



Алексей Сорокин

Промышленные компьютеры для встраиваемых систем

В статье рассматриваются промышленные компьютерные системы и встраиваемые компьютеры, построенные на базе одноплатных компьютеров, выполненных в стандартных форм-факторах. Представлены современные встраиваемые панельные и защищённые компьютеры, ориентированные на промышленное и транспортное применение в жёстких условиях эксплуатации и поддерживающие возможность расширения функций. Приведены примеры из номенклатуры изделий ведущих производителей. Затронут вопрос о применении защищённых дисплеев со встраиваемыми компьютерами.

ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ

Под встраиваемыми системами (Embedded Systems) обычно понимают набор встраиваемых аппаратных средств (Embedded Hardware), которые позиционируются для работы в составе какой-либо другой системы, как правило, под управлением встраиваемого программного обеспечения (Embedded Software). В качестве аппаратных средств управления и контроля системой, как правило, применяются процессорные модули на базе микропроцессоров различных архитектур. На данный момент количество типов таких архитектур уже превышает 40. Если попытаться разделить встраиваемые системы по типу применяемых в них микропроцессорных решений (архитектуры центрального процессора), то каждому типу можно сопоставить некоторый набор доступного для применения встраиваемого программного обеспечения (ПО), минимальный (базовый) набор интерфейсов и поддерживаемых периферийных устройств, минимальную и максимальную производительность, а также допустимые условия эксплуатации. Ведь именно архитектура и количество управляющих процессоров определяют уровень производи-

тельности и функциональность системы, потребляемую ею мощность, а следовательно, и область применения. Например, процессоры архитектуры x86 могут применяться практически во всех системах, где это позволяют габаритные размеры и уровень потребляемой мощности (рис. 1). В то же время есть области применения, где прочно закрепились экономичные и малогабаритные контроллеры архитектуры ARM. Данный пример свидетельствует о том, что определяющую роль может играть не столько архитектура процессора, сколько те аппаратно-программные решения на базе этой архитектуры, которые в настоящее время представлены на рынке. Да и выбор встраиваемого ПО скорее



Рис. 1. Модуль СРВ906 (компания FASTWEL) с размерами 65×40 мм, выполненный на базе процессора Vortex86DX архитектуры x86



Рис. 2. ПЛК FASTWEL I/O с распределённой системой ввода-вывода

зависит от типа решаемой задачи, нежели от типа используемого оборудования. Всё это приводит к тому, что в каждой области применения складываются в качестве общепринятых свои определённые программно-аппаратные решения на базе процессоров определённой архитектуры и под управлением определённого набора встраиваемого ПО.

Все микропроцессорные архитектуры развиваются своим путём и часто оптимизируются именно для тех применений, где они получили наибольшее распространение. В качестве аппа-

ратных средств АСУ ТП наиболее широко распространены решения на базе архитектур, отличных от x86, — это программируемые логические контроллеры (ПЛК). Основными особенностями ПЛК являются поддержка промышленных полевых шин (field-bus), наличие развитой распределённой системы ввода-вывода, а также поддержка специализированного ПО, призванного ускорить и упростить процесс разработки АСУ ТП, — SCADA (рис. 2). Другим видом встраиваемых аппаратных средств для систем управления выступают промышленные компьютеры, выполненные на базе архитектуры x86. Благодаря наличию множества стандартных форм-факторов изделий этого вида и готовых специализированных аппаратных средств расширения промышленные компьютеры позволяют строить надёжные системы, предоставляющие гибкие возможности расширения и изменения функций, являются свободно программируемыми и поддерживают не только операционные системы (ОС) общего назначения, но и ОС реального времени (ОС РВ). Поэтому промышленные компьютеры находят широкое применение в таких отраслях, как промышленное производство, медицина, торговля, железнодорожный транспорт, судостроение, авиация, и в различных ответственных приложениях, требующих надёжного функционирования в жёстких условиях эксплуатации. Для таких применений имеется широкий набор специализированного встраиваемого ПО и разработано множество специальных программно-аппаратных решений. Именно о таких решениях и построенных на их основе системах пойдёт речь в данной статье.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

