

# Особенности стандартизации малых форм-факторов на рынке встроенных систем

Пётр Павлов (Москва)

**Постоянное расширение спектра приложений для встраиваемых систем и совершенствование конструкций и характеристик электронных компонентов затрудняют стандартизацию форм-факторов готовых модульных компонентов, предлагаемых в качестве COTS-продуктов.**

## ВВЕДЕНИЕ

SFFB (Small Form Factor Boards, компактные процессорные модули и модули ввода/вывода) – один из сегментов рынка макрокомпонентов для современной цифровой и компьютерной электроники встраиваемых систем. Их использование позволяет ускорить разработку и наладить производство конечной электронной системы, избежав к тому же и части финансовых затрат, которые в противном случае пришлось бы израсходовать на разработку схемотехники печатных плат и подготовку их производства.

Не стоит сбрасывать со счетов и тот факт, что присутствие на рынке стандартных макрокомпонентов класса SFFB с длительной поддержкой их жизненного цикла вендорами обеспечивает конструкторов стабильной знакомой платформой для новых разработок. Это опять же выливается в измеряемые показатели эффективности труда: снижение времени проведения и стоимости нового проекта и повышение качества функциональных возможностей разработанной системы.

Стандартизация SFFB имеет привлекательные стороны и для вендоров. При продвижении стандартных продуктов можно меньше внимания уделять рекламе достоинств собственно стандарта, разделив это бремя с участниками «экосистемы» стандарта, и больше – маркетингу конкретных продуктов. И ещё один плюс: при разработке и производстве стандартных компонентов класса SFFB вендоры могут воспользоваться преимуществами отработанности стандарта (рекомендаций в части габаритов, разъёма, приёмов «раггедизации», т.е. повышения стойкости к неблагоприятным условиям эксплуатации) для ускорения и удешевления собственных разработок SFFB-макрокомпонентов.

Фундамент стандартизации процессорных модулей и модулей ввода/вывода – это форм-фактор. Это понятие

включает габариты, системный разъём и монтажные элементы модуля.

## НЕСТАБИЛЬНОСТЬ НА РЫНКЕ SFFB

В последние годы аналитики рынка обратили внимание на «взрывное» расширение номенклатуры стандартов SFFB. Об этом, в частности, пишет Рей Олдерман [1]. Вкратце, его «претензии» к этому сегменту рынка сводятся к тому, что потребителю активно предлагают несколько десятков форм-факторов SFFB. При этом общее число форм-факторов, поддерживаемых поставщиками, приближается, возможно, к трёхзначному числу.

По мнению Билла Керета [2], полноценные экосистемы форм-фактора сформированы лишь вокруг малого числа стандартов SFFB. Он считает, что под развитием стандартов в области SFFB-форматов необходимо подвести черту, в противном случае можно ожидать роста количества неудачных проектов в области системной интеграции, а рынок может понести серьёзные потери из-за отсутствия стандартов, поддерживаемых необходимым количеством поставщиков.

Нельзя не заметить, что расширение номенклатуры стандартов SFFB свидетельствует не только о незрелости рынка или безответственности тех, кто занимается «переводом формата материнской платы для настольного компьютера в продукт, который, по мнению его создателей, подойдёт и для мира встроенных систем» [1]. Процесс имеет и объективные предпосылки.

«Созревание» новых сегментов рынка современной электроники – один из объективных факторов многообразия стандартов SFFB, который затрагивает не только прикладные сегменты рынка электроники (цифровые информационно-рекламные систем, мобильные информационно-развлекательные устройства и пр.), но и технологические (новые процессоры и интерфейсы).

Когда рынку были представлены процессоры с архитектурой x86 и энергопотреблением sub-10W, т.е. ниже 10 Вт (семейства Intel Atom и VIA Nano), компании congatec AG, MSC Vertriebs и Seco инициировали разработку открытого стандарта модуля, позволяющего использовать подобные процессоры в приложениях с питанием на основе аккумуляторов. Этот проект получил наименование QSeven (<http://www.qseven-standard.org>). В названии проекта зашифрован форм-фактор модуля на базе нового стандарта (Q – квадратный, а Seven – сторона квадрата, 7 см). Сегодня QSeven используют разработчики около трёх десятков компаний – поставщиков SFFB. До этого самым популярным «квадратным» форм-фактором SFFB был, вероятно, PC/104 (9,1×9,7 см).

