

Алексей НЕКРАСОВ  
embedded@eltech.spb.ru

## Процессорные модули RadiSys как основа для спецтехники

В силу специфики своей работы автору часто приходится общаться с большим количеством инженеров, разрабатывающих вычислительные системы (ВС) специального назначения, или проще говоря — спецтехнику.

Ведущие российские производители систем специального назначения описывают спецтехнику как технику, изначально предназначенную для эксплуатации в тяжелых условиях внешней среды. К таким условиям относятся, прежде всего, низкая и высокая температура окружающей среды, повышенная влажность и механические воздействия, такие как удары и вибрация. То есть абсолютные требования к спецтехнике — это прочность, надежность и защищенность. Подобные системы получили развитие вследствие географического расположения нашей страны, и к ним смело можно отнести ВС для работы на городском электротранспорте и железной дороге, системы необслуживаемой связи, видеонаблюдения, машинного зрения, а также специального, особого и двойного назначения и т. п.

Однако не меньшим требованием к вычислительной технике специального назначения является возможность решать наиболее востребованные задачи при помощи современных технологий. Например, задачи видеобработки, распознавания и анализа

полученных данных видеоряда. Некоторое время назад они были нетривиальны и решались при помощи ПЛИС, что означало долгий срок и немалую стоимость подобной разработки. Однако сегодня благодаря технологиям OpenCL и современным графическим процессорам GT2 и GT3 от Intel и аппаратно-программной технологии CUDA от NVidia такие задачи уже стали классическими и с успехом решаются на обычных бытовых вычислительных системах — ноутбуках и пользовательских станциях.

Понятно, что естественное желание заказчика — совместить надежность, прочность и защищенность ВС специального назначения и современные технологии, присущие бытовым вычислительным системам. Последнее особенно актуально, так как заказчик, безусловно, знает о возможностях современной вычислительной техники, тем более что новые технологии внедряются в повседневную жизнь.

Так можно ли претворить в жизнь это желание? Да, и это не составит труда, если разработчик использует промышленный модульный стандарт COM Express [1].

Открытый промышленный стандарт COM Express был представлен в 2005 году консорциумом PICMG [2] и на сегодня является самым популярным в мире стандартом «компьютеров на модуле». Идея стандарта заключается

в том, чтобы вынести вычислительную часть, подверженную изменениям из-за постоянного развития технологий, на процессорный модуль, оставив интерфейсную часть неизменной (плата-носитель модулей, например carrier board). При этом разработчик отвечает только за конструирование платы-носителя, то есть за проектирование и разводку интерфейсных линий, что гораздо проще, быстрее и дешевле, чем конструирование процессорного узла (где необходимо иметь специальные инструменты для моделирования работы высокоскоростных сигналов и их целостности). Сам же процессорный модуль выпускает сторонняя компания — любой производитель встраиваемых систем.

Тем самым обеспечивается совместимость современных технологий, реализуемых непосредственно на процессорном модуле COM Express производителем модуля, и надежности вычислительных систем специального назначения, реализуемых на интерфейсной части носителя модуля (разрабатываемой производителем спецтехники).

Рассмотрим стандарт COM Express более подробно: чем же он так привлекателен?

Во-первых, благодаря тому, что это международный открытый промышленный стандарт, его спецификация регулируется консорциумом PICMG. Поэтому специалисту не требуется вникать в особенности разра-



Рис. 1. Процессорный модуль CEQM77 с процессором Intel Ivy Bridge



Рис. 2. Процессорный модуль CEQM87 с процессором Intel Haswell

ботки того или иного модуля — достаточно руководствоваться спецификацией стандарта. Последней актуальной спецификацией стандарта на сегодня является ревизия COM Express specification PICMG COM.0 R2, которая описывает семь различных типов расположения интерфейсов в разъеме и четыре возможных форм-фактора модулей (от 55×84 до 110×155 мм). Соответственно, каждый производитель, заявляющий о том, что он выпускает модули в стандарте COM Express, должен руководствоваться спецификацией, а разработчик спецтехники может быть уверен в совместимости своего носителя модулей и собственно процессорного модуля.

Во-вторых, стандарт COM Express характеризуется применением в высокопроизводительных системах [3], для него обязательна поддержка высокоскоростных интерфейсов Ethernet10/100/1000, SATA, LPC, 8×USB (включая поддержку USB 3.0), 6×PCI-Express, цифровых видеоинтерфейсов LVDS и Display port (рис. 1 и 2).

В-третьих, используя стандарт COM Express, разработчик имеет возможность выбора исходя из соотношения цена/качество, поскольку на российском рынке представлены различные производители процессорных модулей COM Express, такие как RadiSys, Kontron, Congatec, Advantech, Avalue, Arbor, Fastwel и пр.

Кроме того, модульный формат COM Express хорошо зарекомендовал себя как средство решения актуальной для разработчиков спецтехники задачи: как совместить вычислительные мощности современных технологий, с одной стороны, и надежность и защищенность встраиваемых систем специального назначения, с другой.

