



Александр Буравлёв

## Процессорные платы PC/104: новые задачи, новые стандарты, новые возможности

В статье обсуждаются вопросы построения высокопроизводительных встраиваемых компьютерных систем на базе стандарта PC/104. Рассматриваются вопросы организации эффективного теплоотвода и вопросы использования различных интерфейсов, включая PCI Express, для организации обмена данных между процессорными платами и платами приложений.

С момента появления в 1991 году системы, базирующиеся на стандарте PC/104, получили широкое распространение в различных приложениях как на транспорте, так и в системах обороны. Управление беспилотными летательными аппаратами, бортовые системы контроля и навигации, ракетные комплексы, персональные средства коммуникации — вот далеко не полный перечень наиболее популярных приложений продуктов, созданных на базе стандарта PC/104. Многие инженеры отдают предпочтение PC/104 благодаря преимуществам, которые дают малый вес и габариты (размер платы 90×96 мм), быстрота конструирования всей системы и лёгкость её изменения, механическая надёжность как разъемов, так и всего конструктива в целом.

При разработке электронного устройства на базе PC/104 для создания наиболее надёжного, гибкого и высокопроизводительного решения могут быть использованы готовые платы, производимые различными компаниями. Так, в настоящее время консорциум PC/104, организованный 14 лет назад, объединяет 78 производителей во всём мире, специализирующихся на производстве тех или иных продуктов в рамках данного стандарта.

По данным аналитического агентства Electronics Trend Publications, общеми-

ровой рынок PC/104-плат составляет 170 миллионов долларов в год. По статистике в наибольшем объёме решения на базе PC/104 используются в промышленности (более 50%) и системах обороны — порядка 20% от всего объёма производимых плат. По функциональному признаку рынок плат PC/104 делится на два практически равных по объёму продаж сегмента — процессорные платы и платы ввода-вывода.

Поскольку надёжность всего устройства напрямую зависит от надёжности каждого из компонентов (плат, соединений, корпуса, источников питания, системы теплоотвода и т.д.), разработка и выбор каждого из этих компонентов должны быть произведены с особой тщательностью и вниманием к деталям.

Запросы пользователей относительно функциональности и надёжности системы, построенной на базе PC/104, часто требуют дополнительных усилий разработчиков плат и специфических инженерных решений для их реализации. Мы рассмотрим основные способы решения задач по повышению надёжности, расширению условий эксплуатации и, соответственно, сфер применения электронных устройств, построенных на базе стандарта PC/104, а также рассмотрим более подробно некоторые новинки.

### Отвод тепла и производительность

Многие приложения требуют от системы работоспособности в широком температурном диапазоне, зачастую превышающем гарантированный производителем компонентов диапазон рабочих температур.

В этом случае для некоторых компонентов, например конденсаторов, достаточно перейти с одного их типа на другой, например с электролитических алюминиевых — на танталовые, чтобы существенно увеличить надёжность, расширить диапазон рабочих температур и решить данную задачу. Однако для других компонентов, таких как центральный процессор, чипсет, память, это решение неосуществимо. Поэтому ключевыми задачами при разработке подобных плат являются проведение анализа температурных эффектов и разработка платы таким образом, чтобы она продолжала надёжно работать даже в самом худшем варианте эксплуатации, а также проведение тщательного и всестороннего тестирования платы во всём диапазоне рабочих температур на стадии выходного контроля.

Ввиду малого размера плат и затруднённого теплообмена внутри закрытого конструктива температурные эффекты и функциональность плат долж-

Таблица 1

Сравнительные характеристики стандартных и низковольтных процессоров

Процессоры	Максимальная частота, МГц	Расчётная тепловая мощность, Вт	Соотношение частота/тепловая мощность, МГц/Вт
Pentium M 760	2000	27	74
Pentium M 745	1800	21	85
Pentium M 1.6	1600	24,5	65
Celeron M 370	1500	21	71
LV Pentium M 738	1400	10	140
LV Pentium M 1.1	1100	12	92
ULV Celeron M 373	1000	5,5	182
855 GM/ICH4		4,3 + 2,2	
915 GM/ICH6		6 + 2,3	

ны быть хорошо просчитаны не только при отрицательных рабочих температурах, но и при повышенных температурах окружающей среды.