Следует напомнить, что не так давно повышение энергопотребления процессоров Intel заставило дополнить экосистему модулей PC/104 форм-факторами EBX и EPIC, превосходящими по габаритам PC/104. Чуть более 10 лет тому назад габаритов PC/104 перестало хватать для размещения новых на тот момент процессоров и микросхем Intel, и появилась спецификация EBX (Embedded Board eXpandable, встраиваемая плата с расширенными возможностями) с габаритами модуля 146×203 мм, а позже, в 2004 г., ещё и EPIC (Embedded Platform for Industrial Computing, платформа для встраиваемых промышленных компьютерных систем) с габаритами 115×165 мм. С появлением процессоров Intel с ультранизким напряжением питания (ULV) (Centrino и позднее Atom) габаритов форм-фактора PC/104 вновь оказалось достаточно для размещения процессоров Intel, рассчитанных на встроенные системы и поддерживающих современные технологии отображения и связи.

Нестабильность стандарта SFFB можно отметить и в развитии спецификаций ещё одной популярной экосистемы рынка SFFB – модулей COM/COM Express. Концепция COM/COM Express разрабатывается с учётом потребностей, в первую очередь, «возникающих» и «растущих» рынков, таких как торговое и рекламное оборудование (ин-

формационные и торговые киоски, оборудование для приёма платежей по кредитным картам), медицинское оборудование (графические подсистемы), оборудование для индустрии развлечений. Этот форм-фактор мог найти своё применение и в «зрелых» сегментах – автоматизированном контрольно-измерительном и испытательном оборудовании, промышленной автоматике и оборонных приложениях.

Для всех этих рынков использование COM позволяет реализовать модульный принцип создания специализированных систем на основе покупного вычислительного хоста (COM класса COTS) и заказной платы со специализированными интерфейсами ввода/вывода и/или специализированной обработкой данных на основе ПЛИС (FPGA).

Рынок модулей COM (Computer-On-Module, компьютер на модуле) начал формироваться примерно в 1995 г. Первым COM класса COTS можно считать модуль на базе процессора Pentium MMX/166 МГц с габаритами 60 × 68 мм (изделие компании DIGITAL-LOGIC). В дальнейшем форм-фактор модулей COM стал увеличиваться, и эти модули достигли в определённый момент габаритов 155 × 110 мм (спецификация Extended COM Express). «Суперкомпактные» модули COM на основе процессоров x86 со средней и высокой производительностью в габаритах 55 × 84 мм (менее 40% по сравнению с модулями COM Express Basic) были созданы с появлением SoC-процессоров архитектуры x86, изготавливаемых по технологии с проектными нормами 45 нм. К настоящему времени, устоявшееся ядро «экосистемы» COM Express – это модули в габаритах mini, compact и basic (см. табл. 1).

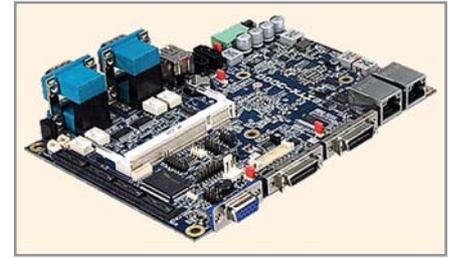
Одним из компонентов форм-фактора является системный разъём, поэтому новые форм-факторы SFFB появляются и вследствие внедрения новых интерфейсов. Так, для SFFB-модулей COM Express предлагается несколько системных разъёмов, что приводит к фактическому расширению номенклатуры форм-факторов COM Express. Первоначально речь шла о пяти вариантах набора коммуникационных интерфейсов в системном разъёме (Type 1/2/3/4/5). И хотя рыночная доля изделий COM Express с разъёмами Type 1 и Type 2 (базовый вариант стандарта COM Express) может, по некоторым оценкам, достигать 90%, понятно, что в самом начале «пути» внутри только одного семейства стандарта SFFB был заложен огромный

простор для вариаций форм-фактора. Сегодня существует версия стандарта COM Express 2.0, в котором описан, в том числе, разъём Type 10.

Изменения, внесённые в спецификацию COM Express 2.0, носят именно «интерфейсный характер». В стандарте предусмотрена поддержка HDMI и DisplayPort, а также звуковых интерфейсов Audio Codec '97 (AC'97) и HD Audio.

Кроме поддержки мультимедиа на основе современных стандартов, спецификация COM Express 2.0 предусматривает поддержку технологии USB 3.0. Добавление же поддержки технологии SPI в стандарте COM Express 2.0 при сохранении интерфейса LPC позволяет перейти на более современные технологии работы с BIOS.

