

ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РУБЕЖА ДЕСЯТИЛЕТИЙ

Е.В. Деревяго (Компания "Флекс Инжиниринг")

Описано состояние отрасли встраиваемых компьютерных технологий за последние 10 лет. Особое внимание уделено процессорам и одноплатным компьютерам. Представлены новинки продукции и основные игроки рынка встраиваемых решений.

Ключевые слова: процессоры, одноплатные компьютеры, рассеиваемая мощность, компьютеры-модули.

Упомянутый в названии временной стык десятилетий, сколь бы ни был условен, получился весьма чувствительным, в архив положено 10% истории XXI века, а равно и 1 % нового тысячелетия. Информационные технологии нового века характерны глобальным распространением, касающимся всех сфер человеческой деятельности и каждого человека персонально, вплоть до ряженных рекламных папуасов с сотовыми телефонами на набедренных повязках. Основа всех информационных технологий — устройство логической и арифметической обработки, собственно процессор — небольшая кристаллическая пластинка, плотно напичканная транзисторами. Толщина кремниевой основы обозначает степень развития технологий. На заре нового века человечество восторгалось пленками толщиной в десятки микрон и миллионами транзисторов на 1 см² соответственно, а ныне спокойно, как должное принимает прозрачные 32-нанометровые основы, которые трудно назвать пластинами с почти миллиардной популяцией транзисторов.

Персонально встраиваемые

Из модных технических терминов встраиваемость уступает лишь пресловутым "нанотехнологиям". Идея очевидна, придание новых свойств знакомым вещам, в противоположность лихому большевистскому "до основания, а затем...". Значительная часть усилий так или иначе связана с внедрением элементов информационных технологий, равно служащих человеку и в работе, и в отдыхе. Встроенное компьютерное ядро несет с собой синтетический интеллект, одухотворяя объект до современных цифровых кондиций. Объектом может быть решительно все: машина, агрегат, система, процесс, кухня, компьютер, печатная плата; далее со всеми остановками по мере функционального уплотнения логической электроники измельчается объект интегрирования с одновременным расширением сферы применимости до и за пределы планеты. В огромном мире встраиваемой электроники есть некая поляна, огороженная полосатыми столбиками с табличкой "x86". Специалисты знают — это как генетический код ПК — в оригинале РС (Personal

Computer), последнее известно всем на свете, независимо от собственных взаимоотношений с этим явлением. Сам термин был наполнен смыслом на заре эволюции как противопоставление огромным многопользовательским компьютерам-динозаврам, измерившимся, как и ящеры, тоннами и сотнями киловатт, ныне это просто традиция, многолетняя привычка вкуче с ОС Windows — дружественная вычислительная среда. Еще ближе к компьютеру универсальный человеко-машинный интерфейс НМІ, низведенный до уровня распознавания простых графических пиктограмм и воздействия на них одним пальцем, уже сегодня готовый избавить человека от последнего интеллектуального усилия — читать написанный текст. Никакая техническая целесообразность не может спорить с желаниями массового пользователя, подкрепленными огромными библиотеками программных разработок, легионами разработчиков сколь изошренных, столь и недорогих в эксплуатации. Движимое ленью и жадностью человечество заинтересовано в интеграции этой простой доступной и недорогой технологии везде, где она может применяться, а готовая к услугам промышленность виртуозно видоизменяет привычный облик ПК под самые невероятные задачи.

Широкому зрителю доступны видимые результаты мимикрии персоналок — это ПК-блокноты и еще более скромные в размерах netbook, есть подозрение, что и кассовые аппараты в магазинах и ресторанах прямые родственники ПК, особенно когда на их экранах в силу разных причин появляются окошки Norton Commander или рабочий стол ОС Windows. Выросшие во множестве железными грибами платежные терминалы и банкоматы старательно скрывают свое родство с ПК за грубыми железными панелями, но когда и их настигает аппаратная ошибка, все становится ясно по до боли знакомым картинкам. Эти громоздкие аппараты, кстати, ярко демонстрируют своего рода первый уровень встраивания, равно как и характерную ошибку, связанную с неправильным балансом упомянутых выше мотивационных пороков лени и жадности. В эти ящики легко интегрируются обычные настольные аппараты, дешевые и

неприспособленные к работе в такой жаре и в тесном соседстве с механическими денежными устройствами. Большинство встраиваемых решений скрыто от глаз и не напоминает о себе ни шумом, ни горячим потоком воздуха из их зарешеченных "выхлопных" окон. Из встраиваемых решений специалистов обычно интересует элементарный уровень — автономная печатная плата, не связанная со специальной конструктивной поддержкой и подлежащая монтажу на любой поверхности достаточного размера ровно так, как крепится любая плата на обычные стойки необходимой высоты для предотвращения нежелательного контакта печатного монтажа с металлом.