Любая компьютерная система строится на базе процессорного модуля (Host Module, или CPU Module), который может быть модулем общего или промышленного назначения. Модули общего назначения — это, как правило, изделия для бытовых нужд и изделия для приложений, не требующих наличия специализированных интерфейсов, эксплуатируемые при нормальных условиях и без особых требований по устойчивости к механическим и прочим воздействиям. Ярким примером могут выступать материнские платы для персональных компьютеров или



Рис. 3. Модуль CPC1301 (стандарт COM Express, процессор Intel Core 2 Duo, тактовая частота 1,5 ГГц) компании FASTWEL с установленными модулями SO DIMM

одноплатные компьютеры для домашних мультимедийных систем. Модули промышленного назначения — это изделия, выполненные в стандартных форм-факторах и ориентированные на эксплуатацию в жёстких условиях. Они могут иметь специализированный набор интерфейсов и потреблять значительно меньше энергии по сравнению с модулями общего назначения. Примерами таких модулей для промышленного или транспортного применения могут быть одноплатные компьютеры (SBC), которые представляют собой законченное решение, включающее в свой состав все необходимые компоненты, обеспечивающие требуемую функциональность. Минимальный набор компонентов для SBC включает в свой состав исполняющий процессор, ОЗУ и набор системной логики, поддерживающий определённый минимальный функционал, который обычно подразумевает последовательные порты (RS-232, USB), стандартные шины расширения, интерфейс подключения дисковой подсистемы (IDE и/или SATA) и не менее одного порта Ethernet. В качестве расширения функционала можно рассматривать встроенную дисковую подсистему, слот для карт памяти (CompactFlash, SD или MicroSD и т.п.), графическую подсистему, промышленные интерфейсы

тому, промышленные интерфейсы (например, изолированные CAN, RS-422/485 и др.), несколько Ethernet-портов и даже наличие аналогового и цифрового ввода-вывода. Как правило, все компоненты являются напаянными (Soldered, или Onboard), но иногда производители предлагают использовать модули расширения для ОЗУ — модули памяти SO DIMM. Использование таких нераспаиваемых модулей снижает виброустойчивость одноплатного компьютера, но позволяет выполнить его в меньшем форм-факторе и добавить гибкости в подборе необходимого объёма памяти (рис. 3). То же самое относится и к дисковой подсистеме: интегрированный флэш-диск дороже и имеет меньший объём, нежели стандартный носитель на жёстком магнитном диске (НЖМД), но неоспоримым преимуществом флэш-диска является работоспособность в промышленном температурном диапазоне и высокие показатели виброустойчивости. Сейчас на рынке доступны флэш-диски (SSD) объёмом до 160 Гбайт со скоростями чтения/записи до 235–170 Мбайт/с, что значительно превышает аналогичные показатели большинства НЖМД. Одноплатные компьютеры, в отличие от изделий общего назначения, редко имеют стандартные интерфейсные разъёмы для подключения периферийного оборудования. Это вызвано стремлением применять малогабаритные разъёмы вместо стандартных крупногабаритных. В зависимости от форм-фактора SBC иногда ставятся стандартные разъёмы, но их количество ограничено областью крепления лицевой панели, если таковая вообще предусматривается конструкцией. В случае когда изделие предназначено для применения в составе какого-либо оборудования и не предполагается использование устрой-

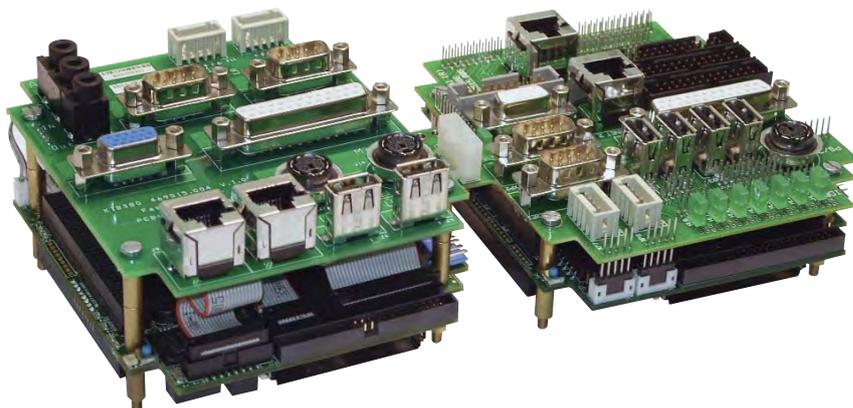


Рис. 4. Модули одноплатных компьютеров CPC304 (слева) и CPC306 (справа) с установленными интерфейсными модулями KIB380 и KIB386 (FASTWEL)