Конечно, можно было бы доработать обычные вычислительные системы до уровня спецтехники, усилив прочность и снизив чувствительность к механическим воздействиям. Однако не следует забывать, что помимо механических воздействий существует чувствительность электронных компонентов к действию температуры, а бытовая техника просто не рассчитана на работу при отрицательной температуре.

Модульная архитектура стандарта позволяет производителю фокусироваться на разработке модулей, изначально проектируя их для эксплуатации в жестких условиях окружающей среды [4].

Рассмотрим процессорные модули COM Express серии CEQM77HDE компании RadiSys [5]. Заявленный производителем рабочий температурный диапазон для них составляет -40...+85 °С. Что интересно, в качестве центрального процессора в модулях этой серии используется Intel Core i7 Ivy Bridge (третье поколение процессоров семейства Core i7), которые не предназначены для работы при температуре ниже нуля [6].

Поэтому неудивительно, что один из наиболее частых вопросов, который приходит-

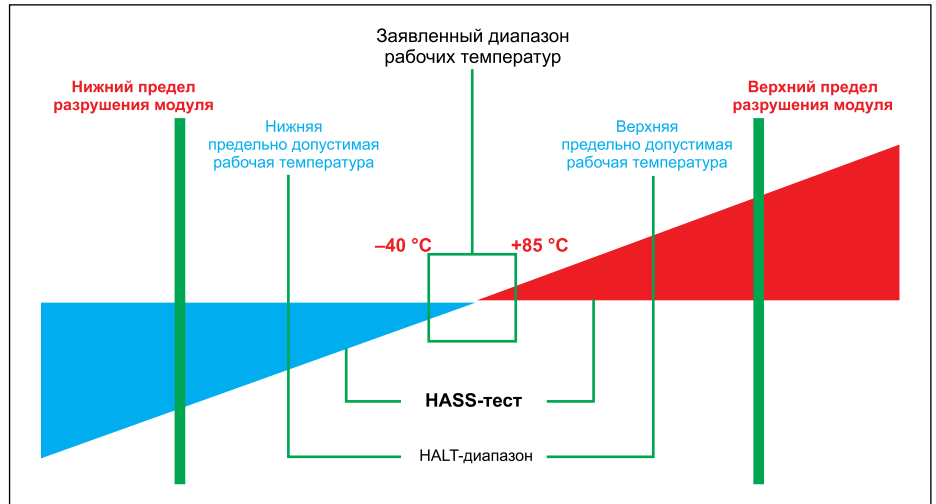


Рис. 3. Соотношение границы методов HALT, HASS и рабочего диапазона температур

ся слышать автору от разработчиков спецтехники: как может производитель заявлять температурный диапазон -40...+85 °С, притом что один из компонентов на модуле на него не рассчитан?

Ответ: благодаря технологиям, применяемым при производстве модулей серии CEQM77HDE. Одной из них является HALT/HASS. Суть этого метода состоит в следующем: при проектировании модулей используются компоненты, изначально рассчитанные на эксплуатацию в жестких условиях окружающей среды.

Прототип модуля тестируется по методу HALT (Highly Accelerated Life Testing) — в экстремальных условиях по температуре и вибрации. Эти условия намного жестче заявленного в документации значения рабочего диапазона температур (рис. 3). Поэтому в результате тестирования, при достижении верхнего предела температуры, компоненты на модуле разрушаются физически, а при достижении нижнего предела — повреждаются без возможного последующего восстановления. После чего проводится анализ модуля, который позволяет находить «узкие места»

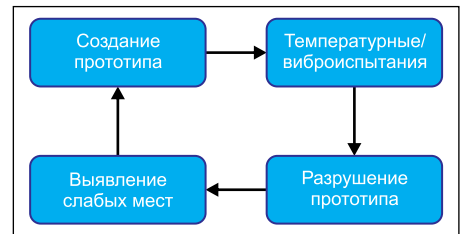


Рис. 4. Методика проектирования систем HALT

(какие именно компоненты вышли из строя в системе) и устранять их (рис. 4).

Основным преимуществом использования метода HALT является одновременное тестирование по температуре и вибрации, причем вибрационная нагрузка прикладывается по шести степеням свободы (рис. 5).

