

Масштабирование встроенных систем: крейтовые модульные системы и системные блоки на основе материнских плат

Пётр Павлов (Москва)

В статье представлены принципы масштабирования встроенных систем на основе крейтов и системных блоков на основе материнских плат.

Встроенные системы на основе крейтовых модульных систем и системных блоков на основе материнских плат и малогабаритных модулей (small form factor boards, SFFB) всё шире используются на промышленном рынке и в системах управления вооружениями. Для оборудования на этих рынках характерен длительный срок жизненного цикла, и на определённом его этапе может возникнуть необходимость масштабирования характеристик системы управления. В ходе подобного проекта проводится модернизация подсистемы ввода/вывода данных (увеличение числа каналов и/или расширение пропускной способности каналов) и/или повышение мощности вычислительной подсистемы для обработки большего количества данных и усложнившегося алгоритма. Если задача масштабирования сопровождается к тому же требованием сохранения преемственности таких характеристик обновлённой системы управления, как форма (габариты), масса и технологии монтажа (посадочное место, разъёмы) – принцип form-fit-function replacement/f3r, то она может оказаться весьма нетривиальной. За примером ходить далеко не надо: проект Harpoon Block III, проводимый по заказу ВМФ США. При модернизации известной противокорабельной ракеты «Гарпун» заказчику потребовался новый канал для обновления данных по нацеливанию ракеты и алгоритма нанесения удара по цели, обеспечивающего наилучшие результаты её поражения. На пути реализации этих требований встали две проблемы, пока не получившие своего решения: разработка программного обеспечения для шифрования данных в канале и разработка аппаратной платформы, которая бы реализовывала поставлен-

ные задачи, но не превосходила по объёму 80 см³.

Следует отметить, что три «f» принципа form-fit-function replacement следует дополнить ещё как минимум буквой «h» от английского слова heat (тепло). Модернизированная система должна уложиться в бюджет тепловыделения предшественницы (или за счёт более энергоэффективных компонентов, или за счёт новых режимов энергоэффективности, реализуемых на уровне приложения). В противном случае появляется опасность того, что придётся использовать обновлённые технологии управления тепловым режимом, которые могут вступить в противоречие с требованиями к сохранению габаритов и массы.

При решении задачи масштабирования возможны:

- «лобовой» подход на основе разработки «с нуля», включающий выбор новой аппаратной платформы с большими вычислительными возможностями и/или расширенными возможностями подсистемы ввода/вывода и разработку нового программного кода приложения под новую аппаратную платформу;
- разработка, в той или иной степени использующая имеющиеся программные наработки первоначального проекта, а также уже освоенный инструментальный разработчика. Это означает желательность масштабирования аппаратной платформы в рамках одной процессорной архитектуры (для современных реалий это Power или x86) и/или одной системной архитектуры.

Наиболее грубая сегментация системных архитектур включает их разбиение на платформы на основе материнской платы и платформы на осно-

ве объединительной панели (модульные крейтовые системы). Ну а среди модульных крейтовых систем выбирать можно между магистральной-номодульной архитектурой (шины CompactPCI или VMEbus) и архитектурой на основе коммутируемых последовательных высокоскоростных интерфейсов (1/10 Gigabit Ethernet/GbEthernet, Serial RapidIO/SRIO, PCI Express/PCIe).

Второй подход делают вполне реалистичным возможности масштабирования, предусматриваемые открытыми стандартами форм-факторов модульных компонентов, таких как одноплатные компьютеры (single board computer, SBC) на базе стандартов ассоциаций VITA и PICMG, материнские платы промышленного уровня исполнения и модули класса COM (Computer-on-Module, компьютер-на-модуле).

Интегральной характеристикой модульных компонентов является форм-фактор. Эта характеристика позволяет однозначно идентифицировать размеры, принцип интеграции встроенной системы (например, размещение в слотах крейта) и стандарт (технология) интерфейса или системного разъёма, обеспечивающего электрические связи во встроенной системе. Примерами обозначения форм-факторов являются такие «старейшие» коды, как PC/104, 3U CompactPCI, 6U VME, а также такие аббревиатуры и сокращения, как AMC или Qseven.

Выбор форм-фактора определяется многофакторной оптимизацией, которая должна учитывать такие зачастую противоречивые требования, как максимальное тепловое рассеивание набора электронных компонентов, требуемых для построения встроенной системы, характеристики системы ввода/вывода, габариты, отводимые в оборудовании под встроенную систему, жёсткость условий эксплуатации и некоторые другие. Детальное рассмотрение процедуры подобной оптимизации выходит за

рамки данной статьи, как и описание всех существующих ныне форм-факторов.

В пользу второго подхода работают и возможности масштабирования характеристик процессоров x86-архитектуры и архитектуры Power, а также масштабирование пропускной способности, заложенное в стандарты современных последовательных интерфейсов.