Использование принудительного вентилятора охлаждения центрального процессора в таких системах не всегда приемлемо как по причине малых размеров всего конструктива и, соответственно, недостаточной эффективности воздушного охлаждения, так и ввиду низкой надёжности самих вентиляторов. Среднее время наработки на отказ для вентиляторов не превышает 20 тысяч часов, в то время как сама плата компьютера имеет среднее расчётное время безотказной работы порядка 130 тысяч часов (пример — Fastwel CPC1600 или Fastwel CPC1700).

Для решения задачи отвода избыточного тепла многие производители процессорных плат используют центральные процессоры Pentium III с пониженным энергопотреблением и частотами в диапазоне 300...600 МГц или процессоры AMD серии Geode. Однако такие процессоры имеют достаточно низкую производительность, что может послужить ограничением использования их в современных приложениях. Кроме того, компания Intel в 2006 году объявила о прекращении производства ультранизковольтных процессоров Pentium III, поэтому при новых разработках рассчитывать на имеющиеся у поставщиков остатки и складские запасы этих процессоров рискованно и нецелесообразно.

Более правильным подходом, на наш взгляд, является использование современных процессоров Intel Pentium M с пониженным напряжением питания. Такие процессоры производятся по специальной технологии и имеют более чем двукратное преимущество в соотношении скорость/тепловыделение по сравнению со своими стандартными собратьями (см. табл. 1: первая часть — стандартные процессоры Pentium M и Celeron M, вторая — LV и ULV, низковольтные модификации, выпускаемые для встраиваемых приложений).

Однако даже выбрав для своего решения центральный процессор с пониженным тепловыделением, разработчики

всё равно должны решить вопросы отвода тепла от центрального процессора и контроллера памяти/графической подсистемы (северного моста).

Одним из наиболее высокотехнологичных классических решений, пожалуй, можно считать процессорные платы, производимые американской компанией RTD. В максимальной конфигурации такие одноплатные компьютеры комплектуются процессором Intel Pentium M 1,4 ГГц (Intel даёт тепловой пакет в 10 Вт на этот процессор) и системой вентилируемого или контактного теплоотвода с металлическим радиатором-термосъёмником и тепловыми трубками, устанавливаемыми на процессор для отвода тепла на внешние стенки корпуса (рис. 1).

В этой связи интересно решение, предлагаемое в линейке продукции PC/104-Plus компании Fastwel (рис. 2). В отличие от общепринятой практики установки центрального процессора на той же стороне, где находятся разъёмы PCI и ISA, инженеры компании Fastwel расположили процессор с обратной стороны платы и предложили кондуктивный метод отвода тепла от центрального процессора и от контроллера графики и памяти (северного моста). Таким образом, если использовать процессорную плату Fastwel как крайнюю в стеке (либо верхнюю, либо нижнюю), задача по отводу тепла

сильно упрощается. Обеспечив хороший тепловой контакт центрального процессора с корпусом, можно использовать сам корпус PC/104 как большой радиатор. Тем самым налицо экономия места, веса и более органичный дизайн системы. Кроме того, данное ре-

шение даёт возможность установки более производительных процессоров с частотами вплоть до 2 ГГц и системной шиной 533 МГц. Как известно, системная шина в архитектуре Intel является наиболее узким местом, и повышение её частоты с 400 до 533 МГц приводит к 33% росту пропускной способности данных в системе, что на практике даёт существенный рост производительности.