ства с лицевой панелью, которая крепится непосредственно к его интерфейсным разъёмам, логично разместить на модуле малогабаритные разъёмы и сделать кабели-переходники на стандартные (в том числе и на специальные герметичные) разъёмы, используемые в оборудовании. Часто так и делают: ставят обычные штыревые соединители на SBC-модулях и предлагают применять кабели-переходники, которые несложно разработать самостоятельно или сделать на заказ. Иногда используют интерфейсные модули, предоставляющие переход с установленных на SBC-модуле разъёмов на разъёмы стандартного типа; примерами могут послужить варианты совместного применения одноплатных компьютеров и интерфейсных модулей фир-

мы FASTWEL: CPC304 и KIB380, CPC306 и KIB386 (рис. 4).

Особым отличием SBC от модулей общего назначения и между собой является форм-фактор, в котором выполнен модуль (см. врезку «Основные форм-факторы и стандарты для компонентов встраиваемых компьютерных систем»). Построение компьютерной системы возможно по двум основным принципам — это магистрально-модульные и стековые системы. Магистрально-модульные системы выполняются на базе каркасов с пассивной объединительной платой (backplane), по которой разведена объединительная шина. К таким системам относятся модули, выполненные в соответствии со спецификациями CompactPCI, VME, AdvancedTCA, MicroPC, PCI/ISA и т.п.

Стековые системы не используют объединительную плату, а соединение модулей осуществляется путём подсоединения модулей друг к другу через стек-овые разъёмы, на которые выведена объединительная шина. Стековым системам принадлежат, в первую очередь, модули, соответствующие спецификациям PC/104, PC/104-Plus, PCI-104, PCI/104-Express, а также EPIC, EBX, 3,5", ETX, COM, и модули, выполненные по ряду спецификаций SFF-SIG (Small Form Factor Special Interest Group). Подобные системы наиболее часто находят применение в составе промышленных компьютеров, которые представляют собой законченное решение, заключённое в корпус и отвечающее требованиям конкретного класса пылевлагозащищённости.

ОСНОВНЫЕ ФОРМ-ФАКТОРЫ И СТАНДАРТЫ ДЛЯ КОМПОНЕНТОВ ВСТРАИВАЕМЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

VME

Шина VMEbus (VersaModule Eurocard bus) была разработана компанией Motorola в 1981 году для применения в изделиях формата Евромеханика (Eurocard). Оригинальная версия была принята в 1987 году как международный стандарт IEEE 1014, IEC 821 (МЭК 821). В 1994 году был принят стандарт VME64 (ANSI/VITA 1-1994), описывающий 64-битовое расширение шины VME, а в 1998 году — стандарт VME64x (ANSI/VITA 1.1-1997), являющийся развитием VME64. Продвижением стандартов VME занимается международная ассоциация VITA (VME International Trade Association), основанная в 1984 году. Стандарт VME и сегодня является популярным для изделий промышленного, телекоммуникационного и военного назначения. Подробную информацию о стандартах VME можно найти на сайте ассоциации VITA www.vita.com.

PICMG

В 1994 году был основан консорциум PICMG (PCI Industrial Computer Manufacturers Group), целью которого было расширение стандартов группы PCI-SIG (PCI Special Interest Group) на оборудование для применения в системах промышленной автоматизации, медицины, телекоммуникаций и военного назначения. До 2004 года спецификации PICMG нумеровались путём изменения кода версии, представленного в виде «х.уу», где «х» определял форм-фактор (1 — слотовые системы, 2 — CompactPCI, 3 — системы AdvancedTCA), а «уу» соответствовал идентификатору спецификации. После 2004 года появилась новая система нумерации стандартов: было введено буквенное обозначение новых спецификаций с одной цифрой,