Возможность масштабирования вычислительных возможностей модульных платформ и поддерживаемых ими системных интерфейсов позволяет упростить и удешевить также проведение совершенно новых разработок за счёт использования в них уже апробированной платформы и, как следствие, повторного использования одних и тех же фрагментов программного обеспечения в рамках единой процессорной платформы и периферийных устройств. Возможно также использование апробированных технологий управления тепловым режимом и сертификационных процедур и т.п.

МАСШТАБИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОРНЫХ ПЛАТФОРМ X86-АРХИТЕКТУРЫ И АРХИТЕКТУРЫ POWER

В отличие от микроконтроллерного рынка, который насчитывает десятки архитектур и десятки вендоров, рынок процессоров, используемых во встроенных системах уровня производительности high-end, обходится единицами архитектур и столь же малым количеством вендоров. При этом военный рынок встроенных high-end-систем до недавнего времени ориентировался в сегменте COTS-процессоров (Commercial-Off-The-Shelf, коммерческий, «с полки») на архитектуру Power (требование заказчика). Промышленный и полупромышленный (медицинское приборостроение, оборудование для индустрии развлечений, POS/POI-терминалы, информационно-рекламные системы, цифровые системы видеонаблюдения и управления доступом на охраняемые территории) рынки – на процессоры Intel, AMD, VIA Technologies. Последняя тройка – апологеты x86-архитектуры с некоторыми нюансами её реализации на уровне микроархитектуры, системных шин и управления энергопотреблением.

VIA Technologies ориентирована на работу с рынком оборудования для индустрии развлечений, торговых и информационно-рекламных систем, компактных системных блоков умеренной производительности. Примером является системный блок в корпусе VIA AMOS-3001 (габариты 150 × 46 × 108 мм) (рис. 1) на основе платы EPIAP820, который может использоваться в оборудовании без дополнительного вентилятора. EPIAP820 – это форм-фактор Pico-ITX (переходный между материнской платой и COM-модулем), на плате размещены 64-разрядный процессор семейства VIA Nano U2500/1,2 ГГц (энергопотребление менее 7 Вт) и мультимедийный процессор VX855 (энергопотребление менее 3 Вт).

Если говорить о платформе Power, то сегодня это открытая архитектура, магистральный путь развития которой отражён на рис. 2.

В России наиболее доступной частью платформы Power являются, пожалуй, микросхемы компании Freescale Semiconductor, поскольку компания имеет несколько дистрибьюторов на территории России и действующее представительство. Ставка же на инновации и стартапы иногда приводит к фиаско даже проекты такого заказчика, как военное ведомство США. В качестве примера можно привести историю с процессором PA6T-1682M на основе архи-



Рис. 1. Системный блок на основе платы EPIAP820 в корпусе AMOS-3001

тектуры Power. Высокопроизводительные (2 ГГц) и экономичные (менее 15 Вт энергопотребления на этой частоте) двухъядерные процессоры PA6T-1682M разработала и представила в 2007 г. P.A.Semiconductor. Производители компонентов для модульных встроенных систем заложили этот процессор более чем в десяток перспективных проектов, часть из которых велась в интересах военных. Но случилось так, что компания P.A.Semiconductor была приобретена компанией Apple, что впоследствии вызвало расследование со стороны военного ведомства США на предмет потери перспективной платформы и массу спекуляций в компьютерной прессе на тему авторства нового процессора для её гаджетов.

Freescale Semiconductor предлагает широкую номенклатуру процессорных микросхем PowerQUICC класса SoC на базе ядер Freescale e300/e500, а также процессорную платформу QorIQ. Последняя включает много-

