

StackPC — ГЕНИАЛЬНОЕ ПРОСТО

АЛЕКСЕЙ СОРОКИН

sorokin.a@fastwel.ru

АЛЕКСЕЙ МЕДВЕДЕВ

medvedev@prosoft.ru

АНДРЕЙ КОСОЛАПОВ

ka.7@mail.ru

В статье рассказывается об основных преимуществах и особенностях применения нового стандарта для построения встраиваемых систем — StackPC. Приведены примеры выпускаемых модулей, выполненных согласно стандарту StackPC.

Выбор архитектуры для построения вычислительной системы может быть сложной задачей. Это требует нахождения компромисса между преимуществами и недостатками доступных архитектур встраиваемых систем. В целом, можно классифицировать эти системы как стековые, магистрально-модульные и мезонинные «компьютеры-на-модуле» (СОМ). Каждый тип архитектуры имеет свои преимущества и недостатки в зависимости от применения и ситуации.

По способу расширения данные архитектуры можно разделить на две группы: магистрально-модульные с применением объединительных плат и стековые, в которых модули сочленяются друг с другом. Любые другие способы являются комбинацией этих вариантов. Ярким примером магистрально-модульных систем могут служить изделия форм-факторов CompactPCI, VME и MicroPC [1]. Заметим, что слотовую систему, например обычные материнские платы форм-фактора ATX со сло-

тами PCI и PCI-Express, также можно назвать магистрально-модульной, где в качестве объединительной платы выступает системная плата. В свою очередь, СОМ-модули можно отнести к стековым, поскольку они стыкуются с платой-носителем аналогично стековым модулям. Разница лишь в том, что СОМ-модуль и плата-носитель выполнены в разных форм-факторах. Наиболее распространенным стековым решением является PC/104 и его более новые версии — PC/104-plus и PCI/104-Express.

Основными отличиями магистрально-модульных и стековых систем являются способ подключения модулей к системе и способ доступа к интерфейсным разъемам модулей.

В магистрально-модульной системе модули подключаются друг к другу через пассивные объединительные платы с разъемами расширения. Как правило, такие системы строятся на базе каркасов для 19-дюймовых стоек. Неоспоримым преимуществом магистрально-модульных систем перед стековыми является возможность использования высокопроизводительных модулей с большим энергопотреблением. В каркасах для магистрально-модульных систем относительно легко организовать кондуктивный или активный теплоотвод с применением блоков вентиляторов, чтобы обеспечить стабильную работу мощных элементов и возможность применения источников питания (ИП) большой мощности [2].

Но как только приложение становится все более встраиваемым, его размер, вес и стоимость вызывают определенные проблемы: фиксированный корпус становится менее оптимальным и эффективным, особенно если есть неиспользованные слоты или их недостаточно.

Стековые системы развивались по пути решения этих проблем при сохранении общей объединительной платы и без использования от шасси. Стековые модули не используют объединительные платы и соединяются друг с другом через разъемы расширения, образуя компактную систему, которая неизбежно ограничивает потребляемую мощность. Основным применением стековых модулей являются защищенные системы, где стек с модулями и ИП устанавливаются в корпус. В такой конструкции возможен только кондуктивный теплоотвод на корпус. Как правило, максимальная мощность для большинства стековых систем составляет около 20 Вт, а для высокопроизводительных вариантов — 60 Вт.

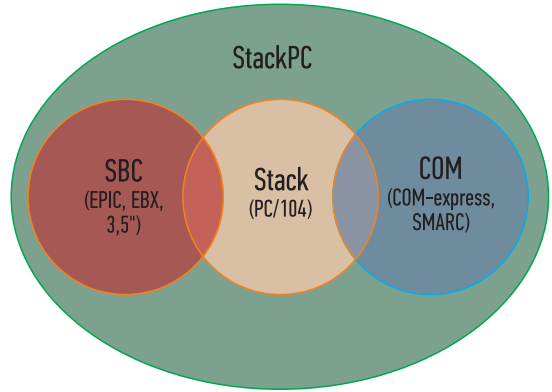
Преимущество стекового способа расширения систем заключается в более высоких показателях по стойкости к механическим воздействиям при меньшей массе и габаритах системы, т. к. способы соединения и фиксации модулей без использова-

ния объединительных плат придают стеку больше жесткости в меньшем объеме. Напротив, в магистрально-модульных системах могут наблюдаться резонансные явления на модулях из-за люфта, обусловленной конструкцией крепления и материалом установленных в каркасе направляющих.