### ВИБРАЦИЯ И УДАРЫ

Используемые на транспорте и в промышленности системы часто подвержены продолжительным вибрационным нагрузкам. За счёт надёжного крепления, малого размера плат и, соответственно, малого веса и инерции, а также благодаря надёжным разъёмам PCI и ISA, архитектура PC/104 подходит для использования в данных приложениях даже в своём естественном виде. Однако для многих приложений повышенная надёжность не будет излишней. Самым тривиальным способом её повышения является запаивание тех компонентов, которые в стандартном случае подсоединяются через разъёмы. Здесь необходимо заметить, что запаивание центрального процессора выглядит как достаточно рутинная процедура, в то время как запаивание памяти DRAM требует существенного усложнения схемотехники плат и добавления нескольких дополнительных токопроводящих слоев. Так, площадь запаянных чипов DRAM объёмом в 1 Гбайт составляет порядка 15% от всей полезной площади платы PC/104-Plus. Несмотря на то что запаивание существенно усложняет производство, одноплатные компьютеры Fastwel CPC1600 выдерживают вибрацию вплоть до 5g в диапазоне частот 10...500 Гц, в то время как одноплатные компьютеры с памятью, подключённой через разъёмы SODIMM, способны выдерживать вибрации до 2g.

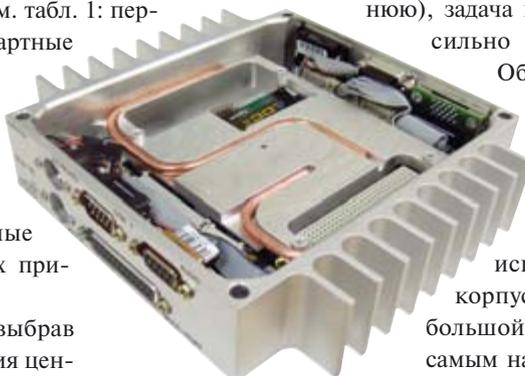


Рис. 1. Процессорная плата в конструктиве IDAN с пассивным охлаждением

Другим существенным преимуществом плат с запаянными компонентами является повышение эффективности влагостойкого покрытия и, соответственно, снижение риска коррозии или появления замыкания контактов на поверхности вследствие случайного попадания частиц металла или осаждения соляного тумана.

**ИНТЕРФЕЙСЫ РАСШИРЕНИЯ**

На заре своего существования платы стандарта PC/104 имели только разъём ISA для подключения дополнительных плат. Число 104 как раз соответствовало в то время числу контактов между двумя соединяемыми платами. В 1997 году консорциум PC/104 утвердил новую спецификацию PC/104-Plus, в которую был добавлен ещё один 120-контактный разъём с интерфейсом PCI. В отличие от стандартного PCI, имеющего 124 контакта, шина PCI в PC/104-Plus не поддерживает 64-разрядные данные. Вся система разработана таким образом, что максимально поддерживаются 4 платы приложений на одной такой шине. Максимальная теоретическая пропускная способность шины PCI в архитектуре PC/104-Plus составляет 132 Мбайт/с, в то время как реальная не превышает 55-60 Мбайт/с.

Основными приложениями, использующими шину PCI в PC/104-сегменте, являются решения с дополнительно устанавливаемыми картами с контроллерами Ethernet, картами видеозахвата, картами с процессорами цифровой обработки сигнала и прочие приложения, требующие высокой скорости обмена данными с центральным процессором.

Однако для многих современных приложений в компьютерном мире пропускной способности 32-разрядной шины PCI уже недостаточно. Многие современные графические карты требуют полосы пропускания более 500 Мбайт/с. Задачи по оцифровке и записи видеозображения также требуют большей пропускной способности. Например, классическое решение по MPEG-2-компрессии видеопотока

на базе микросхемы SAA6752 Philips Semiconductors использует полосу до 8 Мбайт/с. Таким образом, 5-6 MPEG-2-видеоканалов полностью занимают пропускную полосу шины PCI.

Gigabit Ethernet, являющийся наиболее распространённым коммуникационным интерфейсом в настоящее время, также не может быть реализован в полной мере, если его контроллер подключен к 32-разрядной шине PCI (скорости в этом случае составляют около 400 Мбит/с для входящего и исходящего потоков).

Современные прикладные задачи, требующие большей полосы пропускания, могут быть решены, если разработчики перейдут на использование шины PCI Express. В отличие от параллельной шины PCI, шина PCI Express является последовательной, с несущей частотой 2,5 ГГц, и обеспечивающей пропускную способность до 2,5 Мбайт/с в минимальной конфигурации x1.

