



Алексей Пятницких

## PC/104 – стандарт для жёстких условий эксплуатации

В данной статье рассмотрены основные форм-факторы стандарта PC/104. Представлены ключевые преимущества изделий данного стандарта применительно к работе в жёстких условиях эксплуатации и использованию в ответственных приложениях. Описаны наиболее интересные новинки от ведущих производителей продукции стандарта PC/104.

Стандарт PC/104, начиная с момента основания консорциума PC/104 в 1991 году и создания первой спецификации стандарта в 1992 году, активно развивается и завоевывает популярность в области построения надёжных систем управления, предназначенных для работы в жёстких условиях эксплуатации. Сегодня продукция, выполненная в соответствии с требованиями стандарта PC/104, широко применяется в различных отраслях. Системы управления беспилотными летательными аппаратами, бортовые системы контроля и навигации, ракетные комплексы, персональные средства коммуникации – вот далеко не полный перечень наиболее популярных приложений изделий, созданных на базе стандарта PC/104. Большинство инженеров отдают предпочтение таким изделиям благодаря их преимуществам, обеспечиваемым малым весом и габаритами, быстротой конструирования всей системы и лёгкостью её изменения, механической надёжностью как разъёмов, так и всей конструкции в целом.

В данной статье хотелось бы предложить читателям познакомиться с основными преимуществами стандарта PC/104, рассказать обо всех существующих форм-факторах, а также представить новые интересные изделия и решения от ведущих мировых производителей.

### ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТА PC/104

Спецификация PC/104 была разработана как метод расширения больших компьютерных плат дополнительными функциональными возможностями. Позже были разработаны первые процессорные платы этой спецификации. Сегодня более 100 фирм во всём мире предлагают выполненные в стандарте PC/104 процессорные платы, платы дискретного и аналогового ввода-вывода, коммуникационные платы, источники питания, корпуса и дополнительные аксессуары. Поскольку такое большое количество компаний предлагает совместимое между собой и разнообразное по функциональным возможностям оборудование одного стандарта, то сам стандарт можно рассматривать как гарантированную основу для построения высоконадёжных встраиваемых систем из компонентов с длительным сроком доступности. Инженеры могут использовать платы различных производителей, а также варьировать платы, как процессорные, так и периферийные, получая готовые системы, соответствующие требованиям конкретного применения.

Рассмотрим форм-факторы, существующие в рамках стандарта PC/104.

Сам форм-фактор **PC/104** был принят в 1992 году в ответ на требования об

уменьшении габаритных размеров и энергопотребления компьютерных систем. Каждая из этих целей была достигнута без ущерба для аппаратной и программной совместимости с популярными компьютерными стандартами. Спецификация PC/104 предлагает полную архитектурную, аппаратную и программную совместимость с компьютерными стандартами в компактных размерах плат 3,6"×3,8" (91,44×96,52 мм). Название стандарта было получено из-за применения 104-контактного разъёма шины ISA, расположенного в нижней части платы.

**PC/104-Plus** – этот форм-фактор получился путём добавления шины PCI с помощью 120-контактного разъёма в верхней части платы. Данная спецификация была принята в 1997 году. Применение шины PCI позволило расширить функциональные возможности систем за счёт PCI совместимых функций: видео, Ethernet и других коммуникационных функций. При этом платы PC/104-Plus полностью совместимы со всеми платами, выполненными в стандарте PC/104 (только шина ISA).

**PCI-104** был принят в 2004 году. Этот форм-фактор получился при удалении шины ISA с платы PC/104-Plus. В результате осталась только 120-контактная шина PCI с разъёмом в верхней части платы. Удаление большого разъёма