определяющей её версию, например AMC.0 (Advanced Mezzanine Card, или AdvancedMC, rev.0), EXP.0 (CompactPCI Express). Консорциум продвигает следующие спецификации:

- слотовые системы PICMG 1.xx (PCI/ISA, PCI, SHB Express и др.);
- магистрально-модульные системы PICMG 2.xx (CompactPCI, VME64x, CompactPCI Serial и др.);
- магистрально-модульные системы PICMG 3.xx (AdvancedTCA Base, Ethernet AdvancedTCA и др.);
- магистрально-модульные системы MTCA.x (MicroTCA);
- стековые системы COM.x, именуемые как COM Express (COM — Computer On Module).

Полный список спецификаций PICMG можно найти на сайте консорциума www.picmg.org.

PC/104

Консорциум PC/104, основанный в 1992 году, продвигает стек-овые системы в форм-факторах PC/104, PC/104-Plus, PCI-104, PCI/104-Express, PCle/104. Каждый последующий стандарт является логическим развитием предыдущего и, как следствие, имеет с ним практически полную совместимость. Помимо перечисленных консорциум поддерживает такие популярные для одноплатных компьютеров стандарты, как EBX, EBX Express, EPIC, EPIC Express и 3,5". Данные стандарты нашли широкое применение среди одноплатных компьютеров, а также в защищённых компьютерах, состоящих из одного и более модулей, объединённых в стек и установленных в обычно герметичном корпусе. Областью наибольшего распространения решений на базе стандартов консорциума PC/104 является транспорт как граждан-

ского, так и военного назначения. Более подробно познакомиться со спецификациями стек-овых форм-факторов PC/104 можно на сайте консорциума www.pc104.org.

SFF-SIG

В 2008 году был основан консорциум SFF-SIG (Small Form Factor Special Interest Group), продвигающий ряд спецификаций для модулей с малыми габаритами и потреблением меньше 10 Вт. Особое внимание со стороны консорциума уделяется поддержке «традиционных» (legacy) интерфейсов и ПО. Консорциум продвигает такие спецификации для стек-овых систем, как SUMIT, Pico-ITx, Pico-I/O, COMIT, CoreExpress, а также спецификацию MiniBlade, поддерживающую сменные карты памяти USB 2.0/3.0, SATA, MMC, PCI Express x1, SDIO. Более подробно с этими спецификациями можно ознакомиться на сайте консорциума www.sff-sig.org.

MicroPC

Данный форм-фактор был предложен американской компанией Octagon Systems для построения магистрально-модульных систем на базе 8-битовой шины ISA. Изделия в форм-факторе MicroPC преимущественно ориентированы на жёсткие условия эксплуатации и производятся преимущественно двумя компаниями в мире — Octagon Systems (США) и FASTWEL (Россия). Изделия в данном форм-факторе нашли применение в системах промышленной автоматизации, коммуникации, управления, а также в составе аппаратуры военного назначения. Данный форм-фактор не имеет утверждённого и поддерживаемого каким-либо консорциумом стандарта. ■

ВСТРАИВАЕМЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

Встраиваемые промышленные компьютеры условно можно разделить на две основные категории: панельные (Panel PC) и защищённые встраиваемые (далее – защищённые). Отличительной особенностью панельных компьютеров является наличие средств визуализации и ввода-вывода. По сути это полноценный персональный компьютер, только реализованный в виде моноблока. Наиболее часто панельные компьютеры оснащаются сенсорным экраном, а на лицевой панели присутствуют только самые необходимые функциональные клавиши. Как правило, от панельного компьютера не требуется высокой производительности. Поэтому применение в них одноплатных компьютеров как функционального ядра более чем оправданно: низкое энергопотребление, кондуктивный теплоотвод, способность работать в круглосуточном режиме без сбоев, возможность выбора или заказа размера корпуса, дисплея и способа крепления, отвечающего условиям монтажа в готовую систему. Имеющиеся средства визуализации и ввода-вывода позволяют использовать панельные компьютеры для организации человеко-машинного интерфейса (HMI). Отсюда и основные области их применения – терминалы или пульта оператора для управления и контроля в АСУ ТП, транспортных средствах (автомобильных, железнодорожных, судовых, авиационных), медицине, торговле и сфере обслуживания. В зависимости от условий применения панельные компьютеры могут иметь защищённое исполнение лицевой панели, всего корпуса или не иметь защиты вообще. Одноплатный компьютер, являющийся функциональным ядром панельного компьютера, как правило, имеет стектовую архитектуру в соответствующем форм-факторе (EPIC, EBX, 3,5", PC/104 и др.) или представлен платой-носителем с процессорным модулем в формате COM, ETX и т.п. Примерами промышленных панельных компьютеров могут служить изделия таких производителей, как Advantech, AAEON, FASTWEL (рис. 5).

