



Константин Кругляк

Одноплатные компьютеры для встраиваемых систем

В статье рассматриваются критерии выбора серийно выпускаемых аппаратных средств, предназначенных для создания вычислительных систем во встраиваемых приложениях. Проводится обзор современных стандартов в этой области. Изложение материала сопровождается примерами изделий фирм Advantech, Diamond Systems, Lippert, Fastwel и Octagon Systems.



Компьютер на ладони (SOM-144)

ВВЕДЕНИЕ

Термин «встраиваемая система» сам по себе достаточно расплывчат и нуждается в некоторых пояснениях. В данной статье речь пойдет о приложениях, которые требуют управляющего ядра в виде микропроцессорной системы достаточно большой вычислительной мощности, компактного размера, малого энергопотребления, высокой надёжности, с поддержкой большого числа интерфейсов. Сразу оговоримся, что далее речь будет идти только о серийно выпускаемых изделиях: создание уникальных систем, существующих в единичных экземплярах, требует слишком больших ресурсов и времени, чтобы эта тема была интересна широкому кругу читателей.

На сегодняшний день наиболее характерными примерами областей, где по-

стоянно востребованы встраиваемые системы, являются:

- промышленная автоматизация,
- измерительная техника и приборостроение,
- медицина,
- авиация,
- наземный транспорт,
- торговля,
- индустрия развлечений,
- телекоммуникации,
- мобильные и портативные устройства.

Приведенная совокупность требований к управляющему ядру заставляет разработчиков конечных систем искать высокоинтегрированные микропроцессорные решения, реализованные на одной печатной плате. Двадцать пять лет назад сама мысль о возможности существования уместяющегося на ладони компьютера была невозможной: уровень развития аппаратных средств не позволял мечтать о возможности реализации в компактном конструктиве даже базовых функций ЭВМ, не говоря уже о дополнительных устройствах и интерфейсах, требующихся в том или ином приложении. Соответственно, все усилия системных интеграторов в то время были направлены на создание «с нуля» уникальных систем для каждого проекта, что приводило к большим финансовым и ресурсным затратам, а также несовместимости

разных технических решений между собой.

Сейчас ситуация изменилась радикально. Успехи микропроцессорной индустрии позволяют достичь миниатюризации в невиданных ранее масштабах. Речь идет уже не об одноплатных, а даже об однокристалльных решениях. Появление большого числа межотраслевых стандартов и выполненных в соответствии с ними устройств открывает перед системными интеграторами эффективный путь построения открытых, расширяемых и конкурентоспособных встраиваемых систем, путь к рынку которых может быть сокращён до минимума за счет сосредоточения усилий специалистов только на специфических для конкретного приложения вопросах. Для предприятий уже нет необходимости иметь собственное производство, способное заключить вычислительную систему в «железо», — можно воспользоваться стандартными конструктивами, а также большой номенклатурой соединителей для любого количества сигнальных цепей. Развитие технологии твердотельных запоминающих устройств дает возможность отказаться от накопителей, содержащих движущиеся части, многократно повышая тем самым надёжность встраиваемых систем.

Указанные тенденции привели к появлению на рынке большого сегмента одноплатных компьютеров (Single

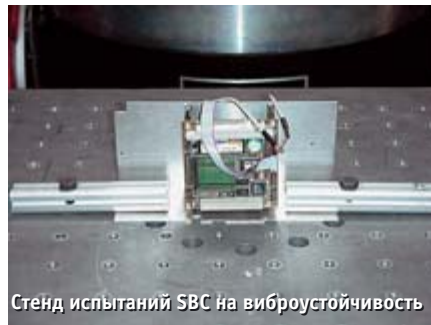
Board Computer — SBC), имеющих на одной плате процессор, оперативную и постоянную память, устройства ввода-вывода. В связи с тем что разные задачи требуют разной вычислительной мощности и различного набора интерфейсов, фирмы-производители стараются выпускать большое количество модификаций одноплатных компьютеров, а также снабжать их стандартными шинами расширения для наращивания функциональных возможностей. Крупным OEM-заказчиком фирмы-производители предлагают услуги по созданию пользовательских конфигураций для выполнения специальных задач или с целью удешевления конечной продукции. Возникновение сегмента SBC позволило радикально ускорить появление новых изделий для вертикальных рынков, поскольку предоставляло системным интеграторам готовые и достаточно дешёвые платформы для создания готовой продукции различных видов, ориентированной на конкретные приложения. Важным моментом является то, что поставляемые на рынок SBC являются «коробочными» изделиями, используемыми во многих сферах. Это обстоятельство, а также стандартизация основных системных решений дает покупателю известные гарантии надёжности и работоспособности, снимает необходимость проведения работ по тестированию большей части функций. Системным интеграторам остается только написать специальное программное обеспечение и при необходимости дополнить SBC набором требуемых интерфейсов.

Таким образом, основное назначение SBC можно сформулировать следующим образом: это универсальное стандартизованное микропроцессорное решение, легко адаптируемое (тем или иным способом) для решения конкретной задачи. Именно такие SBC являются вычислительным ядром большинства встраиваемых систем в настоящее время, и именно их характеристикам посвящена данная статья.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К SBC

Рассмотрим подробнее основные требования, которые следует принимать во внимание при выборе вычислительного ядра встраиваемой системы. Для российских условий особую актуальность имеют условия эксплуатации, в которых устройству придется работать. Экономичность, производи-

тельность и наличие многочисленных интерфейсов в SBC ничего не будут означать для конечного пользователя, если эта плата не способна работать в требуемом диапазоне температур или не выдержит вибрационных нагрузок при мобильном применении. Поэтому особую нишу на рынке встраиваемых систем занимают SBC для жёстких условий эксплуатации, под которыми обычно понимают «индустриальный» диапазон температур ($-40...+85^{\circ}\text{C}$) и сильные механические воздействия (удары и вибрации до нескольких g). Как правило, эти факторы мало учитываются или совсем не принимаются во внимание при разработке обычных (офисных) ПК, что объясняется превалированием ценового критерия, а также совершенно иными условиями эксплуатации и стоящими перед процессорным модулем задачами.