Конструктивные схемы встраиваемых компьютеров представлены не очень обширным, но весьма разнообразным ассортиментом изделий, концептуально делящихся на два подвида: автономные платы и платы модули, они же компьютеры на модуле CoM или модули-системы SoM.

Первая концепция имеет в виду классический "односторонний" тип системной платы, все основные электронные компоненты и разъемы которой смонтированы на верхней стороне и в самом общем виде не регламентированы.

Компьютеры-модули встраиваются опосредованно в некие целевые (пользовательские) печатные платы посредством стандартного в пределах типа разъемного стыка и калиброванных стоек с винтами. Разъемный стык модуля может быть либо "ножевым" (edge connector), входящим в контакт с базовой платой лезвием (blade) под прямым углом, либо мезонинным, накладным, и тогда модуль мезонин располагается параллельно базовой плате. Лезвия следует изъять из рассмотрения, по формальному признаку они требуют достаточно сложной поддержки в металле: рама, корпус, направляющие, фиксаторы. Мезонины требуют только оформления стыка с целевой платой и легко интегрируются даже на платы лезвия.

"Сцилла и Харибда" энергетический зазор

Центральным элементом по определению и по истинной иерархии любого встраиваемого компьютера был и остается процессор, определяющий большинство эксплуатационных параметров от производительности до энергетики. Если в отношении ПК энергетика интересует нас исключительно в применении к системе охлаждения, то для встраиваемого компьютера — это не просто критерий выбора, но часто самый главный и основа классификации. Образно выражаясь, компьютер встраивается по месту не только в определенный физический объем, но и в некий энергетический зазор, отражающий не только возможности организации или отбора питания, но и неизбежные тепловые последствия своего присутствия для себя самого и окружающего, в вес и автономный ресурс батарейного питания. Идеальный встраиваемый компьютер малозаметный и нетребовательный к ресурсам недостижим в принципе, реальность основана на компромиссе и надежде на про-

гресс. Пределом для встраиваемых ПК сегодня остается энергетический порог высотой 2...5 Вт, равный глухой стене между x86 и всеми малоформатными цифровыми устройствами, сотовыми трубками, фото и видео и другой подобной техникой, где вычислителями работают только процессоры RISC архитектур. RISC — сокращенный, облегченный набор инструкций предусматривает легкую и экономичную компьютерную архитектуру, активно применяемую для задач минимальной энергоемкости. X86 — единственная архитектура, заявляющая полноту набора элементарных инструкций своих процессоров CISC; RISC — большое семейство разнообразных экономичных вычислителей, несовместимых между собой и тем более с CISC x86. Сложившаяся практика не отличается конкуренцией платформ указанных, x86 применяются везде, где возможно, в остальных только RISC.

Бессменный лидер отрасли полупроводникового машиностроения — компания Intel классифицирует свои творения по назначениям: серверные, настольные (desktop), мобильные, встраиваемые (embedded) и коммуникационные. В таком же порядке убывает значение параметра TDP (Thermal Dissipation Power — мощность рассеиваемая в тепло). Последние в перечне, относятся к специализированным проблемно-ориентированным RISC вычислителям, непригодным на роль центрального. Серверные процессоры, несмотря на наличие нескольких моделей, маркированных как Embedded, оставляют ≥ 60 Вт тепла, несоразмерного для практического рассеивания в стандартных габаритах встраиваемых плат. Кроме всего прочего, серверная линия Intel формально утратила совместимость с x86 после миграции на 64-разрядную технологию IA64. "Настольные" процессоры не отвечают задачам встраивания ни геометрически, ни энергетически, так как у них слишком громоздкие разъемы и очень велико значение параметра TDP (≥ 50 Вт). "Мобильные" аналоги настольных процессоров обслуживают рынок ПК-блокнотов и в силу этого вполне пригодны для встраиваемых задач с высокими требованиями к производительности. В тепловых расчетах следует учитывать не только сами вычислители, но и их компаньонов, так называемые наборы микросхем, ответственные за все богатство архитектуры, работу с памятью, систему прерываний и ввода/вывода. Для встраиваемых процессоров мощность, потребляемая окружением, может быть не только сравнимой, но и большей, чем у самого процессора.

