



Алексей Пятницких

## Бортовые компьютеры: варианты построения готовых систем

В статье представлены готовые встраиваемые системы, выполненные в соответствии со стандартом PC/104. Рассмотрены особенности архитектуры и общие подходы к построению современных высоконадёжных бортовых компьютеров, предназначенных для мобильных применений и эксплуатации в жёстких условиях.

С момента появления в 1991 году стандарт PC/104 широко применяется при построении высоконадёжных систем для ответственных применений на транспорте, в изделиях военного назначения, в составе оборудования космических аппаратов и во многих других приложениях (управление беспилотными летательными аппаратами, бортовые системы контроля и навигации, ракетные комплексы, персональные средства коммуникации и т.д.). Большинство инженеров отдают предпочтение устройствам формата PC/104 благодаря таким их преимуществам, как малые вес и габариты, возможность быстрого конструирования всей системы и простота её изменения, механическая надёжность разъёмов и всей конструкции в целом.

Сейчас стандарт PC/104 включает в себя несколько форм-факторов: PC/104, PC/104-Plus, PCI-104, EBX и EPIC. На их базе инженеры имеют возможность создавать разнообразные системы, оптимизированные для конкретных приложений по функциональности, размеру и цене. На рынке представлен большой выбор компонентов для построения систем PC/104, таких как процессорные платы, платы расширения, коммуникационные платы, источники питания и корпуса. Однако часто при сборке систем возникают проблемы совместимости различного оборудования по электрическим, тепловым и механическим

параметрам. Поэтому в последнее время всё чаще встаёт вопрос: а нет ли готовых систем, которые отвечают определённым требованиям по производительности и функциональности, а также по стойкости к воздействиям внешних факторов, таких как изменение температуры в широких пределах, вибрации, повышенная влажность и т.д.?

Ответ на этот вопрос следует искать у ведущих производителей встраиваемых систем для жёстких условий эксплуатации — компаний Octagon Systems и RTD Embedded Technologies, которые предлагают свои решения по построению готовых бортовых компьютеров.

### CORE SYSTEMS™ — ФЛАГМАН ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Фирма Octagon Systems представляет новую линейку встраиваемых компьютеров CORE SYSTEMS™. Это полнофункциональные высокопроизводительные системы, предназначенные для задач, где необходима высокая надёжность при эксплуатации в жёстких условиях. Выпускаемые в двух исполнениях — IND-CORE™ и MIL-CORE™ — эти системы в наивысшей степени соответствуют применениям на транспорте, в изделиях военного назначения, системах безопасности, АСУ ТП. Применение в них передовых технологий и отбор компонентов по тепловым, электрическим и механическим параметрам по-

зволило добиться современного уровня производительности, высокой надёжности, возможности функционировать в широком температурном диапазоне от -40 до +85°C (верхняя граница диапазона зависит от производительности установленного процессора). Кроме того, системы способны работать при следующих механических воздействиях: удары до 30g по трём осям в соответствии со стандартом MIL-STD-202G, методика проведения испытаний 213B, условия J, и вибрации до 5g по трём осям в соответствии со стандартом MIL-STD-202G, методика проведения испытаний 214A, условия A. Компьютеры линейки CORE SYSTEMS™ могут стать надёжным «сердцем» («core») сложных систем управления.

Первым из линейки рассмотрим сервер XMB-S в исполнении IND-CORE™



Рис. 1. Мобильный сервер XMB-S



Рис. 2. Система теплоотвода в сервере ХМВ-S

(рис. 1). Он отличается оригинальным дизайном, соответствующим условиям встраиваемого применения в мобильных системах. Отбор компонентов для сервера выполняется на основе анализа значений электрических, тепловых и механических параметров по критерию обеспечения максимальной надёжности. Результатом является высокопроизводительная безвентиляторная система в защищённом исполнении.