Для реализации стекового подхода к построению систем в основном используются три вида модулей: это одноплатные компьютеры (SBC, Single Board Computer) с возможностью функционального расширения, COM-модули (Computer on Module) и стековые модули (Stack modules).

COM-модуль стыкуется с платой-носителем, к которой, в свою очередь, могут подключаться модули другого форм-фактора. Стековые модули семейства PC/104 стыкуются друг с другом без каких-либо дополнительных объединительных плат, организуя легко конфигурируемую и в то же время жесткую и стандартизованную конструкцию. Одноплатные компьютеры, по сути, представляют собой полностью самостоятельные модули стандартизованного или произвольного форм-фактора. Одноплатный компьютер может иметь стандартные интерфейсные разъемы и, как правило, выпускается в одном из наиболее популярных форм-факторов — EPIC, EBX или 3,5". Причем если мы говорим о расширяемом одноплатном компьютере, то подразумеваем стандартизованный способ — установку дополнительных стековых модулей — как наиболее подходящий для встраиваемых систем вариант.

Модули, ориентированные на стековый подход для построения систем, также имеют свои недостатки. У разработчиков могут возникнуть проблемы: как организовать стек из процессорного модуля, периферийных модулей, ИП и, возможно, интерфейсного модуля с интерфейсными разъемами; как эффективно органи-



зовать герметичную и защищенную систему с эффективным теплоотводом; как разместить интерфейсные кабели внутри корпуса и т. п. В результате анализа и проработки данных вопросов «в железе» появилась спецификация StackPC (рис.1), которая призвана ответить на большинство перечисленных вопросов и разработана не только для описания изделий уровня модуля, но и системы в целом.

СПЕЦИФИКАЦИЯ StackPC

StackPC является стандартом, родственным PCI104-Express, PCI/104e, и описывает разъемы расширения StackPC и FPE (рис. 2), а также разъемы питания StackPWR, которые должны применяться во встраиваемых модулях, соответствующих стандарту. Отличием данной спецификации является то, что она описывает не конкретный модуль с данными разъемами, а непосредственно сами разъемы и их взаимное расположение [2]. Таким образом, спецификация не определяет конкретные механические размеры модулей.

Спецификация StackPC разрабатывалась независимо от введения новых типов в стандарт PCI/104-Express. Причиной была необходимость разработки и распространения более технологичной и простой

РИС. 1. ▲ Модули, реализующие стековый подход к построению систем

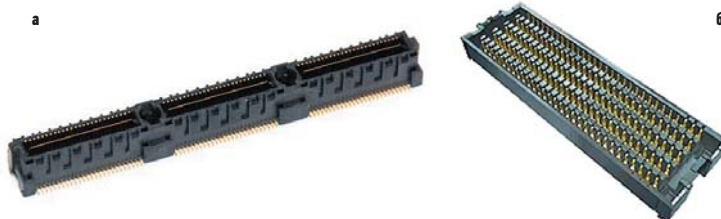
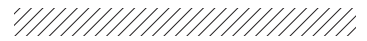


РИС. 2. ▲ Разъемы расширения: а) StackPC; б) FPE



в понимании и реализации альтернативы все более сложному и многообразному стандарту PCIe/104. Поэтому основными идеями StackPC стали:

- организация системного подхода в спецификации;
- определение одного направления роста стека;
- повышение технологичности модулей и системы в целом;
- унификация методов организации теплоотвода для модулей и корпусов;
- определение требований к ИП как части системы;
- расширение применения стек-овых модулей на область COM-модулей;
- обеспечение совместимости с основными типами модулей PCIe/104;
- обеспечение возможности дальнейшего развития стандарта.

Системный подход означает, что спецификация должна быть ори-

ентирована не только на описание разъемов расширения и габаритов модулей, но и на рекомендации, как эффективно строить системы на базе StackPC. Подход StackPC ориентирован на создание систем с количеством модулей в стеке не более семи, не считая ИП и интерфейсный модуль.

Важным системным подходом является определение наращивания стека модулей только в одном направлении. В стандарте StackPC стек растет только вверх от процессорного модуля. Данное требование позволяет убрать с процессорного модуля все нижние разъемы и, как следствие, освободить площадь платы под установку микросхем и устанавливать более высокие компоненты на нижнем слое процессорного модуля.