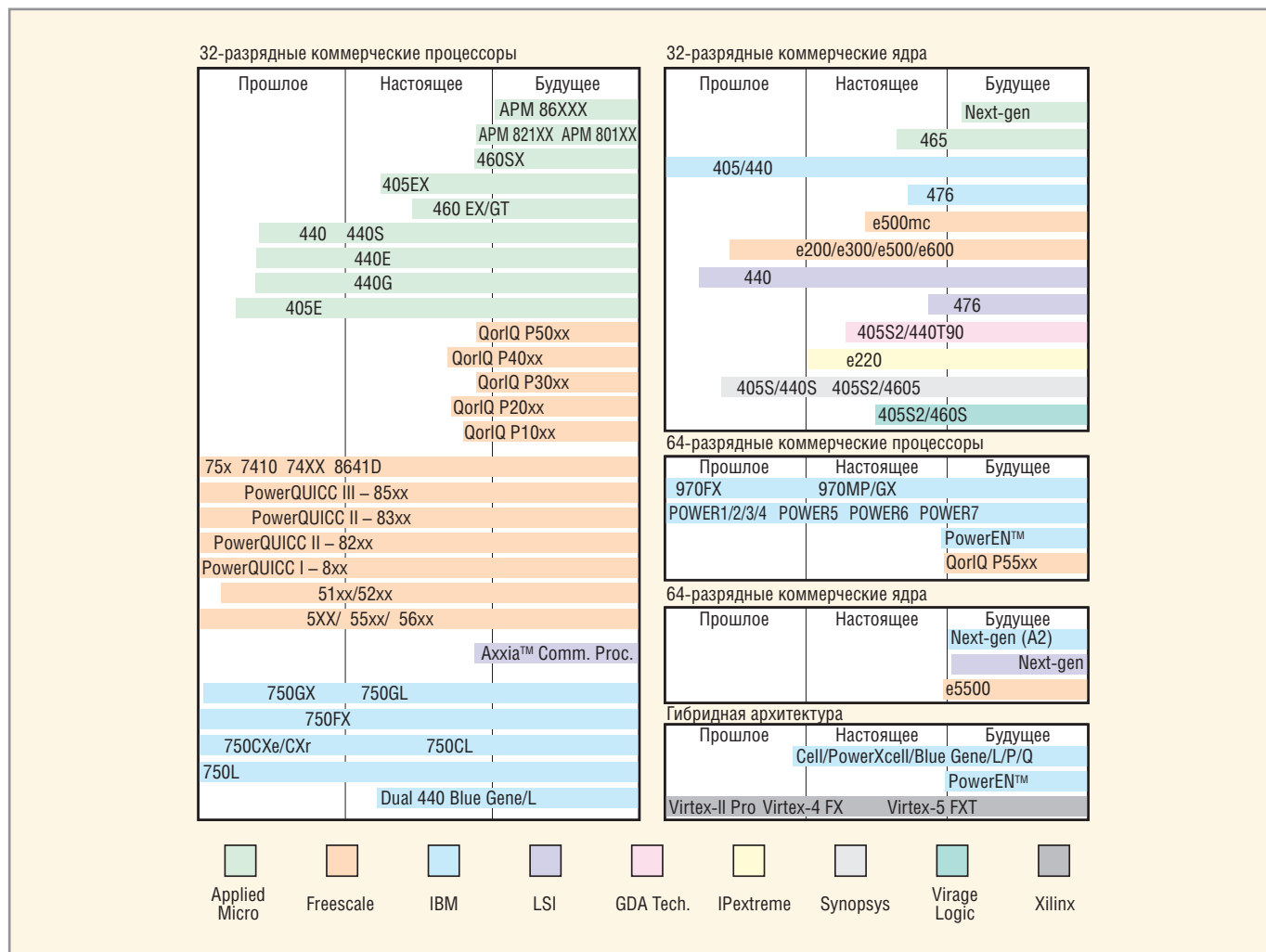


Рис. 2. Экосистема процессоров и поставщиков процессоров с архитектурой Power

ядерные процессоры (с числом ядер от 1 до 8) на базе ядер e500mc (32-разрядное)/e5500 (64-разрядное). Традиционно в качестве рынка № 1 для процессоров PowerQUICC и QorIQ называют телекоммуникационный, но с учётом роста составляющей технологий сбора, обработки и передачи данных и в промышленных, и в военных приложениях, эти сегменты рынка являются столь же важным заказчиками приложений на базе платформ PowerQUICC и QorIQ, обладающих великолепной масштабируемостью. Диапазон рабочих тактовых частот составляет (800 МГц...2,2 ГГц), максимальное энергопотребление начинается с 1,1 Вт. В числе поддерживаемых интерфейсов – 10/100/1000 Мбит/с Ethernet с поддержкой технологии IEEE 1588, PCI Express, Serial RapidIO, SATA, USB.

Появление же особенно ресурсоёмких приложений для поддержки коммуникационных технологий LTE, WCDMA, CDMAx, WiMAX, активно использующих алгоритмы шифрования данных, привело к созданию компани-

ей Freescale «подмножества» платформы QorIQ в виде процессоров QorIQ Qonverge на базе набора ядер с архитектурой Power и архитектурой StarCore цифрового сигнального процессора.

С точки зрения российского рынка производителей промышленной электроники, выбор между тремя основными поставщиками процессоров x86-архитектуры определяется оценкой каждым коллективом разработчиков необходимости и удобства доступа к поддержке или субъективным наличием в команде «фанатов» той или иной платформы, а также возможностями управления поставками. С точки зрения объективных возможностей масштабирования вычислительных возможностей, с появлением в линейках Intel и AMD многоядерных процессоров с числом ядер 1/2/4/6/... разработчик рискует оказаться в роли буриданова осла.

Самый же главный результат конкуренции Intel, AMD, VIA Technologies между собой и с архитектурой Power в том, что традиционные поставщики

компьютерных x86-процессоров для потребительского рынка стали предлагать рынку встроенных систем стабильные платформы (официальное присутствие на рынке до 7 лет) с энергопотреблением ядра от 5 Вт. По сути одни и те же процессоры, отличающиеся только частотой, количеством ядер и размером кэшей, теперь используются в ноутбуках, настольных компьютерах, в серверах и платформах для встроенных систем. Сегодня встроенную систему на основе процессора Intel Atom можно масштабировать по цепочке Atom – Celeron – Core2 Duo/Corei3/i5/i7, а платформу AMD – в ряду AMD Embedded G-Series – процессоры под разьёмы (AM3/AM2) – платформа AMD Opteron 4000/6000.