Стенд испытаний SBC на виброустойчивость

- **Размер** играет важную роль практически во всех случаях, но критичен в основном для мобильных применений, особенно в авионике. Определяется форм-фактором и количеством плат расширения.
- **Энергопотребление** тесно связано с допустимым верхним пределом диапазона рабочих температур. Для жёстких условий эксплуатации важным фактором является возможность автоматического понижения тактовой частоты процессора при возникновении опасности перегрева. Для мобильных применений энергопотребление должно адекватно соотноситься с ёмкостью используемых аккумуляторов.
- **Устойчивость к механическим воздействиям** — важнейшее требование при эксплуатации изделия в промышленности и на транспорте. Преимущество по этой позиции получают системы, имеющие максимальное количество компонентов, питаемых на плату, и минимальное количество соединительных разъёмов, чувствительных к ударам или вибрации. Даже при наличии небольших вибра-

ций желательно применять только твердотельную память вместо стандартных механических жёстких дисков.

- **Возможность эксплуатации в широком температурном диапазоне.** Допустимый нижний предел наиболее актуален для устройств, работающих на улице или в помещениях с неустойчивым энергоснабжением. Впрочем, всегда можно рассмотреть вариант с резервным источником питания и нагревателем, управляемым от простейшего термостата.
- **Устойчивость к электромагнитным помехам** очень актуальна при эксплуатации устройств вблизи генераторов, моторов и иных источников сильных электромагнитных полей и электростатических разрядов. Также важно подбирать адекватный источник питания, не дающий сильных переходных выбросов при включении и отключении; в противном случае он может стать причиной нестабильного запуска системы.
- **Надёжность, ремонтпригодность и среднее время безотказной работы.** Оценка параметров надёжности с целью определения возможности применения изделия в ответственных приложениях требует проведения расчетов MTBF (Mean Time Between Failures) по методикам MIL-HDBK-217 или испытаний в соответствии с методиками HALT/HASS (Highly Accelerated Life Testing/ Highly Accelerated Stress Screening). Большое влияние на оценку ремонтпригодности оказывают конструктивные особенности системы, позволяющие (или не позволяющие) производить быструю замену вышедших из строя компонентов. Этот параметр носит название MTTR (Mean Time To Repair).
- **Гибкость** — возможность наращивания и варьирования функций конечной системы путем комплексирования SBC с платами расширения чрезвычайно важна в системах с широким спектром задач. Специфика встраиваемых приложений проявляется в том, что, кроме привычных пассивных объединительных плат, здесь также применяются мезонинные решения, позволяющие значительно экономить место и в то же время сохранять ударо- и виброустойчивость конструкции. Чем шире выбор серийно выпускаемых плат расширения, тем больше возможно-

стей у системного интегратора создать на базе одного SBC целую гамму систем для конечных пользователей. В условиях современного постоянно меняющегося рынка гибкость является одним из основных критериев выбора SBC, поскольку дает возможность быстрой адаптации к новым требованиям пользователей.

- **Возможность upgrade** — улучшения в будущем основных характеристик вычислительного ядра (производительность, ёмкость ОЗУ или накопителя и т.д.). Актуально для приложений, где нагрузка на SBC может со временем повышаться, например за счет подключения дополнительных каналов поступления информации или применения иного, более требовательного к ресурсам программного обеспечения. Ситуация на многих вертикальных рынках (например, индустрия компьютерных развлечений) именно такова. Если возможность upgrade в системе не предусмотрена, то пользователь в самом ближайшем будущем рискует либо серьёзными затратами на полную замену оборудования либо потерей конкурентоспособности. Перспективным решением этой проблемы можно



считать рассматриваемый далее подход «система на модуле».

ИВМ РС СОВМЕСТИМОСТЬ — СТРАТЕГИЯ УСПЕХА

Многим специалистам может показаться странным заголовок этого раздела, поскольку архитектура ИВМ РС не является ни наиболее продвинутой, ни наиболее эффективной в мире вычислительной техники. Тем не менее именно это направление приобрело в последние годы огромный размах, отодвинув во многих областях на зад-

ний план даже решения на традиционных платформах Z80, 68HC11, 8051 и аналогичных им. Почему это произошло, и является ли данная тенденция устойчивой? Для ответа на этот вопрос необходимо взглянуть на проблему немного шире, признав, что применение того или иного процессора в совокупности с его периферийной «обвязкой» является не самоцелью для разработчика встраиваемых систем, а лишь средством для получения решения, минимизирующим риск, стоимость и время разработки системы в целом.

Такой подход к вопросу сразу высвечивает целый ряд факторов, свидетельствующих в пользу применения ИВМ РС совместимых решений.

Во-первых, это широкая доступность и низкая цена всех аппаратных компонентов. На аппаратном уровне ни один стандарт сегодня не может конкурировать с архитектурой ИВМ РС по степени распространённости. Количество компьютеров, отвечающих этому стандарту, в мире исчисляется сотнями миллионов, и ежедневно их парк пополняется на пару сотен тысяч экземпляров. Подобная популярность действует на рынок как особый фактор, стимулируя развитие целых секто-

ров экономики. В число IBM PC совместимых стремятся попасть не только процессоры, чипсеты и интерфейсные модули, но и накопители, периферийные устройства, дисплеи и т.д. Высокая конкуренция на этом рынке дает системным интеграторам гарантии широкого выбора максимально экономичных решений.

Во-вторых, большое количество стандартных интерфейсов и совместимой с ними периферии.

