464 сигнальных контакта, с 32 дифференциальными парами для последовательных межсоединений и 128 дифференциальными парами для пользовательского ввода/вывода (рис. 6). Реализованы функция обнаружения платы в слоте и сигнальная земля. Геометрия стандарта позволяет подключать мезонинные платы ХМС и обеспечивает достаточное пространство для дополнительных элементов жёсткости или теплопроводящих кожухов (ССА, Conduction Cooled Assembly). Ограничение

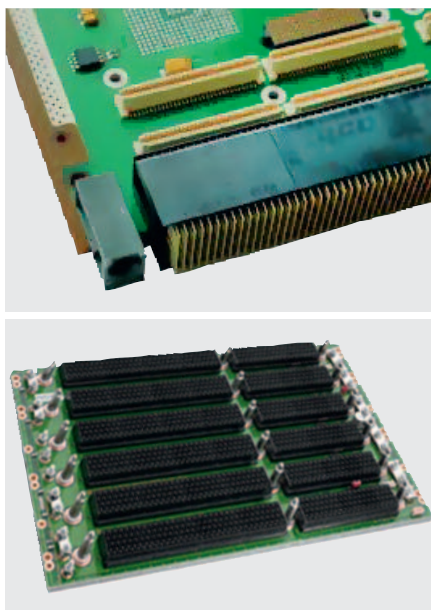


Рис. 6. VPX-коннектор RT2 и объединительная плата в военном исполнении

потребляемой мощности для каждого слота составляет 115 Вт для напряжения +5 В, 384 Вт для +12 В и 768 Вт для +48 В. Существует отдельная спецификация, предусматривающая необходимость рассеивания большой тепловой мощности в системе, – VITA 48 (VPX REDI – Ruggedized Enhanced Design Implementation). Помимо различных методов охлаждения, в том числе жидкостного и форсированной адресной вентиляции, спецификация допускает увеличение фиксированного в стандарте IEEE 1101 расстояния между платами 0,8", а также использование более толстых печатных плат.

VPX поддерживает целый спектр быстрых последовательных интерфейсов. Однако они описаны в спецификациях, дополняющих базовую, которая определяет только механическую и электрическую конфигурацию стандарта. Помимо привычных PCI Express и (10) Gigabit Ethernet отдельно описаны Serial RapidIO и Fibre Channel, а также маршрутизация сигналов для тыльных модулей и модулей ПМС и ХМС. Многие вспомогательные спецификации ещё официально не приняты консорциумом VITA.

VPX работает не только с разными межсоединениями, но и с различными коммуникационными архитектурами, требующими специализированных коммутаторов или мостов в зависимости от конструкции системы в целом. Исключение составляют некоторые конфигурации с ячеистой топологией, реализованные без центрального коммутатора.

NOVASTAR

Дизайн • Функциональность • Практичность



ИнNOVационный шкаф для 19" электронного оборудования

- Аудио- и видеотехника
- Лабораторные измерения
- Испытания и контроль

Технические характеристики

- 19-дюймовый разборный каркас из алюминиевого профиля
- Два класса нагрузки: Slim-line и Heavy-Duty
- Ширина всего 553 мм
- Высота от 360 (6U) до 2200 мм (47U)
- Глубина от 550 до 880 мм
- Боковой Т-образный паз для крепления консолей и пультов
- Легкое перемещение на роликовых опорах