Данный сервер специально спроектирован для работы в широком температурном диапазоне. В нём установлен процессор VIA с рабочей частотой 1 ГГц. Применение производственных процессоров позволяет построить систему, способную решать сложные задачи, однако сразу же возникают проблемы с отводом тепла. В ХМВ применена инновационная кондуктивная система охлаждения, где массивный радиатор, отводящий тепло от процессора, образует с корпусом единую систему теплоотвода (рис. 2). Такое решение позволяет получить компьютер, способный работать при температуре окружающей среды от  $-40$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ .

В относительно небольших размерах  $106,7 \times 152,4 \times 279,1$  мм (В $\times$ Ш $\times$ Д) заключена высокая функциональность: 512 Мбайт памяти, CompactFlash ёмкостью 1 Гбайт с функцией контроля ошибок, 2 порта Fast Ethernet, 4 порта USB 2.0, 2 последовательных порта, видеосистема с поддержкой плоских панелей через LVDS и 24 канала цифрового ввода-вывода. Как правило, этого набора вполне достаточно для большинства задач, однако при необходимости функциональность можно расширить посредством установки платы формата miniPCI, или до 2 плат формата PC/104 (либо PC/104-Plus), или до 4 субкомпактных модулей XBLOCK фирмы Octagon Systems. Дооснастив компьютер модемами беспроводной связи, платами видеозахвата и другими модулями, можно получить готовое решение, соответствующее высоким экс-

плуатационным требованиям, для широкого круга разнообразных мобильных применений, прежде всего в транспортной и военной сферах. При этом стойкость к механическим воздействиям (вибрации до 5g, удары до 30g) будет обеспечена использованием напаянных компонентов и принципов монтажа конструкций по стандарту PC/104.

В мобильных системах источник питания часто является «слабым звеном». В настоящее время это усугубляется тем, что современные процессорные платы требуют пять и более различных номиналов напряжения питания, которые должны подаваться в определённой последовательности. Фирма Octagon Systems имеет 20-летний опыт в разработке и производстве источников питания для мобильных применений. Установленный в ХМВ источник работает от входного напряжения 8...42 В при температуре окружающей среды от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ . Он снабжён системой защиты от импульсных помех. Кроме того, обеспечена диодная защита от неправильного подключения, а выходная цепь имеет защиту от перегрузки. Также источник питания имеет дополнительную защиту от неисправностей, которые могут произойти во время старта при низких температурах.

Применение инновационных решений, направленных на обеспечение надёжного функционирования в жёстких условиях эксплуатации, позволило серверу ХМВ-S получить награды от престижных изданий, посвящённых встраиваемым системам. По результатам исследований, проведённых журналом COTS совместно с RTC-magazine, это изделие получило премию Flagship Products Award как разработка, наиболее удачно сочетающая в себе целый комплекс технических инноваций и соответствующая требованиям оборонной промышленности.

Следующим этапом развития CORE SYSTEMS™ стал высокопроизводительный мобильный сервер RMB-S (рис. 3). В нём установлен процессор с частотой 1,5 ГГц. Применение инновационной кондуктивной системы охлаждения, где массивный радиатор, отводящий тепло от процессора, образует с корпусом единую систему теплоотвода, позволяет получить высокопроизводительную систему, работающую в широком температурном диапазоне от  $-40$  до  $+85^{\circ}\text{C}$ .

При относительно небольших габаритных размерах  $102,6 \times 170,1 \times 273,9$  мм (В $\times$ Ш $\times$ Д) сервер имеет 1 Гбайт ОЗУ с

возможностью расширения до 2 Гбайт, 1 Гбайт CompactFlash и широкий выбор стандартных интерфейсов (2 порта Fast Ethernet, 4 порта USB 2.0 на передней панели и 2 порта на плате, 2 последовательных порта RS-232/422/485, видеосистема с поддержкой плоских панелей через LVDS, аудиоинтерфейс, 2 канала IDE, 2 канала SATA и 24 канала цифрового ввода-вывода). Другие важные функции, необходимые для прикладной системы, такие как видеоввод, подключение аналоговых сигналов, беспроводная связь и GPRS, могут быть легко добавлены благодаря наличию шин расширения PC/104, PC/104-Plus и слота miniPCI. В корпус RMB-S можно дополнительно установить до 2 плат PC/104 (либо PC/104-Plus) или до 4 модулей XBLOCK. Питание системы осуществляется от современного источника с защитой от помех и перегрузок.