AMD Opteron 4000 ориентирована на встроенные системы уровня производительности high-end, которые используются в телекоммуникационных системах, системах хранения данных и оборудовании для информационно-развлекательных цифровых систем. AMD Embedded G-Series

может послужить основой для создания системных блоков с габаритами 6,3×6,3×0,98 дюймов, использующих 4 Гб памяти DDR3, интерфейс SATA 3 для работы с системой хранения данных, поддерживающих графический интерфейс HDMI и слот расширения на основе шины Mini PCI Express. Описание характеристик системного блока соответствует последней разработке fit-PC3 (рис. 3) компании CompuLab.

Процессоры семейства AMD Embedded G-Series – это анонс 2011 г. В конструкции их кристалла используются одно или два ядра Bobcat x86-архитектуры (64-битные вычисления с плавающей запятой, кэш второго уровня объёмом 1 Мб и рабочая тактовая частота до 1,6 ГГц), а также графический процессор, поддерживающий технологию DirectX 11. В связи с тем, что для многих новых сегментов рынка систем, которые выше определялись как полупромышленные, важна поддержка разнообразных мультимедийных возможностей, в AMD Embedded G-Series широко используются технологии аппаратного ускорения алгоритмов технологий H.264, VC-1, MPEG2, WMV, DivX и Adobe Flash. Габариты процессорной платформы AMD Embedded G-Series менее 900 кв. мм, а максимальное тепловыделение процессоров может составлять 9 или 18 Вт. Для полноты сравнения: в составе платформы AMD Opteron 4000 есть 4- и 6-ядерные процессоры с энергопотреблением менее 6 Вт на ядро. Этот показатель почти на четверть меньше по сравнению с микросхемами предыдущего поколения, что позволяет удвоить вычислительные возможности в рамках одного и того же «бюджета» системы питания.

Использование многоядерных x86-процессоров в аэрокосмических/военных системах способно привнести на этот рынок все достоинства многоядерных платформ, связанные с низким удельным энергопотреблением процессоров и их высокой абсолютной производительностью. При надлежащей оптимизации приложений многоядерные платформы могут лечь в основу надёжного уровня виртуализации ресурсов вычислительных платформ с гарантированными возможностями и свойствами виртуальных ресурсов. Слой виртуальной абстракции способен надёжно изолировать

сложность аппаратной платформы от операционной системы и приложений, обеспечить балансировку нагрузки на ядра и оптимизацию использования ресурсов аппаратной платформы. Но, небольшая «ложка дёгтя». Хотя разработчиками (по крайней мере, зарубежными) накоплен опыт использования одноядерных процессоров в системах для ответственных применений, такого опыта для относительно многоядерных процессоров x86-архитектуры пока нет. Опыт работы с многоядерными процессорами x86-архитектуры копится на промышленном рынке и новых рынках (медицинское приборостроение, оборудование для индустрии развлечений и розничной торговли, информационно-рекламные системы и цифровые системы безопасности). При этом разработка процессорного модуля «с нуля» является непростой интеллектуальной задачей и требует серьёзных денежных затрат. Некоторые из лидеров рынка одноплатных компьютеров оценивают соответствующие инвестиции в сотни тысяч евро. В связи с этим растёт популярность интеграции встроенных систем на базе готовых модульных COTS-компонентов в виде материнских плат и корпусного конструктива или же одноплатных компьютеров и модулей ввода/вывода, подключаемых к объединительной панели и опять же специального (но предлагаемого как COTS-продукт) корпусного конструктива (крейтов).

МАСШТАБИРОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ ВЫБОРОМ ФОРМ-ФАКТОРА МАТЕРИНСКОЙ ПЛАТЫ

Благодаря нескольким ядрам, обеспечивающим не только увеличение



Рис. 3. Системный компьютерный блок fit-PC3 на базе платформы AMD Embedded G-Series

вычислительных ресурсов процессора как таковых, но и более гибкие возможности их распределения между отдельными задачами приложения, один и тот же многоядерный процессор может явиться универсальной платформой для разных встроенных приложений. Специализация конечных систем в этом случае будет определяться спецификацией процессорного модуля, набором его интерфейсов.

В качестве примера можно рассмотреть высокопроизводительную вычислительную платформу на базе четырёхъядерного процессора Intel Core 2 Quad в форм-факторах материнских плат ATX, PICMG 1.3 и Mini-ITX компании IET Technology. Во всех вариантах этой платформы (под этим термином мы подразумеваем уже систему уровня платы) работа процессора поддерживается чипсетом Intel Q965 Express, позволяющим работать с кэш-памятью объёмом 8 Мб по системной шине FSB с рабочей тактовой частотой 1066 МГц. Общим для всех вариантов исполнения является также использование GbEthernet-контроллеров на основе технологии PCI Express. В варианте исполнения в формате платы PICMG 1.3 (модель PCIE-9650, рис. 4а) на модуле устанавливаются два контроллера Intel PC82573L, а на платы форматов ATX (модель IMBA-9654, рис. 4б) и Mini-ITX (модель KINO-