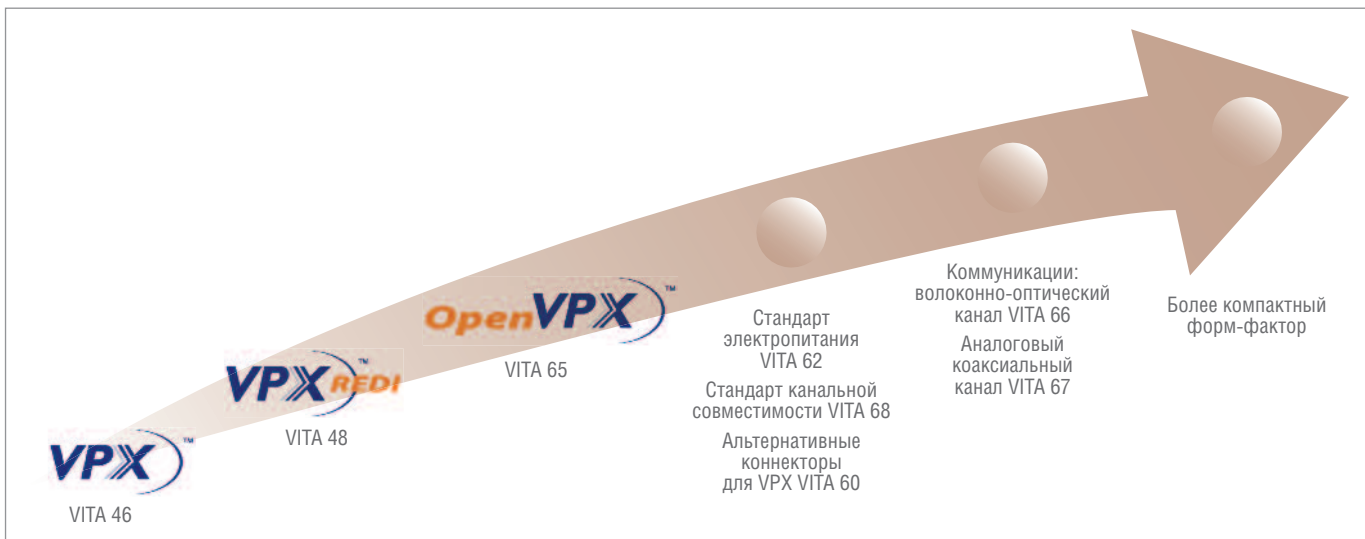


Рис. 7. Развитие стандарта VPX

Стандарт OpenVPX (VITA 65, принятый в 2010 году) пытается объединить разрозненные части спецификаций VPX на системном уровне, решив таким образом многочисленные проблемы совместимости. OpenVPX определяет системную архитектуру, в соответствии с которой проектируются модули и объединительная плата, включая назначение контактов, адресацию на физическом уровне, определение линий для последовательных соединений (соответствующих каналам PCI Express x1–x16), структурные и иерархические профили, функции управления и контроля, формат данных и расширения. Соответственно существуют объединительные платы с разветвленными топологиями, которые управляются через центральный коммутатор, и три типа слотов различной конфигурации: системный, периферийный и коммутационный.

Базовые спецификации VITA 66, VITA 67, VITA 68 и их дополнения сохраняют совместимость с исходным стандартом VPX (VITA 46, рис. 7). Несмотря на то, что VPX не обладает обратной совместимостью с шиной VMEbus, заказные гибридные объединительные платы позволяют обеспечить поддержку VME64 и VX5.

Стандарт CompactPCI Serial разрабатывался параллельно с CompactPCI PlusIO для гибридных систем на основе CompactPCI. Здесь также используется разъем с увеличенной плотностью контактов: 184 контактные пары (368 контактов) на плате 3U (AirMax FCI или Amphenol TCS). Гарантированная скорость передачи данных достигает 12 Гбит/с при перекрестных наводках не более 3%.

Новые кодируемые разъемы напоминают старые с шагом контактов 2 мм, но являются более надежными и защищенными от неправильного подключения. На плату 3U может быть установлено до шести разъемов, каждый из которых обладает своим собственным корпусом. Конструкция разъемов позволяет избежать деформации и спутывания контактов при подключении к объединительной плате. Максимально допустимая рассеиваемая мощность на один слот составляет 60 Вт при напряжении питания +12 В.

Помимо стандартных мезонинных модулей PMC и XMC, применяемых в стандарте CompactPCI Serial, также существуют специализированные мезонинные модули, подключаемые напрямую к объединительной плате благодаря возможности установки разъема AirMax с разных сторон платы (рис. 8). Базовое описание стандарта CPCI-S.0 содержит полный объем сведений об архитектуре системы, включая информацию о подключении тыльных модулей и периферийных устройств, а также механических свойствах системы с применением кондуктивного охлаждения.

По сравнению с VPX архитектура CompactPCI Serial очень проста и в полной мере соответствует концепции plug&play: «звезда» для PCI Express 1 и 2 (опционально для SRIO), SATA/SAS и USB 2.0/3.0 комбинируются с полносвязной сетью (Full Mesh) для Ethernet на основе стандарта 100/1000/10G Base-T.

Для систем CompactPCI Serial с количеством слотов не более 9 не требуется каких-либо коммутаторов или мостов. При использовании моста в 19" корпусе может быть реализована система,

включающая до 21 слота. Назначение контактов всех периферийных слотов абсолютно идентично. Системный слот поддерживает в общей сложности восемь линий PCI Express (две x8 и шесть x4), восемь каналов SATA/SAS, по восемь USB 2.0 и 3.0, а также восемь Ethernet.