Основой компьютеров ХМВ и RMB является процессорная плата формата EPIC.

Фактически любой компьютер линейки CORE SYSTEMS™ – это компактная, но при том достаточно функциональная готовая система, оснащённая всеми востребованными в современных системах управления функциями ввода-вывода. При необходимости её функциональность может быть расширена с помощью стандартных плат формата PC/104. Для этого разработчикам не нужно просчитывать тепловые режимы внутри системы, организовывать кабельную разводку и т.п. – в готовой системе всё это предусмотрено и оптимизировано для получения максимальной надёжности системы в целом.

В настоящее время системы CORE SYSTEMS™ нашли широкое применение на транспорте. Например, автобусы в Лос-Анджелесе и Мадриде оснащены системами контроля за пассажирским потоком, построенными на базе бортовых компьютеров RMB и ХМВ.

Кроме стандартного исполнения IND-CORE™, компьютеры линейки



Рис. 3. Мобильный сервер RMB-S

CORE SYSTEMS™ могут выпускаться в специализированном исполнении MIL-CORE™ (рис. 4). Принципиальным отличием такого решения является использование специальных экранированных герметичных разъемов, обеспечивающих степень защиты корпуса от пыли и влаги IP67/NEMA 4x. Компьютер RMB в исполнении MIL-CORE™ устанавливается, например, на тяжёлых грузовиках, работающих в круглосуточном режиме на предприятиях по добыче угля.

### IDAN™ и HiDAN™ – ЛУЧШИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ХУДШИХ УСЛОВИЙ

Другой вариант построения встраиваемых систем предлагает фирма RTD – ведущий производитель плат в формате PC/104. В номенклатуру выпускаемых изделий данной компании входят процессорные платы, платы цифровых сигнальных процессоров, платы цифрового и аналогового ввода-вывода, периферийные и коммуникационные модули, а также источники питания.

Процессорные платы форматов PC/104 и PC/104-Plus фирмы RTD выполнены на базе процессоров Intel® Pentium® M, Intel® Celeron® M, Intel® Celeron®, AMD Geode™. Все эти платы выпускаются с напаянной памятью (Intel Pentium M и Celeron M – до 1024 Гбайт DDR, Intel Celeron – до 512 Мбайт SDRAM, AMD Geode – до 256 Мбайт SDRAM) и с установленным флэш-дискон 1 Гбайт, ёмкость которого потенциально может быть увеличена до 4 Гбайт. Обеспечение неподвижных неразъёмных соединений на паяных выводах микросхем памяти, а также использование запоминающих устройств без механических элементов во многом определяют высокую надёжность этих изделий (MTBF составляет 110 000 часов) и делают их устойчивыми к механическим воздействиям. Платы оснащены большим количеством портов ввода-вывода: Fast Ethernet, программируемые последовательные порты (RS-232/422/485), 4 порта USB 2.0, аудиоинтерфейс AC'97, видеосистема с поддержкой стандартных мониторов с интерфейсом VGA и плоских панелей с интерфейсом LVDS. Следует особо выделить эксклюзивную технологию multiPort™ компании RTD, которая позволяет конфигу-



Рис. 4. Компьютер RMB в исполнении MIL-CORE™

рировать параллельный порт как программируемый порт цифрового ввода-вывода (advanced Digital I/O – aDIO™), или параллельный порт ECP/EPP, или порт для подключения НГМД.