Таблица 1

Основные особенности форм-факторов, принятых в рамках стандарта PC/104

ФОРМ-ФАКТОР	ТИП	РАЗМЕР (мм)	ШИНА	ОСОБЕННОСТИ
PC/104	Стековая концепция	90×96	ISA	Малый размер, стековая конструкция
PC/104-Plus	Стековая концепция	90×96	ISA + PCI	Малый размер, высокоскоростная шина, больше возможностей по расширению функционала с помощью шин ISA и PCI
PCI-104	Стековая концепция	90×96	PCI	Малый размер, высокоскоростная шина, используется только шина PCI
PCI/104-Express	Стековая концепция	90×96	PCIe + PCI	Малый размер, современная высокоскоростная шина PCIe
PCIe/104	Стековая концепция	90×96	PCIe	Малый размер, только шина PCIe
EBX	Материнская плата	146×203	ISA + PCI	Большие размеры позволяют размещать больше функциональных элементов на плате. Кроме того, есть возможность отвести больше тепла, что позволяет применять высокопроизводительные процессоры
EBX-Express	Материнская плата	146×203	PCIe + PCI	Все преимущества форм-фактора EBX, плюс шина PCIe
EPIC	Материнская плата	115×165	ISA + PCI	Все необходимые разъемы расположены на плате, что позволяет не использовать большое количество кабелей. Увеличенный размер предоставляет возможность использовать высокопроизводительные процессоры
EPIC-Express	Материнская плата	115×165	PCIe + PCI	Все преимущества форм-фактора EPIC, плюс шина PCIe

шины ISA создаёт дополнительные 10% свободного места на плате, что позволяет увеличить функциональность плат за счёт реализации дополнительных функций ввода-вывода. В данном форм-факторе плата функционирует только по шине PCI. Но если ISA используется как шина расширения компьютерных систем с процессорной архитектурой x86, то шина PCI может применяться и при других архитектурах, таких как XScale, PowerPC, ARM и FPGA.

**EBX (Embedded Board eXpandable)** получил статус спецификации консорциума PC/104 в 2005 году, хотя разработан был ещё в 1997 году. Этот стандарт определяет одноплатные компьютеры большего размера 5,75"×8,00" (146×203 мм) с шиной расширения PC/104-Plus. Большой размер позволяет вместить в процессорную плату большую функциональность и уменьшить общее число плат в системе. Очень многие поставщики предлагают платы EBX в дополнение к сотням различных плат стандартов PC/104-Plus и PCI-104.

**EPIC (Embedded Platform for Industrial Computing)** был принят консорциумом в 2005 году. Принятие этого форм-фактора было продиктовано необходимостью применения плат промежуточного размера между PC/104 и EBX. Плата EPIC имеет размеры 4,5"×6,5" (115×165 мм) и позволяет использовать современные процессоры. Стандарт определяет зоны ввода-вывода и наличие таких функций, как Ethernet, последовательные порты, цифровой и аналоговый ввод-вывод, видео и т.д.

В 2008 году в соответствии с текущими тенденциями развития компьютерной индустрии в стандарт PC/104 были введены современные последовательные интерконнекты PCI Express и USB и приняты новые форм-факторы PCI/104-Express, PCIe/104, EPIC-Express и EBX-Express. Их основная осо-

бенность определяется тем, что было принято решение отказаться от шины ISA и заменить её новой шиной, включающей в себя 4 PCIe x1, 1 PCIe x16 и USB. Для этого были разработаны специализированные разъемы, сохраняющие механическую совместимость с соединителями плат предыдущих спецификаций и способные пропускать высокоскоростные сигналы. Таким образом, новые спецификации сохраняют базовые преимущества стандарта, такие как компактные размеры и высокая механическая прочность, прибавляют в производительности и, в конечном счёте, расширяют возможности готовых встраиваемых систем.

Основные особенности форм-факторов, принятых в рамках стандарта PC/104, представлены в табл. 1.

Подробнее познакомиться со всеми спецификациями, доступными к свободной загрузке через регистрацию, а также с полным перечнем компаний и продукции можно на официальном ресурсе консорциума [www.pc104.org](http://www.pc104.org).

### ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЛЯ РАБОТЫ В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В таких отраслях, как железнодорожный транспорт, авиация, военная промышленность, автомобильный транспорт и т.д., к аппаратным средствам управления предъявляются высокие требования в отношении возможности их надёжной работы при воздействии различных дестабилизирующих факторов (повышенная вибрация, ударные нагрузки, широкий диапазон изменения температур и др.). Разработчикам современных средств управления постоянно приходится сталкиваться с выбором базового стандарта аппаратной реализации, и основными критериями выбора, кроме работоспособности в жёстких условиях эксплуатации, также являются удобство

разработки программного обеспечения, широкий выбор функций, независимость от одного поставщика. Что же здесь стандарт PC/104 может предложить разработчикам систем управления для ответственных применений?