После нескольких итераций тестирования по методу HALT и серии последующих улучшений структуры модуля следует запуск серийного производства. При этом каждый выпускаемый модуль серии CEQM77HDE тестируется и по методу HASS (Highly Accelerated Stress Screening) на работу в заявленном температурном диапазоне. В итоге это позволя-

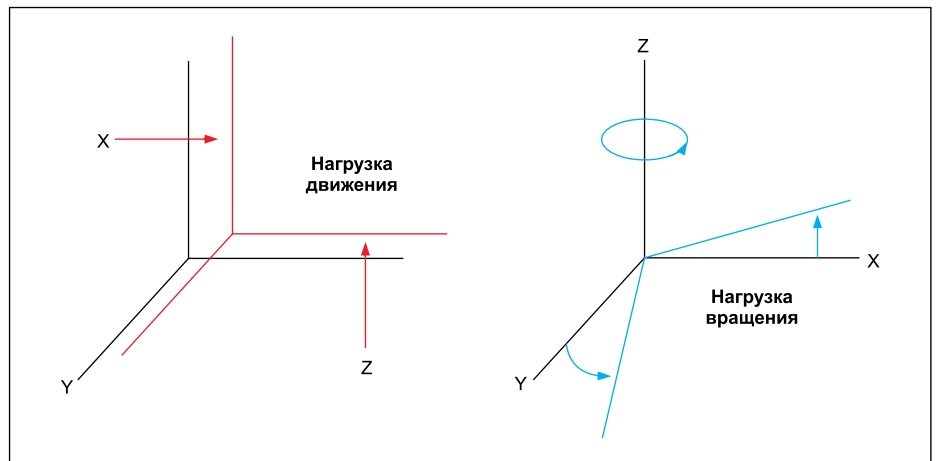


Рис. 5. Тестирование по вибрации при использовании метода HALT

Таблица. Сравнение показателей наработки на отказ процессорных модулей COM Express

Тестируемый модуль	Производитель	Тип процессора	Рабочий диапазон температур, °С	Средняя наработка на отказ, ч				
				Методика тестирования	MTBF при +35 °С	MTBF при +55 °С	MTBF при +60 °С	MTBF при +70 °С
CEQM77HDE	RadiSys	Intel Ivy Bridge i7-3517UE	-40...+85	Telcordia SR-332 Issue 2, Method 1	724 741	310 834	—	159 934
COMe-bIP6	Kontron	Intel Ivy Bridge i7-3517UE	-25...+70 (-40...+85 скрининг, только для проектов)	Telcordia SR-332 Issue 2, Method 1	208 878	—	—	—
ESM-QM77B	Avalue	Intel Core i7/i5/i3/Celeron (FCBGA1023) Processors	-40...+85	Bellcore, Method 1 Case 3	—	—	30 318,58	—

ет гарантировать надежную работу каждого модуля при заявленных в документации -40...+85 °С. Хотя на самом деле, как видно на рис. 2, благодаря методу HALT реальный диапазон работы модуля несколько шире.

Таким образом, сочетание методов HALT и HASS при проектировании и изготовлении модулей гарантирует 100%-ное соответствие модуля заявленным характеристикам [7] и безотказную работу в температурном диапазоне -40... +85 °С, даже притом, что используемые процессоры Intel не заявлены на работу в широком температурном диапазоне. Кроме того, применение методов HALT и HASS позволяет увеличить надежность выпускаемых модулей и повысить их наработку на отказ (таблица).

Однако эти методы сложны, и не все компании могут позволить себе проводить их при проектировании и выпуске модулей. Именно поэтому в большинстве случаев производители процессорных модулей согласны дорабатывать свои стандартные модули только с использованием технологии HASS, но при

условии гарантированного выкупа разработчиком большой партии таких модулей.

Тем более интересен тот факт, что процессорные модули компании RadiSys, рассчитанные на работу при отрицательной температуре, выпускаются серийно. Другими словами, они доступны любому разработчику спецтехники, без каких-либо ограничений по серийности изделий.

В заключение добавим, что модули серии CEQM77HDE были выбраны в качестве показательного примера потому, что автору хорошо известны факты реальной эксплуатации модулей RadiSys в жестких условиях эксплуатации, как в России, так и за рубежом. Но справедливости ради нужно отметить, что это является следствием используемой модульной архитектуры COM Express. Просто в данном конкретном случае компания RadiSys сфокусировала свои усилия на разработке процессорных модулей, поставив задачу: они должны быть изначально рассчитаны на применение в условиях агрессивной среды. Что, в свою очередь, могут с успехом использовать

российские разработчики вычислительных систем специального назначения, поскольку применение процессорных модулей RadiSys в качестве основы для построения спецтехники позволяет совместить надежность и высокую наработку на отказ этих модулей, а также высокую производительность и современные технологии новейших процессоров Intel. ■

### Литература

1. Румянцев С. Архитектура и стандарт COM Express // Мир электронных компонентов. 2008. Вып. 3.
2. [www.picmg.org](http://www.picmg.org)
3. Семенов Н., Некрасов А. Выбор процессорного модуля для встраиваемых систем // Control Engineering. 2013. № 1.
4. Dixon R. HALT/HASS Testing Goes Beyond the Norm. COTS, 2009.
5. [http://www.eltech.spb.ru/ckfinder/userfiles/files/RadiSys\\_booklet\\_web\\_1.pdf](http://www.eltech.spb.ru/ckfinder/userfiles/files/RadiSys_booklet_web_1.pdf)
6. [www.intel.com](http://www.intel.com)
7. COM Express, CEQM77, CEQM77E, CEQM77HDE. Product Manual. RadiSys Corp. 2012.