Защищённые компьютеры, в отличие от панельных, которые также могут иметь защищённое исполнение, не располагают встроенными в шасси или корпус средствами организации HMI – попросту говоря, у них отсутствуют встроенный дисплей и клавиатура. За-



Рис. 5. Панельный компьютер BC03 (FASTWEL), построенный на базе COM-модуля CPB904 (FASTWEL) и предназначенный для применения на железнодорожном транспорте в кабине машиниста электровоза/тепловоза



Рис. 6. Высокопроизводительная станция оператора FASTWEL AdvantiX IPC-ATX-7220 на базе процессора Intel Pentium Dual Core

щищённые компьютеры – это, как правило, либо магистрально-модульная, либо стекловая система объединения модулей. Для построения магистрально-модульной системы применяются слотовые одноплатные компьютеры, которые устанавливаются в шасси с пассивной объединительной платой (кросс-платой). Примерами таких систем могут служить наиболее распространённые системы форматов CompactPCI, VME, AdvancedTCA, MicroPC. Защищённое исполнение в таких системах достигается путём применения защищённых шас-



Рис. 7. Защищённые компьютеры HiDAN (слева) и IDAN (справа) компании RTD Embedded Technologies

си. Применение модулей с кондуктивным теплоотводом на корпус позволяет избавиться от необходимости использования воздушных фильтров и систем вентиляции непосредственно в шасси и, как следствие, необходимости создавать внутри шасси избыточное давление для защиты от пыли – всё это существенно снижает требования к обслуживанию таких систем, повышает их ресурс и надёжность. В защищённых шасси лицевая и задняя панели, где можно было бы установить дисплей небольших размеров, уже заняты необходимыми интерфейсными разъёмами. Заметим, что традиционные для домашних, офисных и серверных компьютеров материнские платы в форм-факторах ATX, mini-ATX и т.п. также являются магистрально-модульными слотовыми системами, но без применения шасси и объединительных кросс-плат. Производством разнообразных шасси, кросс-плат, корпусов и модулей для магистрально-модульных систем занимается множество иностранных и отечественных компаний. Если говорить именно о готовых решениях, то можно обратить внимание на промышленное оборудование AdvantiX, выпускаемое фирмой FASTWEL. Данное оборудование ориентировано на промышленное применение и может удовлетворить самого искущённого потребителя (рис. 6).

Стекловые системы тоже устанавливаются в корпуса, причём весьма ограниченного размера и без объединительных плат. В таких корпусах лицевой панелью является одна из сторон корпуса, на которую выведены необходимые интерфейсные разъёмы. Например, американская компания RTD Embedded Technologies предоставляет потребителю встраиваемые компьютеры под названием IDAN, HiDAN и HiDANplus. Данные решения предполагают объединение в одну систему модулей формата PC/104, причём каждый модуль уже упакован в своём сег-