Одной из главных особенностей стандарта PC/104, заложенной с момента его разработки, является ударо- и виброустойчивая модульная конструкция. Передача информации осуществляется по шинам данных, выполненным в виде разъемов. Такое решение позволяет располагать платы одну над другой с соединением через эти разъемы. Кроме того, соединение плат осуществляется с помощью дополнительного 4-точечного крепления, что в результате формирует защищённый от механических воздействий конструктив. Таким образом, за механическую прочность конструкции PC/104 отвечают и сами шинные разъемы, и 4-точечное жёсткое крепление плат между собой. Система с такой конструкцией способна работать при высокой вибрации и ударных нагрузках.

Однако не только решения на уровне общей конструкции обеспечивают защиту от механических нагрузок. Так, в этих же целях большинство производителей процессорных и периферийных модулей полностью распаивают все компоненты (микропроцессор, память и т.д.) на плате; в дополнение на самих платах применяются не стандартные компьютерные разъемы для ввода-вывода данных, а защищённые разъемы. Подобные локальные меры вносят свой весомый вклад в повышение устойчивости системы к механическим воздействиям в целом.

Платы в формате PC/104, как правило, предназначены для эксплуатации в расширенном температурном диапазоне от -40 до +85°C, а в некоторых случаях и от -50 до +85°C. Поэтому для повышения надёжности работы в таких услови-

ях платы покрывают уретановым защитным покрытием, которое усиливает пылевлагозащиту отдельных модулей, а через это — и всей системы.

Помимо определяемых особенностями конструкции преимуществ, которые обеспечивают устойчивость к механическим воздействиям и защиту от внешних факторов в жёстких условиях эксплуатации, следует отметить характерное для стандарта PC/104 удобство при разработке программного обеспечения. В форм-факторах PC/104 применяются те же шины и протоколы, что и в персональных компьютерах, и это позволяет создавать программный код без привлечения дополнительных ресурсов. Разработчики плат PC/104 обеспечивают работу своих изделий с такими популярными операционными системами, как Windows CE, Windows XP Embedded, DOS, Linux, а также с операционными системами жёсткого реального времени QNX, VxWorks и т.д.

Сегодня в мире уже более 100 фирм предлагают широкий ассортимент процессорных плат, плат с цифровыми сигнальными процессорами и ПЛИС, плат ввода-вывода, коммуникационных плат, источников питания, выполненных в соответствии со стандартом PC/104. Всё это оборудование совместимо между собой и позволяет разрабатывать системы управления, оптимизированные как по функциональному наполнению, так и по цене.

Благодаря описанным особенностям, позволяющим создавать современные высоконадёжные системы для ответственных приложений и жёстких условий эксплуатации, стандарт PC/104 получил наиболее широкое распространение в аэрокосмических, транспортных и военных применениях.

### Продукция и решения на базе стандарта PC/104

Сейчас в мире много производителей изделий стандарта PC/104, они предлагают большой выбор плат и решений. Описать их все в рамках одной статьи не представляется возможным. В качестве примера рассмотрим продукцию компаний **FASTWEL**, **RTD Embedded Technologies**, **LiPPERT Embedded Computers**, **Tri-M Engineering**, так как именно эти компании занимают активную позицию и играют ведущую роль в консорциуме PC/104 и предлагают много новых, интересных и во многом уникальных изделий и решений. Продукция этих компаний изначально разрабатывается для



Рис. 1. Процессорная плата FASTWEL CPC304 с диапазоном рабочих температур от -50 до +85 °С



Рис. 2. Коммуникационный модуль FASTWEL серии CNM3xx с поддержкой ГЛОНАСС

жёстких условий эксплуатации, микропроцессоры и память питаются на платы, а платы рассчитаны на работу в широком температурном диапазоне от -40 до +85 °С. Таким образом, продукцию этих компаний можно рекомендовать для разработки надёжных систем управления, отвечающих условиям и требованиям ответственных применений.