В-третьих, наличие длинного перечня совместимых с аппаратной частью операционных систем самого разного «калибра», от DOS до Windows XP, от Linux до VxWorks. Среди этого «зоопарка» системный интегратор всегда найдет среду с необходимыми именно для его приложения свойствами, будь то дружественный интерфейс или минимальный объём, стоимость или обеспечение реального времени выполнения задач. Не менее серьезным фактором во многих случаях становится возможность безболезненного переноса наработанного ранее пользователем программного обеспечения «внутри» конечного изделия. Прежде всего, разумеется, здесь идет речь о семействе ОС Windows, поддержка которого со стороны SBC позволяет говорить практически о полностью «коробочном» решении. Мощное воздействие на этот процесс оказывает доминирование Wintel-конфигураций в секторе офисных компьютеров и средств разработки. Появление специальных версий для встраиваемых приложений среди последних ОС Windows показывает понимание компанией Microsoft перспективности этого рынка и готовность поддержать системных интеграторов.

В-четвертых, мощная инструментальная поддержка и целая армия программистов, работающих с архитектурой IBM PC. Средства разработки в этой области столь широко распространены и столь хорошо известны, что необходимое программное обеспечение может быть разработано в минимальные сроки и с минимальными затратами. Применение же специализированного микропроцессора влечет за собой необходимость использования целой гаммы узкопрофильных средств разработки, включающих эмуляторы, компиляторы и т.п. Как правило, такой инструментарий имеет значительную стоимость и требует времени на освоение специалистами группы разработки. Возникают проблемы и в ситуаци-

ях, когда компания одновременно с продвижением нового изделия вынуждена поддерживать старые разработки, основанные на иных аппаратных и программных средствах. Переключение с одного инструментария на другой снижает эффективность труда специалистов и может приводить к многочисленным ошибкам при проектировании. Экстенсивный же путь решения вопроса путем увеличения штата узкоспециализированных работников приводит к увеличению непроизводительных расходов и кадровой зависимости проекта.

Объём уже разработанного программного обеспечения для IBM PC — библиотек, прикладных программ, операционных систем, большая часть которого бесплатна или условно бесплатна, — просто не поддается исчислению. Огромное количество технической и справочной литературы, большая часть которой свободно распространяется по Интернет, делает подготовку и переподготовку специалистов несложным делом, зависящим главным образом от их собственного желания быть на «переднем крае» технологии.

Таким образом, следование по пути использования IBM PC совместимых

решений позволяет перейти к применению стандартизованных компонентов на всех уровнях аппаратных и программных средств во встраиваемых системах практически любого типа, что гарантирует системным интеграторам значительную экономию времени, денег и иных ресурсов как на этапе разработки, так и на этапе эксплуатации и развития. Результат — значительное сокращение стоимости конечного изделия и более быстрый его путь до потребителя, что, в конечном счете, и определяет успех проекта в конкурентной борьбе. Вот почему архитектура IBM PC завоёвывает рынок встраиваемых систем.

ФОРМ-ФАКТОРЫ ОДНОПЛАТНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Одной из нелёгких задач, стоящих перед разработчиками встраиваемых систем, сегодня является необходимость выбора конкретного SBC, поскольку количество одних только конструктивных стандартов вызывает у системных интеграторов непреходящую головную боль. Необходимость учёта самых разных факторов от стоимости до устойчивости к внешним воз-

действиям требует хорошей ориентации в современных тенденциях развития рынка SBC и определения основных критериев выбора изделий для конкретного приложения. Неадекватный выбор вычислительного ядра для встраиваемой системы может привести к увеличению времени создания конечной системы, дополнительным финансовым затратам или даже поставить под угрозу проект в целом.

Так как термин «встраиваемые системы» подразумевает прежде всего компактность конечного изделия, то кратко остановимся на характеристиках соответствующих конструктивных стандартов (далее некоторые из них рассмотрены подробнее).

- **PC/104** — один из наиболее компактных форм-факторов. Линейные размеры стандартной платы всего 90×96 мм. Платы объединяются по принципу этажерки с шагом 15 мм. Крепление элементов этажерки осуществляется четырьмя угловыми монтажными стойками. Кроме того,



Примеры SBC различных форм-факторов

дополнительным механическим соединителем служат проходные разъемы шины PC/104. Электрически и логически шина PC/104 аналогична стандартной шине ISA.

- **PC/104+** полностью идентичен PC/104 по размерам, но имеет дополнительную проходную шину, электрически и логически аналогичную стандартной шине PCI.
- **MicroPC** — форм-фактор, предложенный в 1990 году фирмой Octagon Systems. Платы имеют размер 114×124 мм и ножевой разъем, идентичный 8-разрядной шине ISA.
- **3,5"** — форм-фактор, соответствующий размеру стандартного 3,5-дюймового дискового накопителя (148×95 мм). Как правило, платы

этого стандарта могут наращиваться модулями PC/104.

- **5,25"** — форм-фактор, соответствующий размеру стандартного 5-дюймового дискового накопителя (203×145 мм). Как правило, платы этого стандарта могут наращиваться модулями PC/104 или PC/104+.
- **EBX** практически идентичен предыдущему форм-фактору (203×146 мм), но имеет иное расположение крепежных отверстий и обязательно поддерживает PC/104+.

Кроме указанных, часто можно встретить упоминания о форм-факторах Flex ATX (229×191 мм), LPX (235×220 мм), Micro ATX (244×244 мм), Mini ATX (284×208 мм). SBC таких размеров применяются, например, в торговых терминалах, и в данной статье не рассматриваются.