менте корпуса (рис. 7). У такого рода решений есть свои плюсы – это удобство сборки корпуса, заранее спроектированное расположение кабелей, вывод всех интерфейсов на стандартные интерфейсные разъёмы, организация теплоотвода на боковые стенки. Но есть и недостатки – высокая стоимость фрезерованных деталей корпуса, наличие множества стыков элементов корпуса и необходимость применения модулей только из линейки RTD Embedded Technologies, пусть и весьма солидной. Основной особенностью такого рода решений является необходимость обеспечения доступа к одной и более боковым сторонам корпуса при монтаже оборудования и кабелей, что не позволяет устанавливать корпус в нишу с доступом только к одной стороне. С другим вариантом организации защищённого компьютера на базе модулей PC/104 можно ознакомиться на примере встраиваемого оборудования таких компаний, как FASTWEL и Octagon Systems. В данных решениях для защиты стека используется цельный корпус, рассчитанный на определённое количество стековых модулей. Теплоотвод осуществляется тоже через боковые стенки корпуса, а вывод всех необходимых интерфейсов организован на лицевой панели. Такая конструкция обеспечивает компактное расположение интерфейсных разъёмов и позволяет производить установку корпуса в нишу без доступа к его задней и боковым стенкам. Защита от пыли и/или влаги обеспечивается за счёт применения герметизированных интерфейсных разъёмов. Одним из достоинств таких защищённых систем является возможность их функционального расширения. Ведь в данном случае в стек можно устанавливать любые модули расширения соответствующего форм-фактора, в том числе и самостоятельно разработанные заказчиком специализированные модули; всё, что необходи-



Рис. 8. Защищённый компьютер MK306 компании FASTWEL

мо в данном случае, – это переработка только одной детали корпуса – лицевой панели, а всё остальное будет без изменений. Например, компьютер модульный MK306 (рис. 8) позиционируется фирмой FASTWEL как отладочный комплект для контроллера CPC306 и представляет собой законченное решение, состоящее из следующих основных элементов: модуль контроллера CPC306 с аналоговым и цифровым вводом-выводом, модуль видеопроцессора VIM301, источник питания PS351 и модуль интерфейсный KIB386. Данный комплект стековых модулей помещён в корпус, что обеспечивает степень защиты IP40. Несмотря на то что данное изделие позиционируется как отладочный комплект, оно может применяться и как законченное решение, а также на его базе путём переработки конструкции за приемлемые сроки и деньги может быть выполнен заказной вариант, отвечающий нуждам конкретного заказчика. Ещё одно изделие фирмы FASTWEL – это компьютер модульный MK307 (внешний вид показан на рис. 4 в статье [1]). Данное изделие позиционируется как платформа для построения расширяемого встраиваемого защищённого компьютера для жёстких условий эксплуатации. Понятие «платформа» подразумевает наличие в основном исполнении лишь средств обеспечения основной функциональности – процессорного модуля и модуля источника питания. Все остальные модули (модуль видеопроцессора, коммуникационные и навигационные модули) являются опциональными, как и модули расширения, разработанные заказчиком. Главное – это соответствие модулей расширения стандарту PC/104-Plus и изготовление интерфейсного кабеля для вывода интерфейсов с модулей расширения на лицевую панель. В данном изделии все модули устанавливаются в корпус со степенью защиты IP65. Для обеспечения столь высокой степени защиты применяются герметичные разъёмы фирмы LTW, а отвод тепла осуществляется через боковые стенки корпуса. Оба изделия, MK306 и MK307, работают от сети постоянного тока с напряжением питания 10...36 В в диапазоне рабочих температур от –40 до +70°C и устойчивы к воздействию одиночных ударов до 100g и вибрации до 10g. Помимо данных изделий можно обратить внимание и на более производитель-



Рис. 9. Защищённый компьютер MK150 (FASTWEL) с креплением для установки на DIN-рейку

ные решения фирмы FASTWEL. Защищённый компьютер MK150 (рис. 9) представляет собой многофункциональное устройство, построенное на базе процессора AMD Geode LX800 и ориентированное на транспортное и промышленное применение, однако данный компьютер не предполагает установку дополнительных модулей расширения. Защищённые компьютеры MK905 на базе процессора AMD Geode LX800 (рис. 10) и MK800 на базе процессора Intel Pentium M допускают установку до двух дополнительных модулей расширения PC/104-Plus. Защищённые компьютеры серии МК фирмы FASTWEL – далеко не единственные решения в своём роде, но мало какие их аналоги могут похвастаться подобными характеристиками, и это при том, что компьютеры серии МК являются полностью российскими разработками, ориентированными в первую очередь на российских потребителей.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЗАЩИЩЁННЫЕ ДИСПЛЕИ