Не менее важным является тот факт, что отсутствие разъемов на нижнем слое платы позволяет организовать эффективный тепло-

отвод. Теперь ничто не мешает установке широкого радиатора на процессорный модуль и организации теплоотвода на любую стенку корпуса — отсутствуют два разъема с двух сторон модуля.

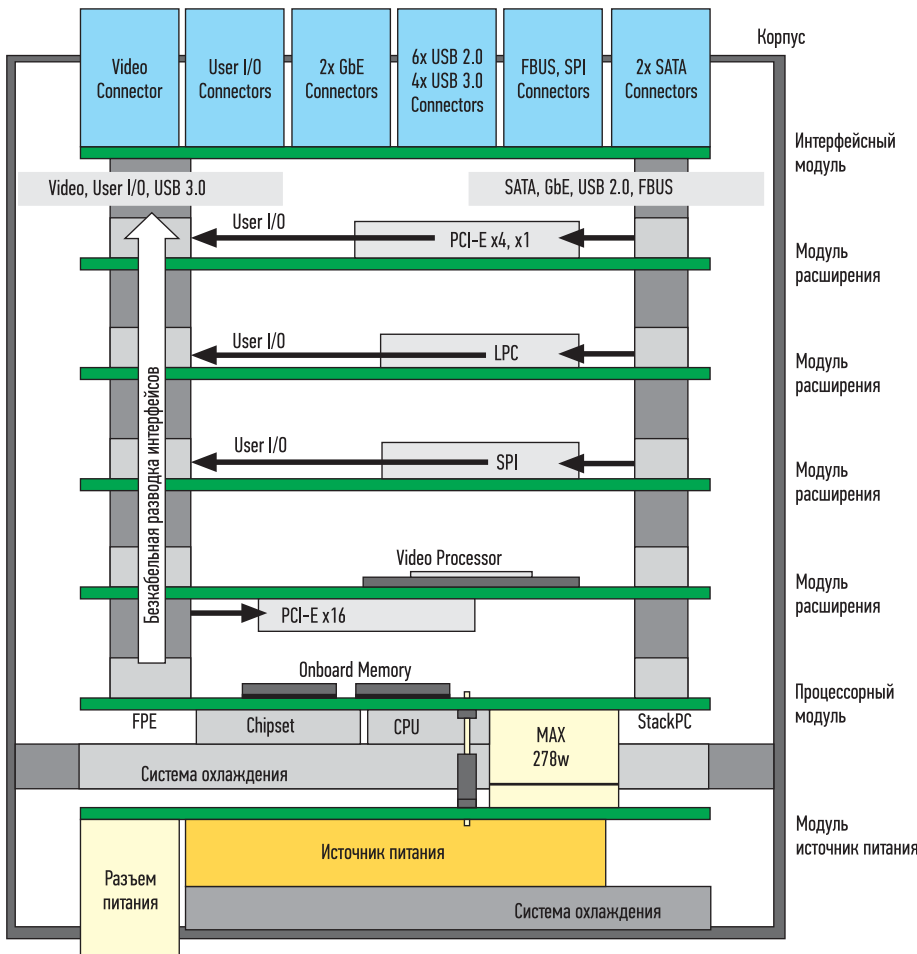
Спецификация StackPC предлагает следующий набор интерфейсов:

- 4×1 PCIe (четыре x1 Link PCI-Express);
- 1×4 PCIe (один x1 Link PCI-Express);
- 6× USB 2.0;
- 2× SATA;
- 2× Gigabit Ethernet;
- LPC, SMB;
- 2× FBUS (CAN или RSo232);
- SPI (три линии выбора устройств на шине);
- поддержка Express Card и линий индикации SATA, GbE.

Часть интерфейсов совпадает с PCIe/104, и по этим интерфейсам спецификации являются совместимыми. Однако StackPC дополнительно содержит интерфейсы GbE, четыре порта USB 2.0, SPI, FBUS, Express Card и индикацию. Следует отметить, что все интерфейсы не являются обязательными. Каждый модуль StackPC использует лишь тот функционал, который ему необходим, а остальные сигналы пропускаются с нижнего разъема на верхний.