Линейка "моторов" встраиваемых компьютеров понесла чувствительную потерю, с рынка ушел первенец 32-разрядных вычислений, легендарный 386 процессор, давно исчезнувший из мира больших компьютеров, но ценный во встраиваемом мире, как экономичное (уровня 2 Вт), MS-DOS совместимое решение.

Хронологические преемники 386 — процессоры 486, поддерживаемые не только DOS но и старшими ОС

Выходя на новые рубежи, прежде всего, посмотрите: а что за рубежом.

В. Плетинский

Windows вплоть до встраиваемой ОС Windows CE, к сожалению, вымирают, также теряя последние позиции экономичности, на их место в диапазоне рассеиваемой мощности 5...7 Вт посягали не только процессоры AMD GX1 и GX3 (LX800), но и новинка Atom Z510, несравнимо более производительная. Единственной видимой задачей для сохранившихся клонов 486 осталось продление жизни работающих систем, вооруженных старыми процессорами 486, а равно и их упомянутыми предками 386. Невозможно заставить полупроводниковых дел мастеров совершенствовать старую архитектуру, поэтому локальную задачу поддержки репутации 486 сейчас выполняют симулянты (без кавычек) — экономичные RISC процессоры со встроенными переводчиками языка инструкций x86 и достаточным запасом тактовой скорости, чтобы успеть выполнить цепочку своих простых команд вместо одной сложной инструкции x86. Таким образом, например 300...400 МГц процессоры DMP умеют изображать работу 386SX, 486SX и 486DX с видимой скоростью до 133 МГц.

"Средний" класс встраиваемых процессоров без натяжек можно назвать основным, энергетика 7...15 Вт вполне отвечает критериям встраиваемости без активного охлаждения и дополнительного питания, а производительность закрывает большинство локальных задач, которые обычно возлагаются на подобные вычислители. Именно в этом классе шла острая борьба идей, и на свежей памяти краткие периоды доминирования продукции не Intel. Был знаменитый процессор Samuel от Cyrix а затем VIA, был MediaGX от National Semiconductor, ныне AMD, ярко сверкнула звезда Stusoe из неоткуда и непонятно куда девшейся компании Transmeta. Только недавно компания Intel нашла адекватный ответ на все эти вызовы выпуском семейства процессоров Atom. Согласно результатам тестирования "Атомных" компьютеров различных исполнений, можно сделать простое заключение — новый процессор проявляет все признаки близкого родства с Pentium 4 версии Northwood (по полумегабайтному объему кэш конвейера). Процессор со скоростью ядра 1,66 ГГц и тестом PassMark оценивается как Pentium 4 с частотой 1,7 ГГц, что вполне понятно, учитывая большую скорость памяти Atom. Сравнение Atom с Celeron не вполне корректно, несмотря на сходство скоростей, Atom все-таки двухпоточный процессор, как и его прототип Pentium 4, способный одновременно обрабатывать две "нити" (thread) инструкций, феномен известный как Hyperthreading, первая реализация двухпроцессорности на одном кристалле. "Атомные" компьютеры закрыли широкую энергетическую полосу 5, 10 и 20 Вт, в последнем случае в двухядерном исполнении N330.

Первыми из встраиваемых процессоров "Атомы" познали массовый успех, популярность сверхмалых

ПК-блокнотов netbook выражается огромным ассортиментом, равно как и их настольных версий nettop — миниатюрных, бесшумных, холодных, но достаточно мощных для работы в Internet и даже в Office 2007. Процессоры серии Z500 освоили новый типоразмер PICO ITX и широкий температурный диапазон функционирования — -40...85 °С. Минул первый год активной эксплуатации процессоров Atom. И, что удивительно для новой техники такой сложности, уровень восторга пользователей и разработчиков снизился не сильно: "насекомых" в новом ядре нашлось очень немного, проблемы несовместимости, отмеченные особенно в специфических ОС, таких как ONX и Linux, были в большинстве своем зафиксированы. Упреждая ответные ходы конкурентов, с начала 2010 г. запущен и уже отлит в текстолите серийных встраиваемых одноплатных компьютеров новый процессор семейства, фактически система-в-микросхеме SoC N450. Это процессор с потребляемой мощностью 5 Вт, тактовой частотой 1,66 ГГц и кэш-памятью 512 Кб аналогично предыдущим моделям. Ни то, ни другое, ни третье не может никого удивить, но выбранный Intel вектор развития несколько озадачивает. Развитие Atom пошло вширь, N450 процессор архитектуры IA64 подобен могучим серверам и рабочим станциям, он утратил ПК-совместимость, приобретя взамен другое качество, N450 может сложить два 64-разрядных простых числа за один такт, для чего его "атомным" предшественникам понадобится 8 циклов. Формально N450 выпадает из линейки ПК, за невозможностью запуска на нем любой версии DOS, но поскольку существует даже Windows XP, не говоря уже обо всех серверных ОС Microsoft, написанных для IA64, есть основания полагать, что понятие ПК ожидает аналогичное расширение до 64 разрядов.