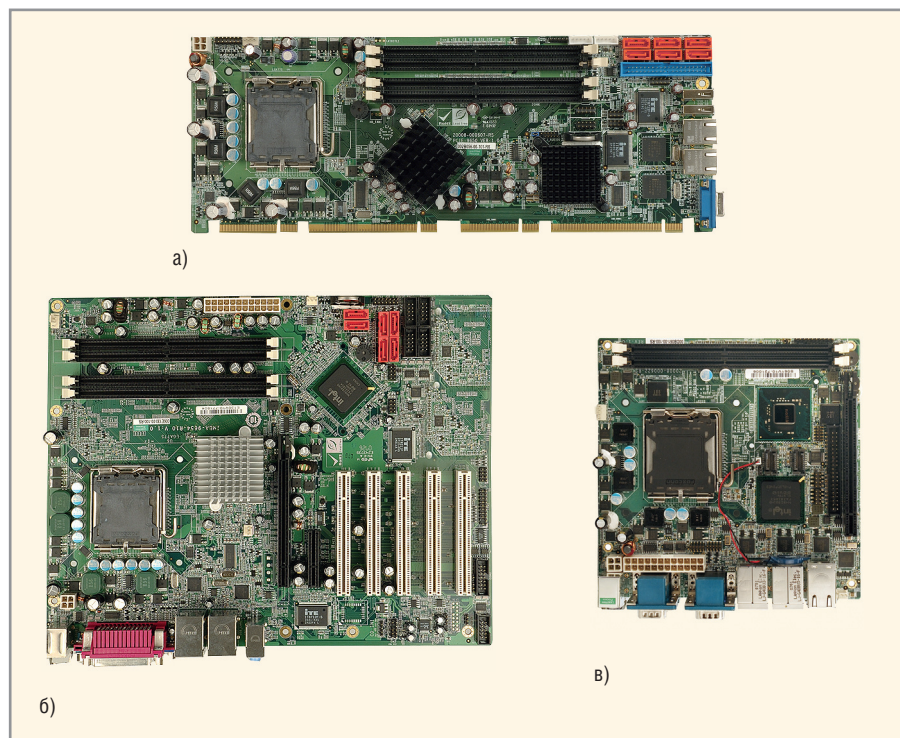


Рис. 4. Вычислительная платформа на базе четырёхъядерного процессора Intel Core 2 Quad в форм-факторах материнских плат PICMG 1.3 (а), ATX (б) и Mini-ITX (в)

9654G4, рис. 4в) – два и четыре контроллера Broadcom BCM5787M соответственно.

Плата формата ATX ориентирована на использование в системах машинного зрения и других приложениях, опирающихся на потоковую передачу больших объёмов данных в реальном времени. Наличие на ATX-плате IMBA-9654 слота расширения на базе шины PCIe x16 позволяет устанавливать на IMBA-X9654 графические модули класса high-end. Ещё три слота расширения на базе интерфейса PCIe x4 позволяют устанавливать, например, фрейм-грабберы (устройства для ввода в компьютер видеосигнала), подключаемые к CCD-камерам (до шести таких камер).

Защищённое подключение к сети, реализуемое в системах на основе платы KINO-9654G4 форм-фактора Mini-ITX, позволяет использовать её для приложений на основе потоковой передачи аудио и видео, для игровых приложений, видеоконференций и в системах видеонаблюдения. Четыре

контроллера PCIe GbE этой платы позволяют организовать резервированное подключение к сети и надёжную работу в режиме 24/7.

Плата PCIe-9650 формата PICMG 1.3 предлагается для приложений на основе интенсивного сбора данных/измерений. В этих приложениях вместе с платой могут использоваться модули сбора данных, подключаемые к ней по шине PCIe x1 через пассивную объединительную панель (компанией IEI разработано семейство почти из двух десятков таких панелей). Эту же плату можно использовать и для телекоммуникационных систем.

МАСШТАБИРОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ В РАМКАХ ОДНОГО И ТОГО ЖЕ ФОРМ-ФАКТОРА МАТЕРИНСКОЙ ПЛАТЫ

Масштабирование вычислительных возможностей платформ уровня материнской платы возможно заменой одноядерных процессоров на двух- и четырёхъядерные без изменения конструкции самой платы.

Примером такой возможности является мультимедийная плата KT780/ATX компании Kontron с разъёмом AM2, позволяющая масштабировать свои компьютерные ресурсы вплоть до установки четырёхъядерной процессорной микросхемы AMD Phenom. Если приложение в своей части, не касающейся работы с видео, не требует слишком больших процессорных ресурсов, то можно обойтись более дешёвым центральным процессором, не поступившись при этом качеством поддержки графики, которое обеспечивается чипсетом AMD RS780 с интегрированным графическим процессором ATI Radeon HD 3200. Чипсет поддерживает технологию DirectX 10, аппаратное ускорение алгоритмов декодирования MPEG2 и H.264, а также работу с двумя дисплеями. Дополнительные возможности масштабирования характеристик поддержки графики этой платой обеспечивает слот на базе шины PCI Express 2.0 для подключения дискретного графического ускорителя. Эта возможность позволяет либо повысить графические вычислительные ресурсы на 150%, либо обеспечить поддержку графики сразу на четырёх дисплеях.