Ещё один пример влияния потребности в широкой номенклатуре интерфейсов на номенклатуру форм-факторов SFFB – развитие линейки стандартов компактных материнских плат ITX. После успешного вывода на рынок форм-фактора материнской платы Mini-ITX, компанией VIA Technologies был разработан стандарт Nano-ITX на основе плат с габаритами 120 × 120 мм. Поместить компьютерную систему в таких габаритах позволил прогресс в микроархитектурах процессоров и технологиях производства полупроводниковых микросхем, а также технологиях управления энергопотреблением. Анонс нового стандарта состоялся в марте 2003 г., а на рынок изделия Nano-ITX вышли в 2005 г. Столь большой перерыв между анонсом



Материнская плата в форм-факторе Em-ITX

и выходом на рынок может являться косвенным свидетельством того, что очередной шаг VIA Technologies в направлении миниатюризации материнских плат (в два раза по сравнению с Mini-ITX) дался компании непросто.

Прошло четыре года, и VIA Technologies анонсировала весной 2009 г. форм-фактор Em-ITX с габаритами 120 × 170 мм. Он компактнее форм-фактора Mini-ITX на 30%, однако обеспечил больше места для интерфейсных портов и разъёмов (см. рисунок). Последние размещены как вдоль длинных кромок печатной платы (RS-232/422/485, RJ45, DVI, VGA, LVDS, USB 2.0, разъём питания), так и параллельно короткой стороне (Em-IO). Выводы разъёма Em-IO – это порты USB 2.0, GPIO, LPC, PCI Express, IDE, IEEE 1394, Serial ATA, PCI, DVI, HDMI, GE и Card Bus.

### ПРИЧИНЫ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

В публикации [3] представлены мнения руководителей ведущих компаний, работающих на рынке SFFB, которые заявили, что конкуренция форм-факторов SFFB способствует высокому уровню инноваций, что хорошо и для поставщи-

ков, и для конечных потребителей. Прозвучала критика в адрес компаний связи, тормозящих обновление линеек SFFB из-за чрезмерной, по мнению поставщиков, длительности штатного периода амортизации сетевого оборудования.

Но и попытки изготовителей SFFB навязать рынку «инновационные» продукты иногда приводят к тупиковым решениям. В своё время было объявлено о создании рабочей группы E2Brain Interest Group для объединения усилий по разработке и продвижению на рынок «компьютеров на модуле» форм-фактора E2Brain на базе RISC-процессоров. В состав группы вошли компании Kontron, MAZeT и Ultratronik (все – Германия), Odyssee (Франция), UniControls (Чехия). По прогнозам, к середине 2006 г. в состав E2Brain Interest Group должны были войти около 15 компаний.

Форм-фактор E1Brain, созданный в рамках концепции COM, должен был обеспечить заказчиков платформой со специфичным набором интерфейсов, нестандартным для CISC-процессоров, но обычным для RISC-процессоров, в первую очередь, на основе архитектуры Power. Это – специальные интерфейсы связи, подобные UTOPIA, разнообразные последовательные интерфейсы с поддержкой нескольких протоколов, большое число портов Ethernet. Модули E1Brain предназначались для использования в сетевом и телекоммуникационном оборудовании, а также во встроенных системах для транспорта, военных систем и медицинского оборудования.

Серьёзность намерений участников E2Brain Interest Group была подтверждена конкретными разработками. Немецкая фирма MAZeT выпустила E2Brain-модуль MEB 5200 на базе процессора MPC5200. Помимо обычных ПК-интерфейсов PCI, IDE, USB и Fast Ethernet, он поддерживал CAN, I<sup>2</sup>C и SPI. Французская компания Odyssee, специализирующаяся на заказных разработках встраиваемых систем для жёстких условий эксплуатации, использовала модули E2Brain EB8540/41 производства Kontron на базе процессоров MPC8540/8541 для создания системы связи на подводной лодке.