Также в качестве форм-фактора встраиваемых систем зачастую рассматриваются так называемые системы на модуле (SOM), например, SOM-ETX (111×92 мм) и SOM-144 (101×67 мм). В принципе, это справедливо, так как основное назначение этих процессорных модулей — именно встраиваемые системы. Однако в подавляющем большинстве случаев они конструктивно



Рис. 1. Процессорная плата CPU686EC-104 в стандарте PC/104 с интерфейсами Ethernet и CAN фирмы Fastwel

устанавливаются на специально разработанную базовую плату, несущую на себе периферийные соединители и дополнительные устройства, поэтому SOM следует рассматривать, скорее, как технологию для OEM-производителей, а не как самостоятельный форм-фактор, тем более что степень стандартизации в этой области на сегодняшний день невелика.

PC/104

Название стандарта расшифровывается очень просто: оно состоит из двух частей, первая из которых подчеркивает IBM PC совместимость, а вторая сообщает количество контактов шины. Этот форм-фактор является достаточно популярным, поскольку позволяет системным интеграторам эффективно удовлетворять в рамках одного стандарта большинство предъявляемых к встраиваемым системам требований (см. начало статьи). Наличие большого количества процессорных плат и плат ввода-вывода, отвечающих этому стандарту, расширяет возможности разработчиков по комплектации «коробочного» решения. Системы этого стандарта отличаются простой конструкцией и достаточно высокой степенью устойчивости к внешним воздействиям. Поэтому особенно популярны устройства PC/104 в авиации, военных приложениях и на транспорте. Второй принципиальный фактор, обеспечивший PC/104 широкое распространение, — это совместимость с технологией обычных офисных компьютеров (IBM PC) как на аппаратном, так и на программном уровне; шины, используемые устройствами стандарта PC/104, электрически и логически в

основном аналогичны стандартным ISA и PCI (PC/104+).

С точки зрения ремонта (MTTR) и обслуживания, этажерочную конструкцию PC/104 нельзя назвать удачной. Поэтому PC/104 применяется в основном в необслуживаемых системах, бортовой аппаратуре и т.п.

Впервые платы PC/104 появились на рынке в 1987 году, и уже через пять лет в 1992 году была выпущена первая открытая редакция соответствующих спецификаций.

Несмотря на то что PC/104 не удалось сделать стандартом IEEE, существует большое количество компаний, поддерживающих PC/104 и выпускающих широкую номенклатуру плат в этом форм-факторе.

Подробная техническая информация по PC/104 уже публиковалась в журнале «СТА», поэтому остановимся на нескольких изделиях, которые могут оказаться интересными отечественным разработчикам.

- Prometheus фирмы Diamond Systems — рабочий диапазон температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$, процессор производительностью DX4 100 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, комплектуется модулем УСО и стандартным конструктивом (см. далее). Отличается высокой степенью функциональной интеграции и программной поддержкой ОС Linux;
- экономичная версия предыдущей платы Prometheus-LC за счет сокращённого набора аппаратных компонентов на плате имеет энергопотребление не более 2 Вт. Отличное решение для автономных систем без развитого операторского интерфейса с питанием от аккумуляторных батарей;
- серия Cool RoadRunner III фирмы Lippert — процессор Intel ULV Celeron 400/650 МГц или Pentium-M 800/933 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, видеосистема SXGA, поддержка LVDS, ТВ-выход, PC/104+. Рекомендуются для задач, где требуется высокая производительность и развитый интерфейс оператора;
- серия Cool SpaceRunner фирмы Lippert — рабочий диапазон температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$, процессор Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, все компоненты питаются на плату. Плата для эксплуатации в условиях повышенных механических нагрузок;
- PCM-3350 фирмы Advantech — экономичная модель на процессоре

Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, видеоинтерфейс с ЭЛТ- и ЖК-дисплеями. Решение для большинства встраиваемых систем с небольшим бюджетом, стандартным набором функций и нормальными условиями эксплуатации;

- CPU686EC-104 (рис. 1) фирмы Fastwel — рабочий диапазон температур $-40...+85^{\circ}\text{C}$, процессор Geode 300 МГц, Ethernet 10/100 Мбит/с, два канала промышленной сети стандарта CAN, видеоинтерфейс с ЭЛТ- и ЖК-дисплеями. Решение для встраиваемых систем в АСУ ТП, требующих высокой надежности (имеется возможность резервирования каналов обмена с периферией), работы в режиме реального времени и в жестких условиях эксплуатации.

Для создания законченного решения, кроме вычислительного ядра, необходим конструктив, соответствующий выбранному форм-фактору. В качестве наиболее успешного и универсального решения для PC/104 можно отметить серию защитных корпусов Can-Tainer/Pandora фирмы Diamond Systems (рис. 2).



Рис. 2. Семейство конструктивов Pandora

Сами корпуса этой серии и торцевые крышки к ним изготовлены из алюминия толщиной 3 мм и снабжены двойной защитой от ударов и вибрации, что позволяет их использовать в самых неблагоприятных условиях эксплуатации. Платы PC/104 располагаются по вертикальной оси корпуса, опираясь на продольно расположенные с внутренней стороны корпуса четыре угловых резиновых рельса, гасящих высокочастотные вибрации. Сам корпус располагается на специальной базе с толстым резиновым демпфером, гасящим удары и низкочастотные вибрационные воздействия (рис. 3).

Каждый корпус снабжается комплектом торцевых крышек с прокладками, обеспечивающими полную пылевлагозащиту. В комплект входят крышки с вырезами под стан-

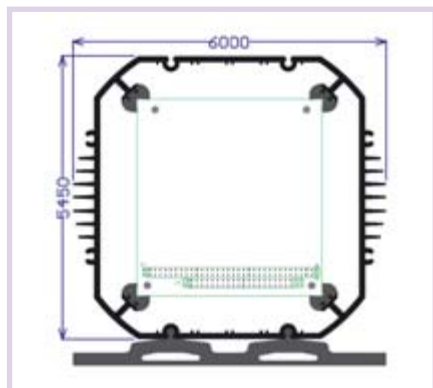


Рис. 3. Корпус Can-Tainer в разрезе

дартные соединители DB9/DB25 и «глухие» крышки для обеспечения герметичности или для изготовления пользователем отверстий под нестандартные соединители. Корпуса Can-Tainer выпускаются разных размеров с длиной от 4 до 12 дюймов. При необходимости включения в состав системы элементов, не отвечающих конструктивному стандарту PC/104, Can-Tainer может быть укомплектован специальными монтажными платами.