В стандарте StackPC не только осуществлено введение альтернативных назначений контактов одного разъема, но также добавлен дополнительный разъем расширения FPE (Fat Pipe Extension — расширение шинами с высокой пропускной способностью). Разъем FPE призван заменить устаревающее и постепенно отходящее на задний план расширение шиной PCI. В качестве замены был выбран высокоскоростной разъем высокой плотности с поверхностным типом монтажа (рис. 26). На данном разъеме в качестве возможного варианта шины расширения для модулей StackPC-FPE размещена шина PCIe x16 (отсутствующая на разъеме StackPC и PCIe/104 Type 2), Display Port и три вывода питания +12 В с нагрузкой по 1 А. Все оставшиеся выводы, за исключением выводов заземления (GND), формируют конфигурируемую секцию. Назначение контактов этой секции предлагается оставить на усмотрение производителя процессорных модулей.

РИС. 3. ▼
Стеновая система на базе StackPC



**СИСТЕМЫ
НА БАЗЕ StackPC**

У модулей StackPC есть три основных типа применения [3]:

1. Стек модулей одного формата, аналогично PC/104. Данный тип систем относится к модулям StackPC, адаптированным под форм-фактор PCIe/104.
2. Расширение одноплатных компьютеров или плат-носителей произвольного формата стековыми модулями StackPC. Как правило, процессорный модуль StackPC адаптируется под форм-факторы EPIC, EBX, 3,5", ATX и аналогичные, а в качестве модулей расширения используются стековые модули StackPC или PCIe/104.
3. COM-решения, аналогично COM-Express, но с возможностью установки периферийных модулей между COM-модулем и платой-носителем.

По методам построения системы стек модулей StackPC отличается от стека PCIe/104 лишь тем, что, наряду с уже применяемыми методами подключения ИП, в стеке появляется новый, описанный в спецификации подход с применением разъемов StackPC-PWR. Он примечателен тем, что на модуле ИП не требуется установка относительно дорогих и сложных в монтаже стековых разъемов; для ИП предусмотрено место в системе ниже процессорного модуля и, следовательно, для ИП нет ограничения по высоте компонентов и радиатора на нижнем слое платы. Это позволяет не только организовать эффективный теплоотвод на нижнюю стенку корпуса, но и применять схемотехнические решения для повышения мощности и КПД модуля питания, которые были недопустимы из-за габаритных ограничений для PC/104 (рис. 3).

Другим нововведением для стековых систем является определение понятия интерфейсного модуля, который должен устанавливаться верхним в стеке и функционировать в качестве переходной платы от модулей стека на лицевую панель корпуса. Интерфейсные разъемы могут быть как стандартными для индустрии ПК, например типа D-SUB, RJ-45, USB Type A/B, ESATA, Display Port, так и специализированными, например в герметичном исполнении.