Однако сегодня информация о модулях E1Brain на рынке SFFB практически отсутствует, и процессоры с архитектурой Power в модульных COTS-компо-

нентах чаще анонсируются в модулях форм-факторов стандартов VITA и CompactPCI. В этих габаритах они успешно используются для планомерной модернизации военных систем и систем связи. Благодаря военному сегменту рынка, экосистема компонентов VITA (платформа VME/VXS/VPX) уверенно растёт на 9% в год. При этом на форм-факторы VME (VME32, VME64, VME2eSST), «долгожителей» этого рынка (время поддержки форм-факторов исчисляется десятилетиями), за рубежом приходится до 75% рынка, а на VPX – около 20%. Помимо архитектуры Power, в номенклатуре модулей VITA и CompactPCI в форм-факторе с габаритом 6U можно найти процессор Atom, а в модуле с форм-фактором 3U – серверный Xeon.

Спрос на модернизацию военного и промышленного оборудования, продуманность спецификаций и приёмов масштабирования систем на их основе – важные причины консерватизма форм-факторов стандартов VITA и CompactPCI. Разъёмы этих модулей имеют широкий набор т.н. пользовательских выводов, которые можно задействовать в специализированных разработках.

Изменчивость стандартов рынка SFFB в значительной степени связана с массированным присутствием SFFB на рынках потребительской и «полупромышленной» электроники (игрового оборудования и оборудования для индустрии развлечений, POS/POI-терминалов, уличных информационных табло), активно использующей графические подсистемы. Анализ такого рынка привёл изготовителей оборудования к заключению, что здесь встроенные системы не нуждаются в поддержке стабильной платформой более пяти лет, поскольку прогресс графических технологий заставляет применять платформы следующего поколения каждые два-три года. Подобная ситуация наблюдается и в развивающихся приложениях, связанных с распространением видео высокого разрешения. В этом сегменте рынка требования к качеству воспроизведения, экономии трафика и защите содержимого приводят к относительно частому появлению новых протоколов, совершенствованию процессоров в части поддержки декодирования видеопотоков и технологий шифрования, подобных HDCP (High-bandwidth

Digital Content Protection, защита содержимого при широкополосной передаче), что вынуждает заменять аппаратные платформы.

### Точка возмущения: WINTEL ПРОТИВ RISC И LINUX

Ещё один фактор изменчивости аппаратных платформ рынка SFFB носит фундаментальный характер и связан с перераспределением рынка между базовыми платформами. До недавнего времени компоненты SFFB проектировались, как правило, в расчёте на промышленный рынок встроенных систем массовых технологий и программных продуктов из мира ПК. Рынок COTS SFFB ассоциировался с платформой WINTEL (точнее, Windows и x86), но с 2010 – 2012 гг. можно, пожалуй, начать отсчёт новой эры, эры превращения в массовый потребительский продукт, наряду с ПК, ещё и мобильных компьютеров в виде смартфонов, планшетов, ноут-/нетбуков. Кроме того, портативные устройства превращаются в массовый инструментальный бизнеса, служб АСУТП, сервисных и ремонтных бригад в промышленности, энергетике и на транспорте.

Происходит эволюционный рост вычислительных возможностей базовых процессорных платформ для смартфонов и планшетных компьютеров с сохранением умеренного энергопотребления. Ещё год назад упомянутые компьютерные системы строились на базе двухъядерных микросхем от компаний Qualcomm (Snapdragon), Nvidia (Tegra 2), Apple (A5). А уже в 2012 г. мы видим внутри смартфонов и планшетных компьютеров процессоры Snapdragon S4 и Tegra 3, которые способны обрабатывать трёхмерную графику и видео высокого разрешения. В то же время конкурентоспособность мобильных платформ на базе процессоров семейства Intel Atom падает из-за низкой производительности и энергоэффективности. Компания Intel в начале 2012 г. назвала в качестве внедрений процессоров Medfield лишь смартфон на базе операционной системы Android для китайского рынка и, возможно, смартфон и планшет от Motorola во второй половине 2012 г. Напротив, компания Qualcomm предлагает на базе архитектуры ARM семейство процессоров Snapdragon S4, на основе которого различные компании разрабатывают около 70 моделей смартфонов.

В 2011–2012 гг. ясно обозначился закат монополии платформы WINTEL во встраиваемых компьютерных техноло-

Таблица 1. Габариты модулей COM Express (по материалам <http://emea.kontron.com/COMExpress>)

Вариант форм-фактора	basic	compact	mini
Габариты, мм	95 × 125	95 × 95	55 × 84

гиях, и началась их переориентация на архитектуру RISC/RISC&GPU и ОС Linux.