MicroPC

Форм-фактор MicroPC изначально создавался для систем, работающих в

жёстких условиях эксплуатации — в промышленном температурном диапазоне $-40...+85^{\circ}\text{C}$ и при высоком уровне механических воздействий (ускорение $5g$ при вибрации и $20g$ при ударе). Отсюда целый ряд особенностей, позволивших изделиям этой серии занять существенную долю рынка в промышленной автоматизации, на транспорте, в авиации и во многих других областях. Прежде всего это специальные монтажные каркасы с пассивной объединительной панелью на задней стенке, направляющих рельсах сверху и снизу и специальными планками с лицевой стороны, обеспечивающие надёжную четырехточечную схему крепления. Широкий спектр каркасов, выпускаемых фирмами Octagon Systems и Fastwel, даёт возможность объединять от 2 до 12 плат MicroPC.

При этом процессорные платы MicroPC (рис. 4) могут использоваться и автономно, для чего предусмотрены монтажные отверстия в углах печатной платы и клемма для подвода внешнего питания. Кроме того, в системах, содержащих до 3 плат MicroPC, можно вообще обойтись без монтажного каркаса, komponя систему в виде этажер-

ки, аналогичной PC/104. Роль системной шины в этом случае выполняет гибкий плоский кабель с наколками разъёмами. Помимо компактности, такая конструкция имеет важное преимущество при отладке и испытаниях — при включённом питании можно получить свободный доступ к находящимся на платах компонентам.

Платы MicroPC полностью совместимы по физическим и электрическим параметрам с шиной ISA. Это позволяет разработчикам отлаживать программное обеспечение на обычном настольном ПК. Сегодня уже не так просто найти обычный компьютер с материнской платой, поддерживающей шину ISA, однако в случае необходимости можно использовать промышленный ПК, например фирмы Advantech.

Дополнительную виброустойчивость системам на базе MicroPC придаёт продуманная система организации связи с внешними устройствами. Разъёмы устанавливаются перпендикулярно плоскости плат и обладают функцией фиксации ответных частей. Благодаря этому каркасы MicroPC могут применяться в бортовых системах управления, монтироваться в непосред-

ственной близости от источников вибрации и даже непосредственно на промышленных агрегатах.

Кроме конструктивных особенностей, надёжность систем на базе MicroPC обеспечивается высоким технологическим и организационным уровнем предприятий-производителей этих изделий. Так, две наиболее известные российскому потребителю компании, работающие с этим форм-фактором, — Octagon Systems и Fastwel — прошли сертификацию на соответствие стандарту ISO 9001. ISO 9001 — это международный стандарт качества, покрывающий все стадии жизненного цикла продукции, от разработки и производства до доставки и технического сопровождения. Наиболее наглядным свидетельством высокого качества конечных изделий является гарантийный срок на изделия MicroPC — 3 года, а среднее время наработки на отказ (MTBF) для большинства плат превышает 11 лет. Модули MicroPC успешно применялись в экстремальных условиях, в том числе на объектах ядерной энергетики и на борту космических кораблей Space Shuttle и международной космической станции.

BISCUIT — УНИВЕРСАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ (EBX, 5,25", 3,5")

В отличие от процессорных модулей PC/104, выбор которых в большинстве случаев подразумевает применение модулей расширения и образование многослойной этажерки, серия SBC Biscuit фирмы Advantech являет собой классическое воплощение подхода «все в одном». Если необходимо действительно одноплатное решение, в прайс-листе фирмы Advantech системный интегратор всегда найдет модель, максимально точно и экономно укладывающуюся в спецификацию его приложения. По номенклатуре изделий стандартов 3,5"/5,25"/EBX фирме Advantech, пожалуй, нет равных — в сериях PCM-95xx, PCM-93xx, PCM-58xx и PCM-48xx насчитывается более 50 моделей! Большинство плат имеет несколько штатно выпускаемых модификаций, как правило, без сетевого интерфейса для автономно функционирующих систем и без видеоинтерфейса для приложений, не требующих диалога с оператором; это даёт возможность выбрать максимально экономичный вариант, что очень важно для тиражируемых решений. Применение современных на-



Рис. 4. Одноплатный компьютер в формате MicroPC с интерфейсом Ethernet фирмы Fastwel

боров микросхем позволило производителю объединить на одной плате, помимо процессора и оперативной памяти, все стандартные интерфейсы, используемые в персональном компьютере (ПК):

- контроллеры НГМД и НЖМД (IDE),
- видеоинтерфейс,
- сетевой интерфейс Ethernet,
- аудиоинтерфейс,
- интерфейс клавиатуры и мыши PS/2,
- последовательные/параллельный/инфракрасный порты,
- порты USB,
- розетки для установки твердотельного диска DiskOnChip или CompactFlash.

Кроме того, на тех же самых платах Biscuit разработчики встраиваемой системы найдут и такие более специфические атрибуты, как

- поддержка плоских панелей TFT,
- ТВ-вход и ТВ-выход,
- LVDS,
- порт цифрового ввода-вывода.

Как видно из приведенного перечня, наличие у SBC серии Biscuit той или иной шины расширения (PC/104, PC/104+, PCI или miniPCI) является скорее страховкой на случай необходимости применения во встраиваемой системе какой-либо дополнительной интерфейсной платы.