Другим примером масштабирования возможностей модуля одного и того же форм-фактора является платформа на основе стандарта AMC (AdvancedMC, Advanced Mezzanine Cards, мезонинные модули с улучшенными характеристиками*) с габаритами single-width, mid-height компании Extreme Engineering. Сегодня платформа включает модуль XPedite5140 (рис. 5) на основе процессора MPC8641D (два ядра e600 с архитектурой Power) от компании Freescale и XPedite7040 – на процессорах Intel Core Duo или Intel Core2 Duo.

AMC-модуль XPedite5140 был задуман как стандартная платформа для встраиваемых военных применений, а модуль XPedite7040 предлагается для приложений, где тре-

* Advanced Mezzanine Cards (AMC, AdvancedMC) – стандарт мезонинных модулей для масштабирования характеристик модульной системы стандарта ATCA (AdvancedTCA, Advanced Telecommunications Computing Architecture, улучшенная архитектура вычислительных систем для телекоммуникаций). Предназначенные изначально для масштабирования возможностей отдельных модулей формата AdvancedTCA, мезонины AdvancedMC послужили также основой для создания экосистемы стандартов модульной платформы MicroTCA, позволяющей создавать встроенные системы исключительно на базе модулей формата AdvancedMC. На основе платформы MicroTCA сегодня можно построить как небольшую систему, по своим возможностям отвечающую требованиям к промышленным компьютерам на основе системного блока с умеренными габаритами, так и систему для высокопроизводительных вычислений с жидкостным охлаждением, резервированной подсистемой питания и многоуровневым системным управлением (shelf management).

буется совместимость с архитектурой x86.

И уж если в поле нашего внимания попала экосистема AMC-модулей, уместно вспомнить о возможностях масштабирования платформ на основе модульных крейтовых систем, будь то системы на основе параллельных шин CompactPCI или VMEbus или на основе коммутируемых последовательных высокоскоростных интерфейсов (среди наиболее перспективных – платформы MicroTCA и VPX). Подобные встроенные системы обладают гораздо большими диапазонами масштабирования по сравнению с системными блоками на основе материнских плат или COM-модулей, позволяя расширять возможности встроенной системы «квантами» в рядах: стойка (Rack), крейт (Shelf), модуль (SBC/Blade), мезонин (AMC/PMC/XMC). Однако масштабирование стойками и крейтами – это, скорее, из области телекоммуникационного оборудования операторского класса (Carrier Grade), области элитарных разработок со своими нишевыми требова-

ниями и правилами игры. В данной же статье ограничимся рассмотрением лишь некоторых аспектов масштабирования модульных встроенных систем масштаба крейта (рис. 6), ориентированных в первую очередь на приложения в области промышленной автоматизации, авиации, управления на транспорте, медицинского приборостроения. Если говорить о конкретных стандартах (а в начале статьи было упомянуто о том, что использование форм-факторов открытых стандартов задачи масштабирования упрощает), то это VME/VPX; CompactPCI/CompactPCI Plus; ATCA/MicroTCA.

НАИБОЛЕЕ ПОПУЛЯРНЫЕ СТАНДАРТЫ МОДУЛЬНЫХ КРЕЙТОВЫХ СИСТЕМ

Модульные системы VME (VME32, VME64, VME2eSST) за рубежом обслуживают в первую очередь интересы оборонных приложений (около 75% внедрений). Проект VPX (VITA 46) позволил внедрить в экосистему стандартов VME высокоскоростные последовательные интерфейсы с пропуск-

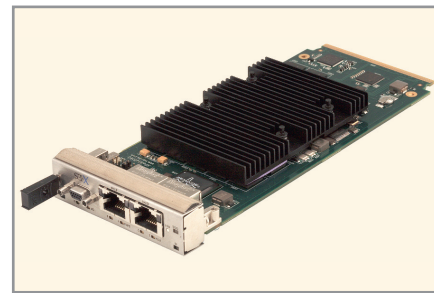


Рис. 5. Модуль форм-фактора AdvancedMC XPedite5140 на основе процессора MPC8641D

ной способностью выше предела в 2 Гбит/с, которым ограничена пропускная способность шин, использовавшихся в системах VME предыдущих поколений. В системах на базе экосистемы стандартов VPX увеличено также количество высокоскоростных пользовательских выводов для организации системы ввода/вывода. С появлением же стандарта OpenVPX (VITA 65) стала реальностью интероперабельность VPX-компонентов разных поставщиков.