Мониторинг и контроль выполняются с помощью шины IIC (сброс, IPMB, «горячая» замена, адресация и т.д.). Соответственно на каждом периферийном слоте есть один интерфейс PCI Express, SATA/SAS и по одному USB 2.0 и 3.0; кроме того поддерживается до восьми интерфейсов Ethernet. Все они независимы и доступны одновременно. Это очень важно, например, для таких стандартов, как MiniPCI Express, которому

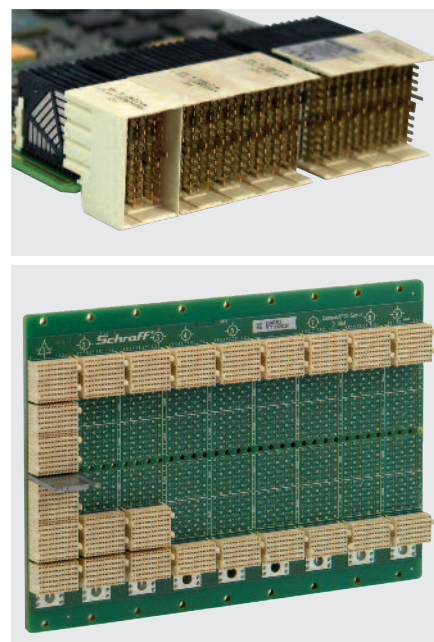


Рис. 8. Разъем AirMax FCI на плате CompactPCI Serial и стандартная объединительная плата



ЛУЧШЕЕ СООТНОШЕНИЕ
ЦЕНА – КАЧЕСТВО



Встраиваемые компьютеры MPT-3000/MPT-7000

- Процессор Intel Atom E3845/Core i7-6600U
- Диапазон рабочих температур –40...+70°C
- Поддержка двух сотовых сетей
- Модульный DC/DC-преобразователь
- Вибростойкость и ударопрочность
- Специализированные модули расширения MiniPCIe
- Внешний слот расширения PCIe (у MPT-7000)



Панельные компьютеры ВУТЕМ-103/ВУТЕМ-123

- Диагональ дисплея 10,4"/12,1"
- Диапазон рабочих температур –40...+70°C/–25...+55°C
- Проекционно-ёмкостная сенсорная multitouch-панель
- Процессор Intel Atom E3845
- Степень защиты по передней панели IP65 и с тыльной стороны IP54

Ультразирокоформатные моноблоки ARD-028/ARD-038

- Диагональ дисплея 28"/38", разрешение 1920 × 360/540, яркость 700 кд/м²
- Встроенный одноплатный компьютер на базе процессора Intel Atom E3825/Pentium N4200



требуется одновременно поддержка и USB, и PCI Express. Кроме того, системные процессорные платы можно встраивать в слоты для периферийных устройств, создавая таким образом многопроцессорную систему без дополнительных расходов. Связь в данном случае осуществляется с помощью интерфейса Ethernet («звезда» или ячеистая топология).

Физическая адресация, определяемая для стандарта VPX отдельной спецификацией OpenVPX, для CompactPCI Serial намного проще и удобней, поскольку использует те же механизмы автоматической конфигурации, что и SATA, PCI Express и Ethernet, и совместима с такими стандартами, как SFF-8485 для жёстких дисков, объединённых по технологии RAID.

Для обеспечения совместимости устройств разных производителей спецификация CompactPCI Serial предписывает порядок расположения интерфейсов в системном слоте, позволяя избежать разночтений, даже если не все они задействованы.

На базе стандарта CompactPCI Serial реализуется широкий спектр приложений, от простого промышленного ПК с интенсивным вводом/выводом и сбором данных, до сложных компьютерных кластеров; можно предположить, что он получит ещё более широкое распространение в мобильных и серверных приложениях. Возможность использования при построении системы коммерческих компонентов делает стандарт одним из наиболее экономически выгодных, одновременно позволяя сохранить оптимальные технические характеристики. Независимо от рынков CompactPCI Serial приходится ко двору везде, где требуются ЭВМ повышенной надёжности и где от оборудования зависит обеспечение безопасности людей и окружающей среды.

Стандарты VPX и OpenVPX, а также их предшественники VXS и VME имеют долгую историю применения в военных приложениях, требовавших соответствия специфическим требованиям и разрабатывавшихся в тесном сотрудничестве с конечными заказчиками. В авиационной и аэрокосмической промышленности, где границы между военными и гражданскими приложениями являются достаточно условными, VPX также представлен весьма широко. Наибольшее распространение он получил в Северной Америке, Индии, Японии, Австралии, Франции и Италии.

Итак, CompactPCI Serial или VPX?