Два основных размера плат серии Biscuit соответствуют размерам наиболее популярных накопителей для ПК: 145×102 мм (3,5") и 203×146 мм (5,25"). Наряду с SBC форм-фактора 5,25" Advantech производит несколько моделей (например PCM-9572/9550) в стандарте EBX, предложенном в своё время компанией Ampro Computers. Конструктивные отличия плат этих двух форм-факторов минимальны, но стан-

дарт EBX подразумевает наличие разъёма PC/104+, в то время как SBC 5,25" имеют, как правило, шину расширения PC/104. Разумеется, большие по сравнению с Biscuit 3,5" линейные размеры модулей форм-фактора 5,25" позволяют размещать на плате большее количество интерфейсов и устанавливать более мощные процессоры, поэтому данная линейка в основном ориентирована на сложные задачи, требующие высокой производительности, а изделия форм-фактора 3,5" предназначены для задач с более жёсткими конструктивными ограничениями и меньшими требованиями к вычислительной мощности.

Почти все платы Advantech работают в диапазоне температур от 0 до +60°C. В последнее время фирма стала уделять больше внимания выпуску вычислительных систем для неблагоприятных температурных условий, внедрив программу климатических испытаний Phoenix. Результатом стало появление нескольких моделей, функционирующих при температуре от -20°C. Однако для российских условий эксплуатации лучше выбирать платы EBX фирмы Octagon Systems с рабочей температурой от -40 до +80°C (рис. 5). Эти изделия отличаются высокой надёжностью, проверенной в многочисленных промышленных, военных и даже космических приложениях.

Можно выделить несколько основных групп SBC фирмы Advantech, выполненных в форм-факторе 3,5". Прежде всего это наиболее экономичные (стоимостью до \$300) платы PCM-4823/4825 с предустановленным процессором 486 DX4 100 МГц или DX5 133 МГц. Несмотря на то что процессоры 486 уже давно стали архаикой для офисных систем, их мощности вполне достаточно для широкого спектра задач, характерных для встраиваемых систем. Наличие сетевого и видеоинтерфейса с поддержкой плоских панелей делает эти



Рис. 5. Внешний вид одноплатного компьютера PC-600 фирмы Octagon Systems



Рис. 6. Внешний вид одноплатного компьютера PCM-5825 Advantech

модели отличными «рабочими лошадками» для многих приложений с ограниченным бюджетом. Возможность установки твердотельного диска DiskOnChip ёмкостью до 1 Гбайт позволяет проектировать высоконадёжные системы, оперирующие большими объёмами данных. Наличие на плате последовательного порта RS-232/422/485 обеспечивает плату надёжной связью с другими компьютерами на расстоянии более 1 км. Многих системных интеграторов смущает использование в указанных моделях процессоров 486 и модулей оперативной памяти SIMM, однако Advantech в силу особых отношений с фирмами-производителями гарантирует доступность всех комплектующих в течение длительного времени.

Технологии, однако, не стоят на месте, и более современным и производительным вариантом на сегодняшний день являются, несомненно, одноплатные компьютеры PCM-5820/5822/5823/5824/5825 (рис. 6) с процессором Geode фирмы National Semiconductor (табл. 1). Этот процессор в настоящее время применяется очень широко практически всеми изготовителями плат благодаря отличному сочетанию потребительских качеств, цены и про-

изводительности. Частота 233/300 МГц позволяет позиционировать этот «движок» на уровне Pentium MMX, а низкое энергопотребление даёт возможность обходиться без вентилятора, что на порядок повышает ценность данного процессора в глазах разработчиков встраиваемых систем.

Другим вариантом замены плат РСМ-4823/4825 является применение одноплатных компьютеров РСМ-9340, созданных на базе процессора STPC Elite 133 МГц. Эти SBC максимально оптимизированы для применения в условиях повышенных механических нагрузок. Кроме процессора, на плате установлена и оперативная память 32 Мбайт, имеются четыре последовательных порта, встроенный сторожевой таймер, розетка для DiskOnChip и шина расширения PC/104. Процессор отличается крайне низким энергопотреблением и не требует вентилятора.

Следующим шагом на пути повышения производительности SBC для встраиваемых систем безусловно является применение линейки процессоров шестого поколения Eden/Ezra фирмы VIA с частотой до 800 МГц. Процессоры выполнены по современной CMOS-технологии 0,15/0,13 микрон и имеют кэш-память первого уровня объёмом 128 кбайт и второго уровня — 64 кбайт. Решения на базе процессоров VIA являются в настоящее время оптимальными, с точки зрения соотношения производительность/стоимость, среди всех x86 совместимых интегрированных платформ. Мощность, потребляемая такой системой на частоте 667 МГц, чуть выше 6 Вт — это один из лучших на рынке показателей. Второй отличительной особенностью является применение чипсета Twister T с мощной интегрированной видеосистемой, характеризующейся AGP 4x графикой, поддержкой плоских панелей, 2D/3D-

Таблица 1. Технические характеристики одноплатных компьютеров серии Biscuit PCM-5820/5822/5823/5824/5825

	PCM-5820	PCM-5820L-EOB1	PCM-5822	PCM-5823	PCM-5824	PCM-5825
Процессор	GX1-233 GX1-300	GX1-233	GXLV-200 GX1-300	GX1-233 GX1-300	GX1-233 GX1-300	GX1-300
VGA/LCD	18 бит TFT	18 бит TFT	18 бит TFT	18 бит TFT	STN/STN/TFT	18 бит TFT
Аудио	Да	Да	Да	По заказу	Да	Да
ТВ-выход	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
COM-порты	2	2	2	2	2	4
Ethernet	Да	Нет	Да	Да (2)	Да	Да
LVDS	По заказу	По заказу	Нет	Нет	Нет	Нет
Питание	+5 В@1,4 А	+5 В@1,3 А	+5 В@1,5 А	+5 В@1,5 А	+5 В@1,7 А	+5 В@1,5 А

акселерацией, возможностью использования до 32 Мбайт ОЗУ в качестве видеопамати. В рамках линейки Biscuit 3,5" фирма Advantech предлагает несколько модификаций плат РСМ-9372/9373 с процессорами VIA. Дополнительно к указанным характеристикам эти платы поддерживают LVDS, USB, EIDE UDMA/100, CompactFlash, Ethernet и аудиоинтерфейс, совместимый со стандартом AC'97. Малые размеры печатной платы заставили инженеров Advantech расположить процессор на обратной стороне (рис. 7).