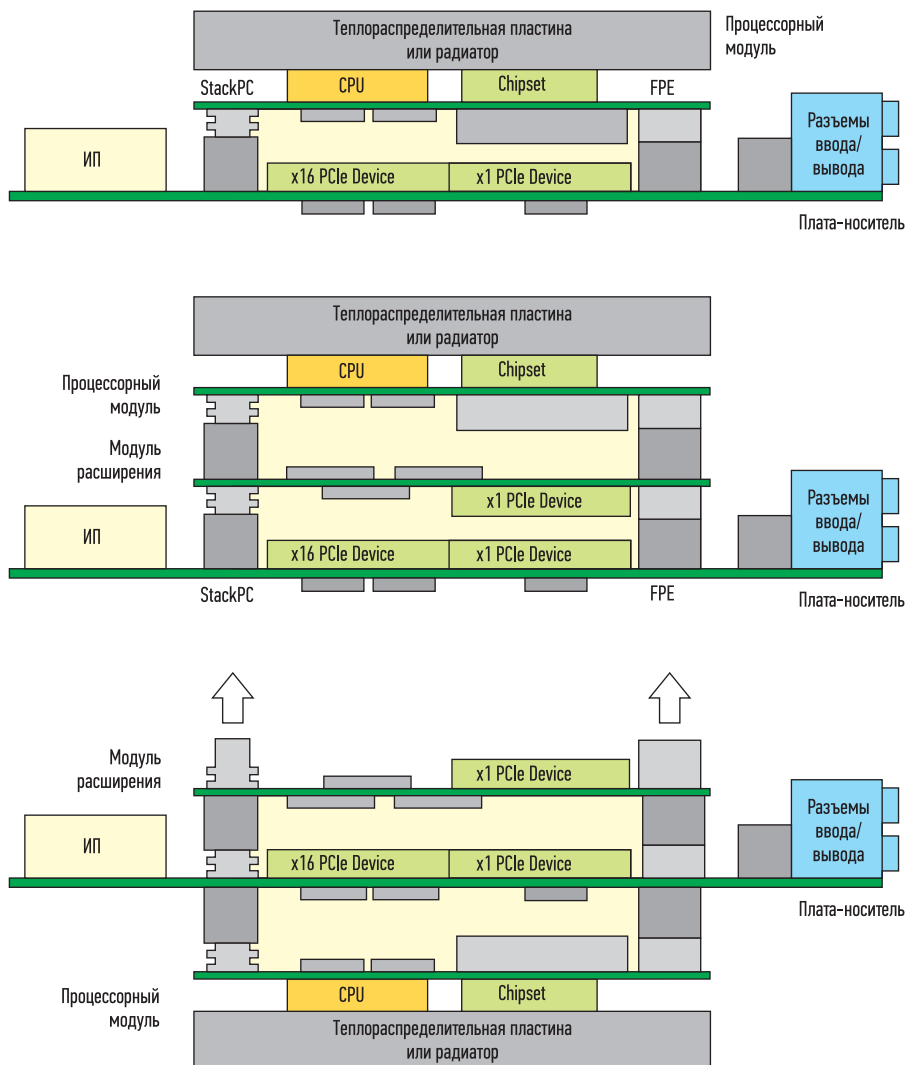
Благодаря наличию интерфейсов в стеке, заметно уменьшается число соединительных кабелей внутри корпуса. Высокоскоростные интерфейсы GbE, USB, SATA, требовательные к качеству кабеля, поступают на интерфейсный модуль не через кабель и несколько соединительных разъемов, вносящих искажение в сигнал, а через высокоскоростной разъем, обеспечивающий минимальное рассогласование и низкий уровень потерь.

Важное отличие применения StackPC в качестве процессорных COM-модулей заключается в том, что допускается установка плат расширения не в отдельные разъемы, а непосредственно между COM-модулем и платой-носителем. Кроме того, плата-носитель может быть промежуточным периферийным

модулем в любой позиции стека (рис. 4). Таким образом, можно разработать компактную и универсальную платформу на базе модулей StackPC и платы-носителя с дальнейшей возможностью модернизации и расширения системы модулями StackPC. В такой системе один процессорный модуль можно заменить на другой без потери совместимости с платой-носителем, аналогично обычному стеку, на котором все интерфейсы являются стандартными.

Процессорный модуль StackPC по сути является одноплатным компьютером, а плата-носитель — модулем расширения. Для сравнения, в COM-Express процессорный модуль и плата-носитель зачастую выступают единой системой, а переход на другой COM-модуль

РИС. 4. ▾
Варианты применения модулей StackPC для COM-решений



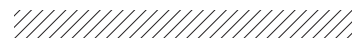


РИС. 5. ▲
Одноплатный компьютер
Fastwel CPC805

приводит к необходимости доработки BIOS или системы управления питанием нового процессорного модуля.

Дополнительным бонусом может быть возможность применения одного модуля для двух разных систем (защищенных компьютеров) на базе COM-модуля со специализированной платой-носителем и второй системы, состоящей только из стековых модулей StackPC и PCIe/104. Уменьшение номенклатуры изделий и увеличение объема выпуска высокотехнологичных модулей одного типа снижает стоимость комплектующих для разработчика систем и, соответственно, себестоимость готовых изделий. Снижение издержек производства всегда важно для успешной конкуренции на современном рынке.

ИЗДЕЛИЯ В ФОРМАТЕ StackPC

В настоящее время изделия согласно спецификации StackPC выпускают российская компания Fastwel и тайваньская компания Perfectron. Рассмотрим подробнее продукцию этих фирм, выполненную согласно спецификации StackPC.

РИС. 6. ▼
Модуль интерфейсный
Fastwel KIC301



Продукция Fastwel

Одноплатный компьютер Fastwel CPC805 формата EPIC (рис. 5) построен на базе процессора Intel® Atom N450, работающего на частоте до 1,66 ГГц. Ядро процессора Intel® Atom N450 имеет уникальное соотношение производительности и потребляемой мощности.