В основе архитектуры систем CompactPCI – подключение отдельных модулей, из которых набирается система, к параллельной шине PCI, реа-

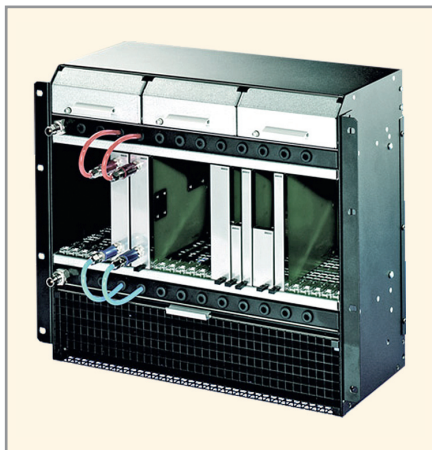


Рис. 6. Типичный вид крейта модульной системы (показан крейт системы MicroTCA с установленными модулями разных габаритных типономиналов)

лизированной в конструкции пассивной объединительной панели. Помимо использования в промышленных системах, на транспорте и в телекоммуникациях, CompactPCI-компьютеры в конструктивном исполнении, использующем кондуктивное охлаждение, применяются на рынке военных приложений. В числе достоинств стандарта CompactPCI на этом сегменте рынка – преимущество перед VME в плане полосы пропускания объединительной панели, возможность организации 64-разрядных вычислений в системах формата 3U и развитая в них поддержка тыльного ввода/вывода, что особенно необходимо для встроенных систем, работающих в жёстких условиях внешних механических воздействий. Нельзя сбрасывать со счетов и популярность шины PCI. Разработчики приложений, как правило, осведомлены о подводных камнях программирования под неё лучше, чем о VME-программировании, с особенностями которого разработчики, практиковавшиеся на «гражданских» сегментах рынка встроенных систем и компьютерной техники, сталкиваются редко. К тому же не будет преувеличением утверждение о том, что существуют масса программных COTS-продуктов, совместимых с CompactPCI.

Недостатком стандарта CompactPCI является отсутствие в объединительной панели поддержки таких технологий, как PCI Express, Ethernet, SATA и USB. В связи с этим в рамках инициативы CompactPCI Plus развивается система стандартизации, позволяющая интегрировать эти технологии в платформу Com-

compactPCI. Новая платформа CompactPCI Plus сохраняет привычные достоинства платформы CompactPCI (3U/6U Евромеханика, стандарт стойки 19", апробированные технологии вибро- и противоударной защиты, конвективного и кондуктивного охлаждения, предоставление пользователю возможностей тыльного и фронтального ввода/вывода, стандартная элементная база микросхем), используя все преимущества коммуникаций по объединительной панели на основе современных интерфейсных технологий вплоть до PCI Express 2.0, 10 Gigabit Ethernet, SATA 3.0 и USB 3.0. Ядром новой платформы CompactPCI Plus является спецификация нового периферийного слота, поддерживающего технологии коммуникаций PCI Express, SATA, USB и Ethernet. Система стандартов семейства CompactPCI Plus включает в себя и технологию «безударного» перехода на неё с платформы CompactPCI (на основе гибридной объединительной панели), и переход «скачком» на основе объединительной панели «чистой» системы CompactPCI Plus.

Набор спецификаций платформы MicroTCA определяет набор требований к модульной платформе, в которой мезонинные модули стандарта AdvancedMC работают совместно на основе коммуникаций по объединительной панели. На основе платформы возможно построение весьма небольшой (пико-) системы, в состав которой будут входить модуль одноплатного компьютера, модуль жёсткого диска, модуль ввода/вывода и модуль системы питания. В то же время на базе спецификаций MicroTCA можно создавать оборудование, поддерживающее высокопроизводительные вычисления на базе модулей шести габаритных типономиналов, с резервированной подсистемой коммутации MicroTCA Carrier Hub (MCH), резервированной подсистемой питания и многоуровневым системным управлением. Спецификации семейства Rugged MicroTCA specification обеспечивают создание систем, стойких к неблагоприятным условиям эксплуатации. А в связи с тем, что на рынке востребованы и системы с простыми требованиями к уровню надёжности, системы, эксплуатируемые в «комнатных» условиях, вендоры MicroTCA-обору-

дования разрабатывают аппаратные компоненты, которые поддерживают упрощённые возможности по сравнению с базовыми спецификациями стандартов.

ПРИНЦИПЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ МОДУЛЬНЫХ КРЕЙТОВЫХ СИСТЕМ

При создании встроенной системы на базе крейта с объединительной панелью как минимум придётся определиться с набором модулей, который сможет реализовать необходимый функционал законченной системы (а это процессорная система, модуль (модули) ввода/вывода, модуль (модули) жёсткого диска или твердотельной памяти), и выбрать шинную архитектуру объединительной панели, пропускная способность которой позволит этим модулям работать в приложении совместно (один из вариантов шины VME или шина CompactPCI для умеренной и средней пропускной способности; GbEthernet, SRIO, PCIe на основе технологии switch fabric, если нужны многогигабитные полосы пропускания). Последние три технологии давно присутствуют на рынке, привычны для многих разработчиков и имеют такие особенности, как развитая экосистема (Ethernet, PCIe), программная совместимость с хорошо известной шиной PCI (PCIe), энергоэффективность, поддержка одноранговых коммуникаций, высокая пропускная способность полезных данных (SRIO).