В линейке Biscuit 5,25" следует отметить несколько моделей. Прежде всего это плата РСМ-9550 (форм-фактор EBX) на базе встроенного процессора с низким энергопотреблением Intel Pentium MMX 166/266 МГц, с чипсетом Intel 430 TX. Помимо стандартных функций РСМ-9550 имеет интерфейсы видеовхода/видеовыхода (NTSC, PAL, S-video и композитный) и поддерживает технологию DualDisplay под управлением ОС Windows 98/Me/2000. Благодаря этой технологии одна процессорная плата может поддерживать одновременно два TFT-дисплея и один дисплей на ЭЛТ (дублирует первый



Рис. 7. Внешний вид платы РСМ-9372 фирмы Advantech с двух сторон

TFT-дисплей). На TFT-панели может выводиться разная информация с различным разрешением экрана. Сферой применения таких сложных конфигураций могут быть электронные киоски, торговые терминалы и иные приложе-

ния, требующие расширенного отображения данных. В качестве сетевого интерфейса можно использовать Ethernet 10/100 Мбит/с и связь через 4 COM-порта, один из которых может работать в режиме RS-422/485. Дополнительные функции могут быть добавлены посредством применения плат расширения РС/104 или РС/104+.

Для аналогичных приложений, требующих большей производительности, можно рекомендовать модель РСМ-9572 с процессором Pentium II 500 МГц или Celeron 400 МГц. Оба процессора — это модели с низким энергопотреблением, не требующие применения вентилятора. Высокая производительность, наличие универсального ТВ-выхода и аудиоподсистемы, поддержка DVD делают РСМ-9572 оптимальной для мультимедийных приложений. Для более простых мультимедийных систем, не требующих расширенного отображения информации, можно рекомендовать экономичную модель РСМ-9575, созданную на базе процессоров VIA Eden/Ezra.

Третья группа одноплатных компьютеров линейки Biscuit 5,25" ориентирована главным образом на телекомму-

никационные приложения, требующие максимальной производительности и большого количества сетевых интерфейсов. Таким требованиям отвечают модели РСМ-9576/9577/9578, которые используют процессоры Pentium III с частотой до 1,2 ГГц. Особенности этих моделей являются:

- возможность наращивания функций стандартными платами PCI,
- поддержка до 4 линий Ethernet (PCM-9578),
- поддержка Gigabit Ethernet и USB 2.0 (PCM-9577).

Для многих моделей плат серии Biscuit подходят конструктивы МВРС, позволяющие системным интеграторам получить законченный «коробочный» продукт, готовый к установке на объекте в качестве автономного контроллера. Все интерфейсные разъёмы выведены на корпус, в который могут быть помещены дополнительно от одной до двух плат расширения PC/104. Конструктивы серии МВРС-200 предназначены для моделей линейки Biscuit 3,5" и комплектуются источником питания мощностью 25 Вт. Аналогичные конструктивы для Biscuit 5,25" имеют наименование МВРС-300 и



Рис. 8. Универсальное микрошасси МВРС-400

комплектуются источником питания мощностью 55 Вт.

Последняя разработка инженеров Advantech — универсальное микрошасси МВРС-400 (рис. 8), которое предназначено для установки любой из плат Biscuit 5,25", имеет фланцы для монтажа на плоскость и встроенный источник питания от входной сети переменного тока (вариант источника для входной сети постоянного тока может быть установлен по специальному заказу) мощностью 80 Вт. Комплект поставки включает в себя также вентилятор, соединители для 4 COM-портов, VGA, принтера, USB, Ethernet RJ-45, клавиатуры и мыши. В корпусе предусмотрены четыре окна для монтажа до-

полнительных разъёмов. Размеры шасси (290×220×90 мм) позволяют устанавливать платы расширения не только формата PC/104, но и формата PCI через переходную плату PCM-110.

Кроме чисто аппаратных платформ, фирма Advantech поставляет готовые решения с предустановленной на твердотельный диск CompactFlash ОС Windows CE 3.0 или Windows CE.NET. Такие решения уже имеются для процессорных модулей стандарта PC/104 PCM-3346/3350 и одноплатных компьютеров серий Biscuit PCM-4823/5820/9372, и этот список постоянно пополняется.

Также фирма Advantech поставляет большой перечень решений на базе RISC-процессоров, включающий «системы на кристалле» (System-On-Chip), SOM и SBC. Но эта тема требует более подробного освещения в отдельной статье.

SOM — новый взгляд на встраиваемые системы

Как уже отмечалось, на вопрос: «Что такое SOM?» — есть два ответа. Конструктивно SOM представляет собой полнофункциональный компьютер (набор системных микросхем, ОЗУ, основные интерфейсы), который размещён на печатной плате минимального размера и имеет стандартизованные соединители, позволяющие устанавливать его в качестве мезонина на пользовательскую базовую плату (рис. 9).