Рассмотрение начнём с российской компании FASTWEL. Основанная в 1998 году фирма FASTWEL на сегодняшний день является одной из самых высокотехнологичных компаний России. Сочетая активные вложения в освоение новейших технологий с использованием опыта и потенциала российских разработчиков и технологов, FASTWEL успешно конкурирует с ведущими мировыми производителями электронного оборудования. Продукция FASTWEL находит применение в ответственных приложениях на транспорте, в телекоммуникациях, в промышленной автоматизации и во многих других отраслях, где требуется надёжное оборудование, способное работать в жёстких условиях эксплуатации. Изделия фирмы FASTWEL полностью учитывают специфику рынка России и стран СНГ как по набору поддерживаемых типов сигналов, так и по стойкости к неблагоприятным факторам внешней среды. Своим заказчикам FASTWEL предлагает широкую линейку оборудования PC/104. В эту линейку входят следующие процессорные

платы: CPC1600 — встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus с поддержкой процессоров семейства Pentium M (частота от 1,0 до 2,0 ГГц) для высокопроизводительных бортовых систем; CPC304 — встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus, предназначенный для использования в ответственных бортовых системах; CPC306 — встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus с вычислительным ядром архитектуры x86 и интегрированной подсистемой цифрового и аналогового ввода-вывода; CPC307 — встраиваемый одноплатный компьютер стандарта PC/104-Plus с вычислительным ядром архитектуры x86 и двумя интерфейсами CAN. Отличительной особенностью процессорных плат FASTWEL является полная раскладка компонентов (процессор, память и т.д.). Кроме исполнения со стандартными температурными диапазонами от 0 до +70 °С и от -40 до +85 °С, платы CPC304 (рис. 1) и CPC307 имеют модификации, предназначенные для работы при температурах от -50 до +85 °С (CPC307 — до +90 °С).

Линейку продукции FASTWEL дополняют модули дискретного ввода-вывода DIC311 и DIC310, модули обработки графической информации VIM301, модули беспроводной связи серии CNM3xx, модули полевых шин NIM351 и источники питания PS351. Новыми и одними из наиболее интересных изде-



Рис. 3. Источник питания FASTWEL PS351 с интеллектуальной системой управления



Рис. 4. Модульный защищённый компьютер FASTWEL MK307



Рис. 5. Платы в формате PCI/104-Express

лий в этом перечне являются модули серии CNM3xx и источник PS351. Модули серии CNM3xx (рис. 2) – коммуникационные модули с поддержкой систем глобального позиционирования GPS и ГЛОНАСС и со встроенным модулем беспроводной связи, обеспечивающим передачу голосовых сигналов стандарта GSM для четырёх частотных диапазонов 850/900/1800/1900 МГц и передачу данных по протоколам GPRS/EDGE с поддержкой двух SIM-карт. Источник питания PS351 (рис. 3) интересен тем, что имеет интеллектуальную систему управления, выполняющую следующие функции:

- мониторинг окружающей температуры и управление каналами нагревателя и вентилятора в программируемых диапазонах температуры от –50°С;
- ведение журнала системных событий с привязкой ко времени и дате;
- управление сторожевым таймером, отключающим питание системы в случае зависания;
- автоматический переход на резервный канал питания;
- включение/отключение системы по расписанию;
- функция охраны системы, находящейся в отключённом состоянии.

PS351 оптимизирован для использования в составе изделий, предназначенных для эксплуатации:

- в необслуживаемых системах в труднодоступных районах;

- в системах с автономным питанием от солнечных батарей;
- в системах с аккумуляторным питанием на транспортных средствах;
- в системах, эксплуатируемых в экстремальных климатических условиях.