Высший класс производительности встраиваемых компьютеров обеспечен в основном продукцией Intel, известной по ПК-блокнотам мобильной линейкой процессоров архитектуры Core 2 Duo, в бюджетном варианте Celeron в диапазоне 25...35 Вт TDP. На столах и мобильных компьютерах уже обкатывается процессорная платформа 2010 г., обещающая невиданную производительность новым встраиваемым компьютерам во вполне экономичных рамках 30 Вт мобильными процессорами Core i5 и i7.

Встраиваемые одноплатные

1. *Переход на другую работу.* Из рядов встраиваемых одноплатных компьютеров общего назначения окончательно выбыл самый крупный типоразмер 5,25 дюймов, размер идентичный большому отсеку под оптический накопитель 170 x 203 мм. В нынешних условиях площадь платы избыточна для стандартного компьютера, но вполне достаточна для целевой системы. Типоразмер, таким образом, не исчез, а перешел на "другую работу" — на уровень Network Appliance (NA) вспомогательного сетевого оборудования. Платы и системы NA вооруженные солидным

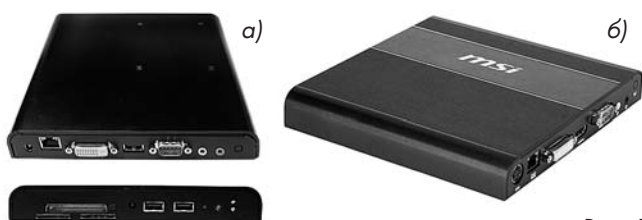


Рис. 1

набором сетевых интерфейсов до и более 6 каналов, становятся ПК-совместимыми программируемыми коммуникационными платформами, маршрутизаторами, коммутаторами, межсетевыми экранами, кодеками и т. д. в соответствии с ненасытными фантазиями разработчиков и потребностями малого и среднего бизнеса. NA – интересная и востребованная тема для ПК-совместимых встраиваемых компьютеров, заслуживающая отдельного рассмотрения.

2. *Неизменный ассортимент.* Число более или менее стандартных типоразмеров плат встраиваемых компьютеров не изменилось, самую большую в обиходе сменила самая маленькая PICO ITX 100 x 70 мм. Термин PICO в технических измерениях идентичен Nano, та же миллиардная часть. Существуют и версии плат, называемых Nano ITX, но они значительно крупнее PICO ITX и поэтому не упоминаются. Судя по первым серийным платам PICO-820, которые удалось увидеть и протестировать, скорее всего они разрабатывались именно под процессоры Z500 и набор Menlow US15W, настолько оптимально, гармонично, "без зазоров", полупроводниковая суть легла в плоскость платы, легко помещающейся в нагрудный карман. Платы появились в начале 2009 г. и сразу без разминки пошли в дело. Оказалось, что задачи для этих компактных полнофункциональных компьютеров уже были в головах разработчиков, а ближайший форм-фактор PC/104 на 23% больше площадью, не говоря о изрядном (20...30 мм) третьем измерении, образованном двумя проходными разъемами снизу и сверху платы. Первое изделие было выполнено по классической схеме, с оконечными разъемами на борту, намекающими на стык в корпусе, как у обычных материнских плат. Во второй половине года на вооружение поступила типично встраиваемая версия PICO-821, плата для произвольной установки и гибкого кабельного соединения с внешними разъемами, находящимися там, где им положено располагаться в нужном количестве. С установленным ОЗУ объемом 1 Гб и процессором с частотой 1,1 ГГц потребление модуля чуть превышает 5 Вт. Компьютер готов работать как с медленными PATA, так и скоростными SATA накопителями, объем ОЗУ до 2Гб, видеointерфейс LVDS – цифровой, присущий большинству оригинальных ЖК экранов., а интегрированная видеосистема GMA500 вполне отвечает задачам воспроизведения мультимедийных потоков, будь то промышленные HMI или анимированная реклама DigitalSignage. Плата PICO-ITX изначально не предусматривает системных шин расширения, для них просто пока нет места. Компьютер автономен, питается одним стандартным номиналом 5 В по-