Ряд компаний, включая Intel, позиционирует шину PCI Express как универсальное решение, объединяющее как компоненты на плате, так и различные платы и модули ввода/вывода в рамках одного конструктива. Ввиду хорошей масштабируемости и возможности объединения каналов в конфигура-

ции x4, x8 и x16 шина PCI Express соответствует всем основным требованиям разработчиков систем вплоть до середины следующего десятилетия.

Помимо высокой пропускной способности шина PCI Express характеризуется низкими значениями задержек сигнала, усовершенствованным протоколом передачи данных с разбиением на пакеты и возможностью назначения приоритетов по доставке пакетов, а также различными уровнями приоритета для определённых пакетов данных (QoS).

На физическом уровне один канал PCI Express создаётся двумя парами линий связи, по каждой из которых идет дифференциальный низковольтный сигнал на частоте 2,5 ГГц. С этой особенностью связано ещё одно преимущество — экономия контактов и места на плате при разводке такого интерфейса.

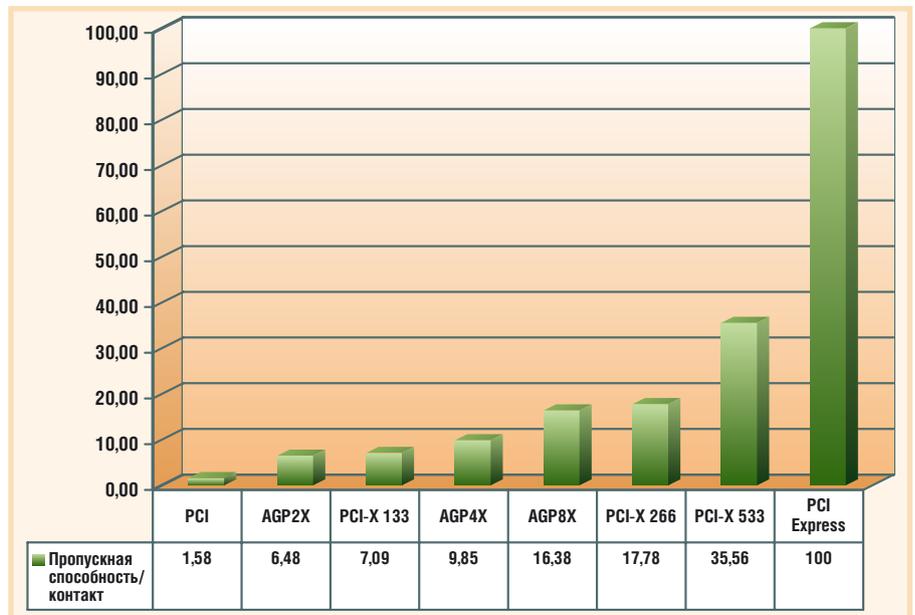
На рис. 3 представлены данные пропускной способности на контакт различных интерфейсов.

Поэтому даже для решения тех задач, где нет необходимости в широкой полосе канала PCI Express, производители кремния и встраиваемых плат всё равно перейдут на него, поскольку это упрощает разработку и экономит место на плате, что, в свою очередь, либо позволяет снизить стоимость, либо даёт возможность добавить новую функциональность на плату.

Так как современные серверные платы Intel уже не имеют свободных слотов PCI, работа плат расширения возможна только через интерфейсы PCI Express.



**Рис. 2. Внешний вид модуля Fastwel SRC1600/1700 с установленным радиатором кондуктивного теплоотвода на внешний корпус**