Защищённые компьютеры, построенные как по магистрально-модульному, так и по стековому принципу, предназначены для решения задач контроля и управления, поэтому в них традиционно не уделяется особого внимания видеоподсистеме. Промышленные компьютеры редко оснащают мощной графической подсистемой, способной работать со сложными трёхмерными объектами и поддерживающей более двух дисплеев, и тем более встроенным дисплеем, как у панельных компьютеров. Ведь в условиях окружающей среды, требующих защищённого исполнения, предпочтительнее реализовать удалённое управление системой из операторской или из другого здания, населённого пункта и т.п. Если же защищённые системы требуют наличия визуализации по месту применения, а



Рис. 10. Расширяемый защищённый компьютер MK905 (FASTWEL)

использование панельного компьютера необоснованно, то задействуются промышленные дисплеи требуемых размеров. При необходимости на базе защищённого компьютера и промышленного дисплея можно построить и распределённое решение: встроенный компьютер в составе оборудования размещается в промышленной обстановке или в опасной зоне, а дисплей выносится в операторскую или устанавливается на удалении, в более благоприятных для оператора условиях.

В настоящее время доступны для заказа промышленные дисплеи весьма впечатляющего диапазона размеров и с довольно широким выбором видеointерфейсов, что может добавить функциональности использующей эти дисплеи системе и гибкости при выборе применяемого в ней оборудования. Примерами могут служить защищённые дисплеи таких производителей, как Planar, Advantech, LITEMAX. С конкретными примерами защищённых дисплеев для жёстких условий эксплуатации от компании LITEMAX (серия NPD) можно ознакомиться в [2]. При разработке собственной системы имеет смысл обратить внимание на LCD-дисплеи фирмы Sharp серии Strong2, способные работать при температурах от -20 до $+70^{\circ}\text{C}$, и на высококонтрастные электролюминесцентные дисплеи компании Planar, пригодные для работы при температурах от -40 до $+70^{\circ}\text{C}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С конца 20-го века встраиваемые системы претерпели ряд существенных изменений: они стали более функциональными, более защищёнными и более доступными. Конечно же, сейчас уже 21-й век, и надо ориентироваться на современные решения хотя бы по той причине, что они есть, доступны и сильно упрощают жизнь. Если обратить внимание на обзоры панельных компьютеров [3] и промышленных

компьютеров [4], сделанные в 20-м веке, то в результате сравнения с современными решениями мы увидим, что произошла качественная эволюция применяемого оборудования, введены новые, более перспективные интерфейсы и технологии, а задачи, возлагаемые на встраиваемые компьютерные системы, стали сложнее, требовательнее к вычислительной мощности и наличию развитых коммуникационных возможностей.

В настоящее время многие идеи автоматизации прошлого века стали привычной для всех реальностью. Сейчас, когда оплачивают услуги связи или проезд в метро, покупают железнодорожные билеты и т.п., часто пользуются платёжными терминалами, которые есть не что иное, как панельные компьютеры. В современных поездах в кабинках машинистов устанавливаются пульта оператора — это тоже панельные компьютеры. На транспорте и на промышленных предприятиях для решения задач контроля и управления оборудованием широко применяются защищённые компьютеры с разными степенями пылевлагозащитности в зависимости от условий эксплуатации и специфики решаемых задач. Космические аппараты уже сложно представить без наличия бортовых компьютеров, требования к которым значительно отличаются от требований к оборудованию общего или домашнего назначения, как правило, именно из-за условий эксплуатации. Все эти системы можно назвать встраиваемыми системами, и нужно выбрать лишь вариант их исполнения для конкретного применения. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятницких А. PC/104 — стандарт для жёстких условий эксплуатации // Современные технологии автоматизации. — 2011. — № 1.
2. Гуров И. Дисплеи высокой яркости LITEMAX для жёстких условий эксплуатации // Современные технологии автоматизации. — 2010. — № 2.
3. Сорокин С., Гарсия В. Панельные персональные компьютеры фирмы Advantech // Современные технологии автоматизации. — 1998. — № 3.
4. Кузнецов А. Промышленные компьютеры фирмы Advantech // Современные технологии автоматизации. — 1997. — № 1.

Автор — сотрудник компании

«ДОЛОМАНТ»

Телефон: (495) 232-2033

E-mail: info@dolomant.ru