Устройства на базе SFFB с процессорами RISC/RISC&GPU и ОС Linux могут служить основой энергоэффективных встраиваемых систем, поддерживающих развитие графические интерфейсы и работу с мультимедийными данными в сети Интернет, создавая сильную конкуренцию ПК-совместимыми SFFB. Рост применений SFFB с RISC/RISC&GPU и ОС Linux/Android на потребительском рынке неизбежно приведёт к развитию экосистемы программных продуктов и инструментария до уровня насыщенности, который достигнут на рынке ПК-совместимых платформ. При этом процессорная платформа RISC/RISC&GPU и ОС Linux/Android вполне может использоваться на модулях уже созданных форм-факторов (см. Дополнительные материалы на сайте журнала).

Возможность применения уже созданных стандартов форм-факторов не тормозит появление новых стандартов, уже «конкретно под ARM». Это, в частности, т.н. ULP-COM – спецификация компьютера на модуле. В ней мы видим не самые маленькие габариты (два формата, 82 × 80 и 82 × 50 мм) и знакомый по стандарту Qseven разъем MXM, но с новым назначением выводов.

Компании, поддержавшие новый стандарт ULP-COM, намерены развивать его в рамках новой группы по стандартизации встраиваемых технологий (Standardization Group for Embedded Technologies, SGET), которая видится её создателям «влиятельным международным комитетом в области стандартизации встраиваемых компьютерных технологий, работающим значительно быстрее и со значительно меньшим числом бюрократических преград по сравнению с подобными организациями. Для этого SGET, помимо прочего, установила упрощённые правила и более короткие сроки согласования возражений, что позволит утверждать спецификации в более короткие сроки» [4]. В свою очередь, ассоциация VITA [1] взяла в разработку новые стандарты для систем, эксплуатирующихся в жёстких условиях, названия и базовые показатели которых приведены в таблице 2. Все это может привести к новым «возмущениям» на рынке SFFB.

Что касается рынка SFFB за пределами сфер влияния VITA и PICMG, то работа, например, ассоциации SFF-SIG (Small Form Factor Special Interest Group,

Таблица 2. Новые стандарты VITA, находящиеся в разработке

Характеристики стандарта	Стандарт		
	VITA-73	VITA-74	VITA-75
Тип разъёма	ERNI MicroSpeed	Samtec Searay	MultiGig RT-2
Предельная рабочая частота разъёма, ГГц	10	9,5	5
Габариты модуля, мм	71 × 101,5	89 × 75	90 × 100

специализированная рабочая группа по стандартизации в сфере компактных модулей) привела к созданию не только конкретных стандартов, но новых принципов стандартизации SFFB.

Стандарты COMIT (Computer-On-Module Interconnect Technology, технология подключения COM-модулей) и SUMIT (Stackable Unified Module Interface Technology, спецификация разъёма для создания «этажерочных» конструкций) ассоциации SFF-SIG отделили развитие наборов интерфейсов, поддерживаемых SFFB, от выбора оптимальных форм-факторов компьютерных модулей для встраиваемых систем. Стандарты COMIT и SUMIT являются универсальными для любого форм-фактора, включая внутрифирменные. Они определяют лишь набор интерфейсов, назначение выводов и расположение разъёма относительно ближайших крепёжных отверстий.

Кроме того, ассоциацией SFF-SIG разработан стандарт Industry Standard Module (ISM), который определяет габариты модуля (приблизительно 100 × 100 мм) безотносительно поддерживаемых интерфейсных технологий, тем самым защищая инвестиции в разработку корпусов и технологий крепе-

ния одноплатных компьютеров и модулей расширения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вполне объективные факторы не позволяют надеяться на стабилизацию набора форм-факторов модульных COTS-компонентов класса SFFB. Важнейшим из таких факторов является расширение спектра приложений для встраиваемых систем, в том числе для задач с жёсткими ограничениями по массогабаритным характеристикам и энергопотреблению в сочетании с высоким уровнем надёжности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Alderman R. The invasion of the form factors. <http://vita-technologies.com/articles/the-invasion-the-form-factors/>.
2. Kehret B. NanoATR shrinks VPX into byte-sized cubes. <http://vita-technologies.com/articles/nanoatr-kehret-president-ceo-themis-computer/>.
3. SFF market: Healthy diversity, or option overload? <http://smallformfactors.com/articles/sff-healthy-diversity-option-overload/>.
4. [http://www.sget.org/news/view/article/new-embedded-consortium-for-standardization-management.html?no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=24](http://www.sget.org/news/view/article/new-embedded-consortium-for-standardization-management.html?no_cache=1&tx_ttnews%5BbackPid%5D=24).