**Рис. 3. Пропускная способность контакта для различных шин**

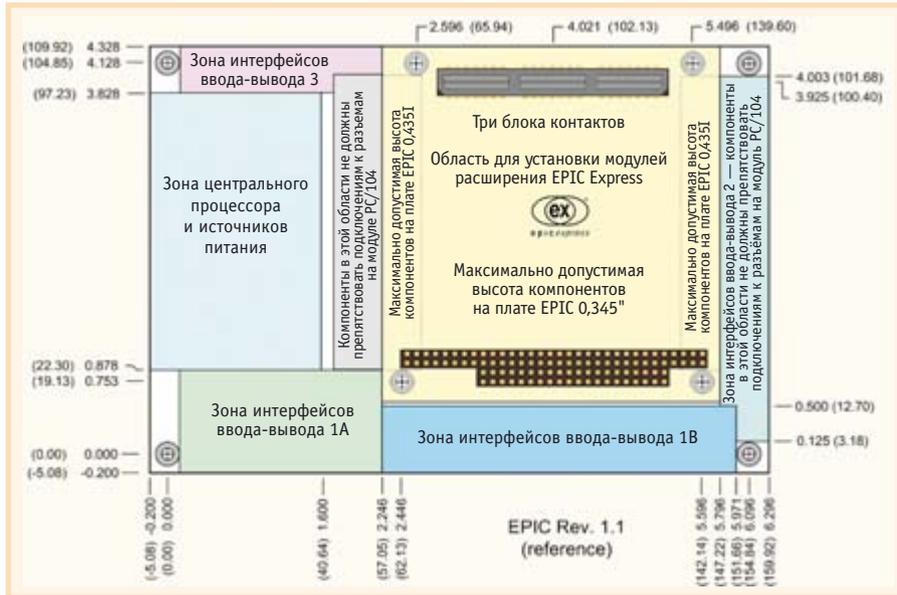


Рис. 4. Зонирование платы и размещение интерфейсов стандарта EPIC Express

В глобальной перспективе переход с PCI на PCI Express является логичным следствием перехода с параллельных шин на последовательные, происходящего в последнее время в промышленности. Так, были сделаны замены LPT на USB, IEDE на SATA.

Организация PICMG ([www.picmg.org](http://www.picmg.org)), разрабатывающая стандарты для встраиваемых систем с объединительной панелью, давно утвердила несколько стандартов, где шина PCI заменена на ту или иную последовательную шину: PCI Express, Infiniband, RapidIO и другие.

В этой связи появление высокоскоростного последовательного интерфейса в стандарте PC/104 является закономерным и логичным. Кроме того, необходимо отметить, что консорциум компаний, производящих наиболее «близкий по духу» к PC/104 стандарт одноплатных компьютеров EPIC, уже разработал рабочую версию спецификации EPIC Express.

В стандарте EPIC предусмотрена возможность установки дополнительных карт расширения PC/104 с такими же крепёжными размерами и через те же стандартные разъёмы ISA и PCI. Таким образом, разработчики систем на базе стандарта EPIC также могут использовать карты клиентских приложений, производимые большим количеством различных компаний, входящих и не входящих в консорциум PC/104.

Познакомиться с новым стандартом EPIC Express (рис. 4) можно на сайте [www.epic-express.org](http://www.epic-express.org). В рабочей версии спецификации EPIC Express шина PCI

заменена на шину PCI Express с разрядностью в 4 (10 Гбит/с) или 12 (линий).

Данное решение представляется логичным, поскольку шина, используемая для обмена данными (PCI), заменяется на более быструю, в то время как шина, используемая для простых задач ввода/вывода (ISA) и сигнализации, остаётся без изменений.

Заметим, что первый одноплатный компьютер форм-фактора PC/104 с шиной PCI Express — CPC1700 компании Fastwel — был разработан согласно тому же принципу. Фактически это CPC1600, у которого разъём PCI заменён на 4 канала PCI Express. Они могут быть объединены в конфигурацию 1×4 или использованы поодиночке — конфигурация 4×1.

Таким образом, разработчики компактных компьютерных систем получают новые встраиваемые платы в сфере высокопроизводительных процессоров и быстрых последовательных интерфейсов обмена данными с периферийными платами и модулями.

Использование таких встраиваемых компьютеров и периферии существенно расширит горизонты и позволит создать новые высокоэффективные решения для транспорта и приборостроения, авиации и космонавтики, робототехники и систем обороны. ●

**Автор — сотрудник  
фирмы ПРОСОФТ  
119313 Москва, а/я 81  
Телефон: (495) 234-0636  
Факс: 234-0640  
E-mail: [info@prosoft.ru](mailto:info@prosoft.ru)**