Кроме поставки компонентов в формате PC/104, FASTWEL предлагает и готовые системы на базе своей продукции. Одним из примеров таких систем является платформа МК307 (рис. 4). В базовом исполнении в её состав входят процессорный модуль CPC307-04, модуль видеоконтроллера VIM301-01, коммуникационно-навигационный модуль CNM350-01, модуль источника питания PS351-01. Данный компьютер ориентирован на использование в мобильных и транспортных системах. Доступ к разъёмам со стороны лицевой панели и наличие монтажной платформы для быстрого монтажа позволяют встраивать компьютер в глухие ниши. Конструктив допускает установку до пяти модулей расширения. Для вывода сигналов от модулей расширения на лицевой панели предусмотрены четыре 18-контактных разъёма.

Схожий подход к построению систем PC/104 представляет американская компания RTD Embedded Technologies. В линейку её продукции входит широкий спектр оборудования: процессорные платы, платы цифровых сигнальных процессоров, платы аналогового и дискретного ввода-вывода, коммуникационные платы, источники питания и встраиваемые компьютеры в защищённом исполнении. Вся линейка предназначена для работы в жёстких условиях эксплуатации.

Компания RTD одной из первых поддержала новую спецификацию PCI/104-Express (рис. 5) и предложила соответствующую линейку продукции: процессорные платы CMA22 на базе процессоров Intel Core 2 Duo, источник питания ATX104HR-Express, комму-

никационный модуль CM9222ER с двумя портами Gigabit Ethernet и новый модуль LAN25255HR коммутации 5 портов Gigabit Ethernet, модуль цифрового ввода-вывода DM9820HR.

Одной из главных отличительных особенностей этой компании является то, что на базе своей линейки продукции она предлагает готовые системы: IDAN™ – Intelligent Data Acquisition Node (интеллектуальный узел сбора данных) и HiDAN™ – High reliability Intelligent Data Acquisition Node (высоконадёжный интеллектуальный узел сбора данных).

IDAN™ – стандартная готовая система, основанная на применении плат формата PC/104, PC/104-Plus и PCI-104, смонтированных в алюминиевом каркасе (рис. 6). Подключения осуществляются стандартными компьютерными разъёмами, установленными на каркасе. В соответствии со стандартным подходом к построению систем на базе плат формата PC/104 все необходимые платы – процессорная, ввода-вывода, коммуникационные и источник питания – собираются в мезонин; далее этот мезонин помещается в корпус, где надо будет произвести кабельную разводку, рассчитать тепловые параметры и т.д. Главный недостаток такого решения – это сложность при модернизации и обслуживании системы. В отличие от стандартного подхода, для построения систем IDAN используется другое решение: каждая плата, входящая в линейку продукции RTD, помещается в специально рассчитанный для неё фрезерованный алюминиевый каркас, форма каркаса рассчитывается из соображений обеспечения максимально эффективного теплоотвода и минимизации кабельной разводки – таким образом получаем «кирпичики», на базе которых и собирается система. При таком подходе система легко и быстро собирается и разбирается, что ускоряет и облегчает процесс технического



Рис. 6. Защищённый компьютер IDAN™



Рис. 7. Процессорная плата Cool LiteRunner-ECO



Рис. 8. Плата видеоадаптера 104X-E4690, выполненная в форм-факторе PCI/104-Express

обслуживания и модернизации системы. Использование современных процессоров позволяет строить производительные системы, но при этом остро встаёт вопрос об отводе выделяемого процессором тепла. В системах IDAN применена кондуктивная система охлаждения, когда тепло с помощью медных трубок отводится на корпус. Это позволяет получать высоконадёжные и производительные системы, работающие в широком диапазоне температур от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Система HiDAN™ выпускается в защищённом водонепроницаемом корпусе. Применение водонепроницаемого изоляционного материала, ЭМИ-уплотнителей и специализированных разъёмов позволяет получить высоконадёжную систему для жёстких условий эксплуатации. В отличие от IDAN, в основе HiDAN лежит стандартная концепция построения систем формата PC/104, в корпус закладывается только процессорная плата. При этом используются не стандартные компьютерные разъёмы, а специализированные водонепроницаемые разъёмы с защитой от ЭМИ. Пользователь сам задаёт необходимое количество и тип разъёмов, а также схему кабельной разводки от платы до разъёмов. Остальные платы собираются в мезонин, подключаются к процессорной плате и интегрируются с системой охлаждения. Системы HiDAN являются заказными решениями, для построения которых оговаривается, какие разъёмы используются,

какая будет кабельная разводка и какие необходимо провести испытания.