Рис. 2

стоянного тока, но при этом располагает всеми средствами интеллектуального управления питанием ACPI. PICO-820 (рис. 1, а) и 821 (рис. 1, б) способны все свое носить с собой, разъем CompactFlash обеспечивает загрузку встраиваемых ОС Windows XP, CE, Embedded Standard. В качестве производных "пользовательских" решений на основе PICO ITX на рынке появились самые миниатюрные ПК eBOX-520 и eBOX510 (рис. 2), легко помещающиеся на ладони, экономичные, бесшумные, неохлаждаемые и выносимые.

3. *Самая большая среди маленьких.* За выбитием плат 5,25 дюйма, сомнительной почетности звание самой большой среди маленьких компьютерных плат автоматически перешло к MiniITX. Этот форм-фактор, строго говоря, разрабатывался не для встраиваемых приложений, он обеспечивал промышленность малогабаритных деловых компьютеров, графических терминалов Thin Client и разнообразного торгового компьютерного оборудования типа POS, проще говоря, кассовых аппаратов, которые присутствуют во всех магазинах. Оглушительный успех и массовый выпуск дешевых платформ EPIA, создавших вокруг себя целую промышленность корпусных изделий, систем питания и других аксессуаров, подвигли производителей встраиваемых компьютеров на пересмотр "настоющего" характера плат, тем паче что элементная база EPIA без изменений применялась во встраиваемых компьютерах. Учитывая слабость VIA в приверженности к собственным процессорам C3 и C7, все промышленные производители взяли на вооружение технологию miniITX, с альтернативным микроэлектронным содержанием. Это, бесспорно, обогатило мир малых компьютеров miniITX мощными процессорами вплоть до Core 2 Quad. Почти сразу промышленные производители расширили сферу применений этих плат до промышленных условий. Платы научились работать на одном напряжении питания постоянного тока, в экстремальных температурных условиях, сплюснулись в третьем измерении до величин 10...15 мм, а компьютеры на их базе стали похожи на плоские подставки под мониторы. Промышленные версии плат miniITX отличает богатое коммуникационное оснащение: до 6 портов RS-232, общим числом до 15 производительных каналов, от традиционных медленных RS-232/422/485, до двух гигабитных сетей. Просторная плата оставляет место не только каноническому стандартному интерфейсу PCI, но и новым последовательным шинам PCI Express, MiniPCI стандартный и Express. Стандартный краевой интерфейс PCI обычно остается: иногда соседствует с PCI Express или уступает место самому широкому PCIex16 для мо-