Технологии Ethernet и SRIO поддерживают возможность инкапсуляции широкого спектра протоколов, обеспечивая, в том числе, и возможность «безударного» перехода на перспективные типы объединительных панелей. Для примера можно упомянуть, что существующая спецификация инкапсуляции протокола Ethernet в протокол RapidIO позволяет разработчикам использовать программное обеспечение, написанное «под Ethernet», в системе, созданной на основе технологии RapidIO.

Нынешний Ethernet может работать на скоростях 10/100 Мбит/с; 1/10 Гбит/с. Технологии PCIe и SRIO поддерживают более широкий «динамический диапазон» скоростей передачи данных и числа линий (lane) их передачи. Стандарт PCIe 2.0 использование двух скоростей передачи дан-

ных по линии – 2 Гбит/с или 4 Гбит/с. Технология RapidIO поддерживает скорости передачи данных по линии 1; 2; 2,5; 4 и 5 Гбит/с. Как PCIe, так и RapidIO поддерживают возможности использования комбинаций линий передачи с их числом от одного до 16. Спецификация PCIe поддерживает возможность использования также и 32 линий.

Представление об уровнях коммуникаций, введённое в стандартах платформ AdvancedTCA и MicroTCA, используется и в стандарте OpenVPX. Эта концепция разбиения передаваемых сигналов и данных на категории Utility (рабочие сигналы), Management (сигналы и данные управления), Control (сигналы и данные контроля), Data (полезная нагрузка) и Expansion (коммуникации с модулями расширения) позволяет разбить требования к коммуникациям по категориям, не меняя при этом физической структуры платформы системы MicroTCA или VPX.

Форм-факторы VME/VPX; CompactPCI/CompactPCI Plus; ATCA/MicroTCA поддерживают установку процессорных платформ Power и x86, а системная архитектура крейтов VME/VPX; CompactPCI/CompactPCI Plus; ATCA/MicroTCA обеспечивает широкие возможности масштабирования не только внутрисистемных коммуникаций, но подсистемы ввода/вывода внешних сигналов и вычислительной подсистемы. Для этого можно увеличивать количество модулей (процессорных и/или ввода/вывода), используя крейт с большим количеством слотов (или используя предусмотрительно зарезервированные слоты), или устанавливать на модулях мезонины (расширяющие либо вычислительные

возможности, либо подсистему ввода/вывода).

В качестве некоей общей иллюстрации дискретности этих возможностей можно вспомнить набор типоразмеров модулей формата AMC, которые могут устанавливаться в крейт платформы MicroTCA (см. рис. 6). Этот набор включает шесть вариантов – single-wide, half-height; single-wide, full-height; double-wide, half-height; double-wide, full-height; single-wide, mid-height; double-wide, mid-height – с максимальными габаритами модуля 181,5 × 148,5 мм и энергопотреблением 80 Вт. Каждый AMC-модуль как минимум не слабее по своим возможностям любого современного, а тем более, унаследованного (legacy) одноплатного компьютера. При этом динамический диапазон масштабирования крейта MicroTCA начинается от систем с габаритами ноутбука.

Пример – система CEN-PICO-1US (рис. 7), которая представляет собой полностью готовое к использованию оборудование с габаритами 4,5 × 33 × 20 см. При этом в системе может быть размещено до двух стандартных single-wide AMC-модулей (т.е. модулей единичной ширины) или один двойной ширины (double-wide). Используемые модули обеспечиваются возможностями питания и управления в соответствии со стандартом PICMG MicroTCA.0 R1.0 благодаря применению в CEN-PICO-1US специализированного модуля контроллера системного управления и питания (System/Power Controller, SPC). Для каждого AMC-модуля базовый канал Gigabit Ethernet (Port 0) заводится через SFP-разъём контроллера SPC. Кроссовая схема объединительной

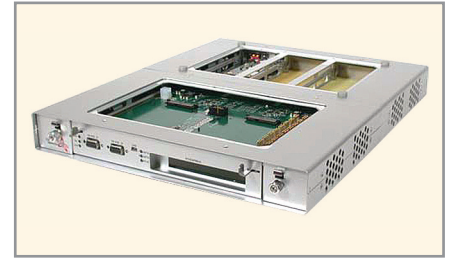


Рис. 7. CEN-PICO-1US – блок платформы MicroTCA в габаритах 4,5 × 33 × 20 см



Рис. 8. Стойка системы на базе стандарта MicroTCA в конструктиве Rittal Compact Cooling Package

панели обеспечивает работу системы без дополнительного коммутатора.

Верхняя же граница масштабирования платформы MicroTCA вблизи систем масштаба изображена на рис. 8. Это решение поддерживает теплоотвод до 1200 Вт при внешней температуре до 55°C на высоте до 1800 м над уровнем моря.