Идеологически же SOM представляет собой новый подход к конструированию встраиваемых систем и продвижению их на рынке. До их появления разработчики встраиваемых систем сталкивались с дилеммой: либо делать заказную плату по своей спецификации, либо покупать готовый SBC и дорабатывать его как конструктивно, так и в плане дополнительных интерфейсов и соединителей. Первый вариант отличается высокой ценой, длительным временем до получения конечного продукта и, самое главное, риском не получить желаемого результата в принципе. Второй вариант приводил, как правило, к неоптимальным решениям, прежде всего в конструктивном отношении. И только SOM-технология позволила разрешить эту дилемму максимально «дружественным» для системного интегратора способом. Покупая SOM, заказчик решает 80% наиболее сложных и ответственных проблем, связанных с вычислительным ядром и



Рис. 9. Принцип использования SOM

стандартными интерфейсами. Оставшиеся 20% относятся к разработке базовой платы, точно отвечающей конструктивным требованиям приложения и применяемым соединителям. Эта задача значительно проще и «прозрачнее» по срокам. Она может быть решена системным интегратором как своими силами (все интерфейсы SOM описаны в соответствующей документации), так и специализированными службами фирм-производителей SOM, в частности, службой DTOS (Design To Order Service) фирмы Advantech, гарантирующей разработку и изготовление трёх рабочих комплектов SOM+базовая плата для проведения опытных испытаний всего за 30 дней!

В результате такого подхода минимизируется как время разработки, так и стоимость этого процесса. Кроме того, сводится до минимума риск, неизбежно сопровождающий создание любой новой системы. Но концепция SOM не была бы столь привлекательна, если бы ее преимущества исчерпывались на этапе создания встраиваемой системы. Самое интересное на этом только начинается! Во-первых, наличие нескольких моделей SOM, сделанных по одному стандарту, но отличающихся производительностью процессора, позволяет «одним выстрелом» получить несколько конечных изделий для различных сегментов рынка. При этом ресурсы на разработку, напомним, тратятся только один раз! Во-вторых, совершенно в другом свете предстаёт проблема ремонта и наращивания вычислительной мощности готовой системы при изменении требований со стороны приложения. Для традиционных встраиваемых систем такая проблема может быть решена только путем полной замены SBC, что малопривлекательно как с точки зрения экономической (полный демонтаж системы приводит к длитель-

ным простоям), так и с чисто технической. Для систем, использующих SOM-технологии, эта проблема решается за считанные секунды заменой процессорного модуля.

Фирма Advantech предлагает SOM, выполненные в соответствии с двумя факторами: SOM-ETX и SOM-144. Различия между ними примерно те же, что и между уже описанными линейками Biscuit 5,25" и 3,5". Модули формата ETX (рис. 10) больше по размерам (114×95 мм) и ориентированы на приложения, требующие высокой производительности. С нижней стороны модуля расположены четыре 100-контактных соединителя высокой плотности, которые служат для коммутации модуля с базовой платой. Распределение контактов зафиксировано в спецификациях ETX, первоначально предложенных фирмой JUMPtec.

Наиболее «продвинутой» моделью SOM-ETX, выпускаемая Advantech, — это модуль SOM-4470 (рис. 11), который содержит в своём составе процессор с низким энергопотреблением (не требует вентилятора) Pentium III с частотой до 700 МГц или Celeron 400 МГц, все стандартные ПК-интерфейсы, а также аудиоподсистему и ТВ-выход. Две другие модели — SOM-4451 и SOM-4450 — базируются соответственно на процессорах SiS 552 с частотой 200 МГц и Geode 300 МГц. Оперативная память (SODIMM) на всех модулях SOM-ETX имеет объём до 512 Мбайт. Все платы поддерживают шины PCI и ISA, Ethernet 100Base-T, вывод информации на ЭЛТ и плоскочисленные мониторы. SOM-4451 имеет встроенный аппаратный декодер MPEG-2, что делает эту модель удачным решением для мультимедийных приложений, связанных с DVD. На плате SOM-4450 установлена розетка для твердотельного диска CompactFlash, благодаря чему данный модуль может использоваться практически автономно.

Модули формата SOM-144 более компактны (101×67 мм) и предназначены для приложений, требующих экономичного решения. Эти модули имеют напаянные на платы микросхемы оперативной памяти, поддерживают интерфейс с твердотельными дисками CompactFlash. Приведём в качестве

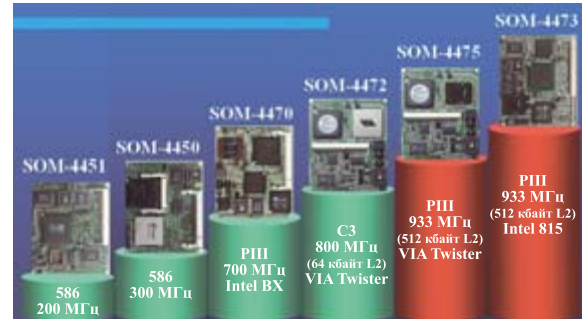


Рис. 10. Номенклатура модулей SOM-ETX фирмы Advantech



Рис. 11. Внешний вид модуля ETX SOM-4470

примера характеристики модуля SOM-2353, построенного на основе процессора Geode 300 МГц:

- 64 Мбайт ОЗУ;
- интерфейс EIDE UDMA/33;
- порты: 2 последовательных, 1 параллельный, PS/2 для подключения мыши и клавиатуры, 1 IrDA, 2 USB;
- сетевой интерфейс Ethernet 10/100 Base-T;
- поддержка ЭЛТ- и ЖК-дисплеев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье была представлена лишь малая часть аппаратных средств, имеющихся в настоящий момент у системных интеграторов для создания высокоэффективных и конкурентоспособных встраиваемых систем. Однако в большинстве случаев даже этого может оказаться достаточно, чтобы сориентироваться при поиске оптимальных решений для актуальных задач в различных отраслях промышленности, в медицине, на транспорте и т.д. Процессорные платы для так называемых магистрально-модульных встраиваемых систем (например VME или CompactPCI), как правило, не могут работать автономно в качестве одноплатных компьютеров и поэтому здесь не рассматриваются. ●

**Автор — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
Телефон: (095) 234-0636
E-mail: info@prosoft.ru**