Немецкая компания LiPPERT Embedded Computers, в отличие от двух предыдущих, в основном специализируется на разработке и производстве процессорных плат стандарта PC/104. Представим наиболее интересные новинки этой компании. Процессорная плата Cool LiteRunner-ECO в формате PC/104 – это решение, которое предназначено для поддержки имеющихся систем, использующих только шину ISA. Cool LiteRunner-ECO представляет собой плату-носитель для установки компактных компьютерных модулей Core-Express, построенных на базе процессоров семейства Intel Atom (рис. 7). Такое решение позволяет предоставлять процессорную плату с шиной ISA и современными процессорами ещё длительное время. По-своему интересным решением является плата видеоадаптера 104X-E4690, выполненная в форм-факторе PCI/104-Express на базе графического процессора ATI Radeon™ E4690 (рис. 8). Данная плата будет выпускаться в двух вариантах: с активным и пассивным охлаждением. Используя её, можно создать компактную встраиваемую систему, способную обрабатывать сложную графическую информацию. Ещё одним интересным решением компании LiPPERT является плата Hurricane-QM57, выполненная в стандарте EPIC-Express на базе процессоров Intel Core i7, вместе с платами расширения EXP-ETH8 (8 портов Gigabit Ethernet с независимыми MAC-адресами) и EXP-ISO-COM8 (8 последовательных портов). Из этих плат можно сформировать производительную компактную систему с широкими коммуникационными возможностями (рис. 9), например систему с возможностью подключения до 9 IP-видеокамер.

Канадская компания Tri-M в основном специализируется на разработке и производстве корпусов и источников питания в форм-факторах стандарта PC/104. В частности, она предлагает широкий выбор источников питания в форматах PC/104 и PC/104-Plus с функцией контроля и зарядки аккумуляторных батарей. Наиболее интересным новым решением является линейка батарей CBP (рис. 10). Они выполнены с применением конденсаторов, позволяющих получать суммарную ёмкость 10, 58, 250 и 500 фарад. Чем такое решение лучше по сравнению с использованием стандартных химических аккумуляторов? Во-первых, у конденсаторов бата-



Рис. 9. Процессорная плата Hurricane-QM57 с установленными платами расширения

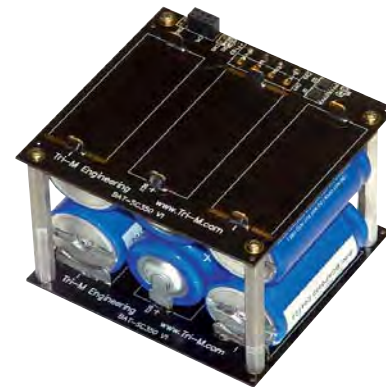


Рис. 10. Батареи серии CBP

рей допустимое количество циклов зарядки/разрядки составляет 500 000, в отличие от нескольких сотен циклов у стандартных аккумуляторов. Во-вторых, для конденсаторов характерна существенно более быстрая зарядка, которая по времени занимает минуты, а не часы. В-третьих, отсутствие при эксплуатации конденсаторов необходимости в операциях с химическими веществами позволяет построить необслуживаемую систему. И в-четвёртых, данные батареи предназначены для работы в широком температурном диапазоне от  $-40$  до  $+65^{\circ}\text{C}$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Используя в своих проектах оборудование стандарта PC/104, инженеры могут разрабатывать современные высоконадёжные системы управления, предназначенные для работы в жёстких условиях эксплуатации и для ответственных применений. Компактный размер, ударо- и виброустойчивая конструкция, применение открытых компьютерных стандартов позволяют рекомендовать продукцию стандарта PC/104 для построения надёжных систем управления в таких отраслях, как космонавтика и авиация, железнодорожный и автомобильный транспорт, а также оборонная промышленность. ●

**Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ**  
**Телефон (495) 234-0636**  
**E-mail: info@prosoft.ru**