Специализация модулей высокопроизводительных цифровых сигнальных процессоров – повышение скорости выполнения сложных математических операций и освобождение центрального процессора для решения других задач. Кроме того, эти модули могут работать самостоятельно, используя флэш-память для хранения программы, что позволяет снизить стоимость и энергопотребление систем в целом. Все модули цифровых сигнальных процессоров фирмы RTD построены на базе процессоров Texas Instruments и программируются с помощью C/C++, используя библиотеки Texas Instruments Code Composer Studio и RTD dspFramework™. Фирма предлагает модули двух конфигураций: сопроцессор (серия SPM17643) в формате PC/104-Plus с проходным разъемом ISA и акселератор (серия SPM18642) в формате PCI-104 с шиной PlatformBus для пря-



Рис. 5. Система IDAN™

мого подключения плат к модулю цифрового сигнального процессора.

Высокоинтегрированные платы аналогового интерфейса фирмы RTD характеризуются наличием автокалибровки аналоговых каналов, выполненной на базе цифровых сигнальных процессоров Texas Instruments TMS320C2812. Эта функция обеспечивает максимальную точность измерения в полном диа-

пазоне рабочих температур. Процесс калибровки осуществляется менее чем за 300 мс, при этом обеспечивается точность измерений  $\pm 1/2$  LSB (младшего разряда) для всех диапазонов. Параметры калибровки хранятся в ППЗУ и активизируются автоматически при подаче питания на плату. Широкие функциональные возможности, предоставляемые платами аналогового интерфейса, определяются разрешением 12 бит, частотой до 1250000 выборок/с, интегрированным цифровым вводом-выводом. Наличие шины SyncBus позволяет организовать совместную работу нескольких плат аналогового интерфейса и модулей цифровых сигнальных процессоров. Платы предназначены для работы в широком температурном диапазоне от –40 до +85°C.

Коммуникационные модули фирмы RTD отличаются высокой степенью интеграции и широким применением современных технологий. Наличие модулей Ethernet, высокоскоростной передачи данных по оптическому кабелю, USB 2.0, CAN-интерфейса, последовательных портов (до 8 портов в модуле), интерфейса FireWire, GSM, GPS и WLAN позволяет проектировать системы, решающие широкий спектр задач.

Номенклатура изделий, выпускаемых фирмой RTD, предоставляет большой выбор источников питания. Прежде всего, это специализированные модули для авионики, сертифицированные по MIL-STD-704 и MIL-STD-461, а также изолированные модули и стандартные модули общего назначения для систем формата PC/104, PC/104-Plus и PCI-104. Помимо этого RTD предлагает модули бесперебойного питания для организации надёжной работы встраиваемых систем. Применение технологии поверхностного монтажа позволяет производить низкопрофильные источники питания с повышенными показателями по ударопрочности и вибростойкости. Все источники имеют встроенную функцию дистанционного включения/выключения.

На базе представленной продукции фирмы RTD и строятся готовые системы IDAN™ (Intelligent Data Acquisition Node – интеллектуальный узел сбора данных) и HiDAN™ (High reliability Data Acquisition Node – высоконадёжный интеллектуальный узел сбора данных).

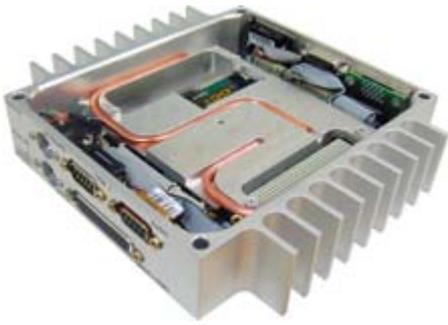


Рис. 6. Система кондуктивного охлаждения с отводом тепла по медным трубкам на корпус

IDAN™ – стандартная готовая система, основанная на применении плат формата PC/104, PC/104-Plus и PCI-104, смонтированных в алюминиевом каркасе (рис. 5). Подключения осуществляются стандартными компьютерными разъёмами, установленными на каркасе.

При стандартном подходе к построению систем на базе плат формата PC/104 все необходимые платы (процессорная, ввода-вывода, коммуникационные и т.д.) собираются в «этажерку». Далее эта «этажерка» помещается в корпус, где надо будет произвести кабельную разводку, рассчитать тепловые параметры системы и т.д. Одним из главных недостатков такого решения является сложность при модернизации и обслуживании системы.