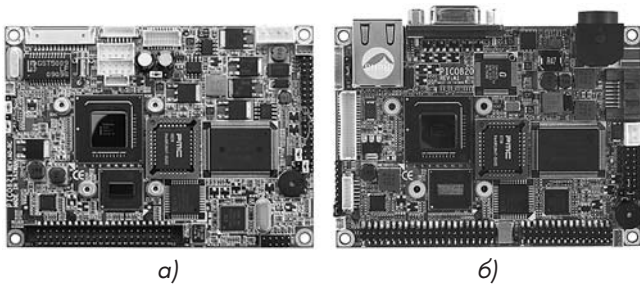


Рис. 3

гучей графики. На плате обычно находится место для компактных версий шинных интерфейсов – miniPCI или miniPCI Express, расширяющих функциональность компьютера без изменения его габаритов и, как и разъемы твердотельных накопителей CompactFlash, Xpress Card64, SD, MiniSD, работающих загрузчиками встраиваемых ОС, делающих плату полностью автономной и готовой к работе при появлении напряжения на входе питания. Примером платы MiniITX может служить конкретное серийное изделие SolidBoard-732E, работающее при температуре -40...85 °С, располагающее современной "Атомной" платформой, мощнейшей периферийной подсистемой, включая 6 портов USB 2.0, 6 классических асинхронных портов RS-232/422/485, гигабитную сеть и периферийный слот miniPCI Express. Плата занимает всего один габаритный "этаж" и накрыта обширным массивным радиатором, стабилизирующим температуру без дополнительного обдува. Вполне самостоятельной новостью можно считать выход на рынок промышленных и встраиваемых систем титулованного производителя MicroStar, после примерно годичной разминки. Ныне можно с уверенностью утверждать, что разработчики MicroStar пришли надолго и сразу проявили лидерский характер, заявив о себе концептуальными решениями, очень интересными производными технологиями miniITX, сверхплоскими встраиваемыми компьютерами модели 9A06 (рис. 3, а), высотой всего 16 мм, вооруженных самыми экономичными процессорами Atom Z500 и позиционированными как устройства мультимедийного назначения. Вторая модель в этой серии 9A26 (рис. 3, б) уже откровенно намекает на промышленные задачи наличием порта RS-232/422/485 и широким температурным диапазоном -40...85 °С. В отличие от кубических ребристых аналогов eBOX-500 компьютеры MicroStar имеют гладкий плоский дизайн, компенсируя отсутствие неэстетичного радиатора большей площадью корпуса, целиком работающего теплообменником, и неплохо смотрящегося даже на столе в офисе. По предложенной MicroStar монтажной схеме, компьютеры могут монтироваться на "спине" обычного монитора, делая свое присутствие неощутимым.

4. *Встраиваемый 64-разрядный.* Обещанный выше дебют 64-разрядного процессора состоялся на традиционном уже компьютере на модуле стандарта

Деревяго Евгений Валентинович – ген. директор компании "Флекс Инжиниринг".

Контактный телефон (495) 781-42-91. E-mail: edereviago@flexen.ru

ETX 3.0. ETX как наиболее популярная технология встраиваемых в плату мезонин-компьютеров в представлении не нуждается. Идея низкопрофильного мезонина, интегрируемого в целевую плату (иногда называемую генмонтажной), легко доказала свою технологичность, гибкость, простоту и надежность. Мезонины ETX легко сочетаются с любыми стандартными форм-факторами базовых плат от ATX до PC/104, что, безусловно, гарантирует повышение готовности системы, гибкости конфигурации, простоте и скорости ремонта и модернизации, общего повышения ресурса и оптимального охлаждения. Ядро модели EmETX-i2900, изначально готовое к экстремальной эксплуатации при температурах -20...70 °С, и его еще более стойкий аналог ETX-742E, работающий при температурах -40...85 °С, вооружены уже описанным выше новейшим 64-разрядным процессором N450, не говоря о готовности к двухпоточным вычислениям HyperThreading, с полным энергопотреблением около 5 Вт. Это звучит вполне революционно, обещая достойную производительность с минимальным нагревом и энергопотреблением и полную готовность к батарейному питанию. Функциональный набор модулей отвечает стандартной формуле: ЛВС, 2 порта RS-232/422/485, 4 порта USB 2.0, по 2 разъема SATA и PATA, многофункциональная видеоплата и 7-канальная звуковая системы, сторожевой таймер, системные шины PCI и традиционная ISA. Отсутствует пока встраиваемая загрузка, наиболее гармоничная для соответствующего компьютера, но имеется декларация Microsoft, обещающая к следующему 2011 г. выпуск ОС Windows Embedded для платформы IA64. Это время вряд ли будет потрачено даром, разработку и моделирование вполне успешно можно вести на любой дисковой версии современной ОС для IA64 от ОС Windows XP, Vista до Windows вер. 7 и любых серверных оболочках.

В порядке эпилога отметим основные тенденции отрасли встраиваемых ПК, которые можно считать стартовыми точками второго десятилетия XXI века. Разработчикам и пользователям вполне можно рассчитывать на полную функциональность, уместную на площади, равной около 1/2 дм², и рассчитывать при этом на интеграцию таких решений в рамках энергетических ограничений ≤5 Вт. Становится очевидной и миграция встраиваемых платформ на 64-разрядные процессоры, на архитектуры, обеспеченные любыми вычислительными, коммуникационными и мультимедийными сервисами, и вытекающее из этого дальнейшее расширение спектра задач, посильных встраиваемым компьютерам. Роль встраиваемых компьютеров растет, признанием этого факта можно считать активное расширение клуба производителей, слабо известных широкой компьютерной публике мировыми именами лидеров, таких как MicroStar или Elite Group.