Для CPC805 предусмотрена возможность расширения с помощью модулей StackPC. На высокоскоростной разъем StackPC выводятся: 4×1 PCI-E, 6×USB, 2×SATA, 2×Ethernet, SMBUS, SPI, LPC, 2×RS-232.

CPC805 разработан для использования в системах, где требуются надежные встраиваемые компьютеры, сочетающие небольшие размеры и высокую вычислительную мощность. Такие системы могут использоваться для сбора и обработки данных, работы с видео, телекоммуникаций, организации компьютерных сетей и т. д. Например, это могут быть устройства для видеосвязи, тестовое и медицинское оборудование, системы управления движением, системы защиты и контроля доступа, системы управления технологическими процессами.

Процессорная плата Fastwel CPC309 выполнена в форм-факторе StackPC-PCI. Модуль предназначен для разработчиков бортовых систем в стандартах PC104/PC104-Plus, которым требуется более высокая пропускная способность и вычислительная мощность.

CPC309 основан на мощном двухъядерном процессоре Intel Atom D510 с частотой 1,66 ГГц и тепловыделением в целом на плату 15 Вт. Напаянный на плату процессор дополнен 2 Гбайт оперативной памяти и 4 Гбайт твердотельного диска, в большинстве задач этого достаточно для реализации самодостаточной встраиваемой системы. Полностью напаянные компоненты обеспечивают вычислитель высокие характеристики стойкости к механическим нагрузкам, характерным для условий эксплуатации бортовой аппаратуры в авиации и наземном транспорте.

Плата имеет хорошие мультимедийные возможности: 2D/3D-акселератор, поддержку дисплеев с разрешением до 2048×1536 пикселей и аудиосигнала качества HD, что должны оценить создатели карто-

графических приложений и систем человеко-машинного интерфейса. Для программ и данных помимо напаянного диска могут использоваться сокет CompactFlash и два канала SATA II со скоростью обмена данными до 300 Мбит/с. Для обмена данными с верхним уровнем управления предусмотрены два канала Gigabit Ethernet, которые возможно использовать для дублирования информационно-управляющих потоков. Подключение периферийных устройств может осуществляться как по двум «старым, добрым» последовательным портам, так и по восьми портам USB 2.0.

Наращивание функционала систем на базе CPC309 достигается установкой мезонинных плат расширения. Системные интеграторы могут применять старые наработки на шине PCI, устанавливая до четырех плат расширения формата PCI/104, либо использовать всю мощь высокоскоростной последовательной шины PCIexpress (четыре канала x1), доступной через разъем StackPC. Кроме того, периферийным модулям через этот разъем доступны два канала Gigabit Ethernet, 6×USB 2.0, 2×SATA, SMBus и LPC. Благодаря такому «джентльменскому набору» реализация требований к функционалу решения на базе CPC309 становится, как говорится, делом техники. При этом разработчики могут использовать готовые платы расширения других производителей в формате PCe/104, PCI/104-Express, которые используют только сигналы первого «банка». Температурный режим эксплуатации CPC309 — -40...+85 °C (с радиатором или при кондуктивном отводе тепла). Под заказ возможно исполнение с нижней границей рабочей температуры -50 °C.

KIC301 разработан для систем, работающих в жестких условиях (рис. 6). Модуль предназначен для совместного использования с процессорным модулем с поддержкой StackPC-PCI и служит для расширения базовых функций процессорного модуля с помощью модулей Mini PCI-E. Комплектование этой платы широко распространенными на рынке модулями Mini PCI-E дает системным интеграторам невиданную ранее гибкость и оперативность.

Модуль NIM354 выполнен в формате StackPC-PCI и предназначен для применения во встраиваемых системах сбора и обработки данных, работающих в тяжелых условиях эксплуатации и построенных на базе интерфейса Ethernet TCP/IP с возможностью подключения до четырех устройств с поддержкой PoE (Power over Ethernet).

Для питания PoE-устройств в комплексе с модулем NIM354 разработан модуль ИП PS352. Данный модуль оптимален для систем распределенного питания на базе технологии передачи питания через витую пару сетей Ethernet — PoE (Power over Ethernet), ориентированных на жесткие условия эксплуатации.