В отличие от стандартного подхода, для построения систем IDAN™ используется другое решение. Каждая плата будущей системы помещается в специально рассчитанный для неё фрезерованный алюминиевый каркас. Форма каркаса рассчитывается из соображений обеспечения необходимого теплоотвода и минимизации кабельной разводки. Таким образом получаем «кирпичики», на базе которых и собирается система. При таком подходе система быстро и легко собирается и разбирается, что ускоряет и облегчает процесс её технического обслуживания и модернизации.



Рис. 7. Система HiDAN™

Использование плат, выполненных на базе процессоров Pentium M с частотой до 1,4 ГГц, позволяет строить производительные системы, но при этом остро встаёт вопрос об отводе выделяемого тепла. В системах IDAN™ применена кондуктивная система охлаждения, в которой тепло с помощью медных трубок отводится на корпус (рис. 6). Такое решение позволяет получать высоконадёжные и производительные системы, работающие в широком температурном диапазоне от –40 до +85°C.

Перечислим основные особенности систем IDAN™:

- широкий выбор процессорных плат и плат расширения;
- фрезерованный алюминиевый каркас для каждой платы;
- теплоотвод на стенки корпуса встроенными медными трубками;
- быстрая сборка и замена модулей;
- стандартные компьютерные разъёмы;
- диапазон рабочих температур от –40 до +85°C;
- виброгасящая платформа;
- размеры в сечении 130×152 мм.

Система HiDAN™ выпускается в защищённом водонепроницаемом корпусе (рис. 7). Применение водонепроницаемого изоляционного материала, экранирующих поверхностей особой конструкции и специальных разъёмов позволяет получить систему, соответствующую жёстким условиям эксплуатации.

В отличие от IDAN™, в основе HiDAN™ лежит стандартная концепция построения систем PC/104, только процессорная плата закладывается в каркас. В конструкции используются не стандартные компьютерные разъёмы, а специальные герметичные разъёмы, экранированные от воздействия электромагнитных помех. Заказчик сам задаёт необходимое количество и тип разъёмов, а также схему кабельной разводки от платы до разъёмов. Платы расширения собираются в «этажерку», подключаются к процессорной плате и интегрируются с системой охлаждения (рис. 8).

Системы HiDAN™ являются заказными решениями, перед построением которых с заказчиком оговаривается, какие разъёмы надо использовать, какая будет кабельная разводка, что включить в перечень необходимых ис-

пытаний и т.д. При этом каждая такая система конфигурируется заказчиком на основе изделий из номенклатуры фирмы RTD.

Как и IDAN™, системы HiDAN™ имеют виброгасящую платформу, теплоотвод на стенки корпуса встроенными медными трубками и диапазон рабочих температур от –40 до +85°C. Вместе с тем они отличаются рядом существенных особенностей:

- задаваемые заказчиком
  - конфигурация системы,
  - кабельная разводка внутри корпуса,
  - монтажные опции;
- разъёмы, соответствующие MIL-C-38999;
- экранированный водонепроницаемый корпус;
- крепление всех модулей расширения к каркасу процессорной платы;
- фрезерованный алюминиевый каркас с экранированными герметичными разъёмами;
- размеры в сечении 130×160 мм.

### ГЛАВНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ГОТОВЫХ СИСТЕМ

Производители оборудования стандарта PC/104 предлагают не только широкий ассортимент изделий для системной интеграции, но и большой выбор готовых решений «под ключ». Заказчик получает готовую систему, полностью соответствующую требованиям как по функциональности, так и по надёжности для эксплуатации в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов (перепады температур, удары, вибрация, повышенная влажность, ЭМИ и т.д.), характерных для применений на транспорте, в системах военного назначения, в мобильном оборудовании, в средствах связи и т.п. ●

Автор – сотрудник фирмы

**ПРОСОФТ**

Телефон: (495) 234-0636

E-mail: info@prosoft.ru



Рис. 8. Элементы конструкции системы HiDAN™