Стандарт CompactPCI Serial долгое время находился в разработке, в то время как VPX начал покидать военную нишу и всё чаще применяется в гражданских приложениях. Оба стандарта являются достойным выбором, поскольку предлагают на данный момент исключительную надёжность. Однако потенциальные пользователи должны заблаговременно учитывать, реализация каких системных функций им необходима и каков объём допустимых инвестиций.

Существует довольно много промышленных и гражданских приложений, для которых затраты на единовременное проектирование (NRE, Non-Recurring Engineering) полностью специализированного устройства оказываются слишком высокими, в то время как стоимость системы VPX — оправданной. В этом случае, однако, необходимо достаточное внимание уделить ознакомлению с нормами VITA 46, 48, 65-68 и всеми дополнительными спецификациями, в то время как описание CompactPCI Serial состоит только из базовой спецификации объёмом приблизительно 128 страниц. Уже на уровне платы из-за сложности разъёма VPX затраты на этот стандарт будут выше. Тем не менее он не имеет преимуществ в скорости, безопасности или надёжности по сравнению с разъёмом CompactPCI Serial и обеспечивает передачу меньшего количества сигналов. С другой стороны, CompactPCI Serial не поддерживает специализированные соединения, такие как Serial RapidIO или Augo, но, по крайней мере, обеспечивает полный набор последовательных интерфейсов, как в любом ПК. Существующие процессоры x86 поддерживают весь диапазон интерфейсов: PCI Express, Ethernet, USB и SATA, но не SRIO, поддержка которого ограничена отдельными версиями PowerPC и DSP. Концентраторы контроллеров управления, коммутаторы, мосты и т.д. не только усложняют систему, но и увеличивают её стоимость. Какой бы благой цели эти устройства ни служили, CompactPCI Serial позволяет обойтись без них даже в сложных, объединяющих большое количество ЭВМ сетях. Также для CompactPCI Serial не требуются дополнительных расходов на адаптацию программного обеспечения.

Большое количество возможностей, предлагаемое системами VPX при их

настройке, часто вызывает проблемы с совместимостью, которые пытается решить спецификация OpenVPX. Вместе с тем множество вариантов и опций делает почти невозможным прямую замену плат разных производителей один в один. Кроме того, в подавляющем большинстве приложений используются не стандартные, а специализированные объединительные платы.

Напротив, благодаря жёстко фиксированному назначению контактов стандарта CompactPCI Serial большинство приложений, простых или сложных, могут быть реализованы с помощью стандартных плат (включая объединительные) с небольшими или же полностью отсутствующими затратами на NRE.

Зачастую в гражданских приложениях, например в самолётах, поездах, автобусах, требуется применение безвентиляторных решений, обладающих, тем не менее, эффективным охлаждением. Стандарт CompactPCI Serial предусматривает специальные теплопроводящие кожухи для плат и соответствующую инфраструктуру для кондуктивного охлаждения систем. То есть существующие сборки CompactPCI Serial не нуждаются в повторном проектировании для адаптации системы к условиям кондуктивного охлаждения, обычно влекущем за собой уменьшение доступного пространства на печатной плате.

Заключительный фактор, определяющий объём затрат, — это блок питания. Работающие с тремя значениями напряжения системы VPX (5/12/48 В) нуждаются в более сложных и дорогих блоках питания по сравнению со стандартом CompactPCI Serial, где предусмотрено единственное напряжение 12 В, а источник питания может быть собран на основе коммерческой компонентной базы.

Итак, и VPX, и CompactPCI Serial — два безусловно сильных стандарта, у которых много общего, но в то же время это два отдельных мира. Сложность и затраты на реализацию — вот что их разделяет. Подходящее для военных применений оборудование не обязательно должно соответствовать критериям экономической эффективности; стандарт CompactPCI Serial также не дешёв, но главным его плюсом является соотношение цены и качества — первостепенный фактор для любых промышленных приложений. ●



КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ НА УРОВНЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОТОКОЛОВ

- Аппаратно-программный комплекс для защиты промышленной Ethernet-сети от киберугроз
- Работа на базе глубокой инспекции пакетов (Deep Packet Inspection)
- Поддержка >70 промышленных и IT-протоколов
- Загружаемые программные модули анализа трафика промышленных протоколов:
ModBus/TCP • EtherNet/IP • OPC • IEC 104 • DNP 3 • GOOSE
- Наличие предустановленных шаблонов безопасности для ПЛК и технологического оборудования
- Прозрачный режим работы для всех сетевых устройств (нет IP-адреса)
- Быстродействие > 1000 пакетов/с при полной нагрузке
- Легкая интеграция в существующую сеть
- Выполнен в промышленном исполнении
- Отраслевые сертификаты МЭК 61850, IEE 1613, ATEX, GL, EN 50121-4