Продукция Perfectron

Процессорный модуль OXY5535 построен на базе процессоров семейства Intel® Ivy Bridge (рис. 7). Данный модуль направлен на построение высокопроизводительных устройств. Благодаря наличию на борту разъема FPE с шиной 1xPCIe16 и встроенного видео, данная плата помимо стандартного применения в стек-овых системах прекрасно может быть использована в качестве COM-модуля, для которых данная шина PCIe16 предоставляет больше возможностей и областей применения, чем для стека. На плате-носителе для COM-модулей легко может быть расположен разъем PCIe16, в котором можно использовать распространенные на рынке видеокарты, модули оцифровки видео и ввода/вывода. Можно установить слот для карт расширения ХМС и многое другое. Наличие несущей платы SK507, выполненной в форм-факторе EPIC, многим этому способствует.

Одноплатный компьютер OXY5737 в формате EBX построен на базе чипсета Intel® Haswell QM87 и поддерживает процессоры 4 поколения i7/i5/i3 от Intel (рис. 8). В настоящее время OXY5737 является самым высокопроизводительным компьютером, выполненным согласно спецификации SstackPC. OXY5737 способен работать в суровых условиях -20...+70 °C (-40...+85 °C опционально) и является отличным решением для оборонных, транспортных приложений и автоматизации производства. Большая функциональность компьютера достигается за счет возможности поддержания одновременной работы

нескольких дисплеев и возможности расширения при помощи установленных на плате разъемов StackPC и FPE.

Помимо процессорных плат, в арсенале Perfectron имеется целый ряд периферийных модулей, среди которых:

- Модуль обработки графической информации SK210-GT730M. Данный модуль оснащен графическим процессором NVIDIA® GPU GT730M, который обеспечивает работу графического ядра с частотой до 719 МГц, CUDA 384 ядер и поддерживает четыре независимых дисплея портов. Помимо наличия возможности превосходной графической обработки, он оснащен памятью 1024 Мбайт DDR3 и тем самым способен применяться в приложениях цифровой обработки сигналов, шифрования/дешифрования, потоковой обработки аудио-, видеоданных.
- Модуль для установки накопителей информации SK401. Модуль предназначен для расширения функциональных возможностей процессорных модулей, которые соответствуют спецификациям StackPC и PCIe/104. SK401 поддерживает работу с жесткими дисками по интерфейсам SATA и mSATA.
- Плата SK506 с четырьмя портами Gigabit Ethernet. Модуль совместим с процессорными модулями в форматах StackPC и PCIe/104. К плате возможно подключить до четырех устройств через интерфейсные разъемы RJ-45.
- Модуль источника питания SK704 выполнен в формате StackPC. Диапазон входных напряжений 11–36 В. Выходная мощность до 105 Вт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спецификация StackPC призвана повысить унификацию изделий и систем разных производителей. Существующие стандарты для стек-овых систем не дают ответа на множество вопросов, ставших в последние годы более актуальными, а именно: организация теплоотвода, разработка и подключение ИП к системе, разработка корпуса для защищенных систем с организацией теплоотвода от тепловыделяющих узлов, поиск надежных решений и др. Каждый производитель встраиваемых



OXY5535



SK210-GT730M



SK507

модулей отвечает на эти вопросы по-своему.

Ни одна архитектура не дает однозначного преимущества над остальными, но понимание того, где и при каких условиях устройство будет эксплуатироваться и развиваться, является ключевым фактором выбора. Применение модулей стандарта StackPC для ряда задач представляется более технологичным и перспективным. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Сорокин А. Форм-фактор StackPC — новый подход к разработке встраиваемых модулей и систем. Часть 1. Защищенные компьютеры на базе одноплатных, Stack- и COM-модулей // Современная электроника. 2013. № 4.
2. Сорокин А. Форм-фактор StackPC — новый подход к разработке встраиваемых модулей и систем. Часть 2. Стандарт StackPC и системы на его основе // Современная электроника. 2013. № 5.
3. Сорокин А. Форм-фактор StackPC — новый подход к разработке встраиваемых модулей и систем. Часть 2. Стандарт StackPC и системы на его основе. Продолжение // Современная электроника. 2013. № 6.

Рис. 7. ▲ Модули Perfectron в формате StackPC

Рис. 8. ▼ Одноплатный компьютер Perfectron OXY5737

