

Инициатива COTS: «коробочный»? «с полки»?

Николай Кольский (Москва)

В статье представлено современное состояние развития COTS-технологий для создания электроники военных систем.

Аббревиатура COTS означает Commercial-Off-The-Shelf, или коммерческий продукт. Использование COTS стало хорошим тоном после того, как министр обороны США Вильям Перри (William Perry) изложил в 1994 г. предложения по облегчению бремени американских налогоплательщиков в своём меморандуме, известном как Perry Memo («Меморандум Перри»), или COTS-инициатива. Основная идея инициативы г-на Перри заключалась в открытии рынка интеграции военных систем для использования в них стандартных компонентов с т.н. «массового» рынка. Надо сказать, что у разработчиков методологии COTS хватило здравого смысла сопроводить свою инициативу «подзаконными» определениями, за счёт которых они включили в понятие COTS-продуктов не только то, что «может быть куплено, арендовано или лицензировано на массовом рынке», но и то, что может быть получено при модернизации COTS-продуктов, подпадающих под приведённое определение.

Появление «меморандума Перри» ознаменовало закат эпохи переоценённых контрактов и превышения ассигнований на военные проекты. Важную роль в наступлении «эры COTS» играет намерение Министерства обороны США реализовать доктрину «электронных» войн. В её основе (1) повышение «интеллекта» встроенных систем управления оружием, (2) объединение единой информационной сетью как можно большего числа участников боевых операций и достижение успеха благодаря возможностям совместного доступа к информации, (3) «безлюдные» технологии ведения военных операций, в том числе «глубокая» разведка и анализ разведанных на основе электронных технологий (приложения C4ISR или Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance). Эти три «вектора» развития военной техники должны обеспечить нанесение по потенциальному противнику согласованных ударов,

достигающих большего меньшими ресурсами и наносящих ему невосполнимые потери при минимизации собственных.

В основу оборудования, воплощающего принципы «электронных» войн, закладываются, как правило, микросхемы, аппаратные компоненты, технологии и программное обеспечение класса COTS (исключая работы над специальными приложениями для космоса, радиационно-стойкими приложениями и специальными датчиками, применяемыми только военными). Но покупается ли это всё с магазинной полки?

ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА НА ПРИНЦИПАХ COTS

Наступление «эры COTS» особенно ощутимо в сфере закупок элементной базы. Всё большее число полупроводниковых компаний выпускают продукцию, тестируемую в соответствии с требованиями стандарта MIL-STD-883 для проведения отбраковочных испытаний. Это позволяет выявить микросхемы повышенной надёжности, предназначенные для работы в жёстких режимах внешних воздействий (класс А); компоненты для работы в менее жёстких условиях, когда главным требованием является стабильность параметров в течение длительного времени (класс В); и компоненты для применений, когда на первое место ставится минимальная стоимость (класс С).

Для содействия процессу перехода на полностью стандартную элементную базу ассоциация GEIA (Государственная ассоциация по электронике и информационным технологиям) и комитет ARMC (Комитет по управлению процессом развития авионики) разработали нормативный документ EIA-933 Standard for Preparing a COTS Assembly Management Plan (Стандарт для подготовки плана управления сборкой COTS).

Ассоциацией GEIA также опубликованы такие стандарты, как ANSI/EIA-4899 Standard for Preparing an Electronic Components Management Plan (Стандарт для подготовки плана управ-

ления электронными компонентами) и ANSI/EIA-4900 Use of Semiconductor Devices Outside Manufacturers' Specified Temperature Ranges (Использование полупроводниковых компонентов за пределами температурных диапазонов, указанных производителями). На основании этих стандартов были разработаны IEC-стандарты IEC/PAS 62239, Edition 1.0, 2001-04, Electronic Component Management Plans и IEC/PAS 62240, Edition 1.0, 2001-04, Use of Semiconductor Devices Outside Manufacturers Specified Temperature Ranges.

Стандарт DO-254 расширил методологию управления выбором компонентов для ответственных приложений. В его положениях компоненты делятся на простые и сложные. Пассивные компоненты, шинные драйверы, тактовые генераторы и некоторые другие микросхемы имеют функциональные возможности, попадающие в чётко определённые рамки. Сложности возникают при использовании процессоров, мостов и микросхем класса ПЛИС. Все эти приборы содержат миллионы транзисторов, поддерживающих набор возможностей, не всегда востребованный в полном объёме в конкретном приложении.

Стандарт DO-254 содержит рекомендации по управлению рисками, связанными с наличием миллионов неиспользуемых транзисторов. Специальное внимание при этом уделяется работе с ПЛИС. Производители микросхем этого класса проводят полную проверку логических ячеек, подсистем ввода/вывода и памяти в части их индивидуальной работоспособности. Будучи запрограммированными, эти микросхемы подпадают под ответственность поставщиков модулей и плат. В этом случае стандарт DO-254 требует от поставщиков предоставления полного комплекта документации, подтверждающей возможность корректной работы запрограммированной ПЛИС в системе.

Помимо управления выбором электронных компонентов и их использованием в аппаратных платформах для ответственных применений, стандарт DO-254 содержит рекомендации в части новых разработок или адаптации модульных COTS-компонентов для использования в платформах приложений для ответственных применений,

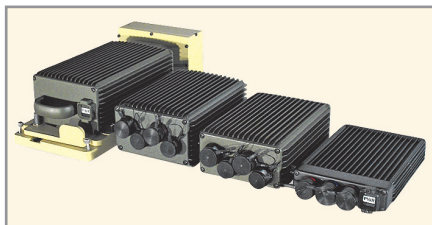


Рис. 1. Компьютеры семейства Thermite TVC компании Quantum3D



Рис. 2. Одноплатный двухпроцессорный сервер IBM JS20 (а) и модуль PowerNode5 (б)

а также поддержки изделий в течение их жизненного цикла.

Поддержка своих изделий на протяжении всего жизненного цикла присутствия на рынке является обычной стратегией основных поставщиков COTS-компонентов. Они должны учитывать влияние вносимых усовершенствований на работоспособность изделий, в которых установлены продукты; обеспечивать поддержку ремонта оборудования, в котором установлены компоненты предыдущих поколений, вплоть до того момента, когда заказчики начнут использовать в развёрнутом оборудовании обновлённые компоненты или модули на их основе. При этом модернизированное оборудование должно пройти все этапы испытаний для подтверждения требований к безопасной работе, соответствующих уровню ответственности приложения.

Однако принципы инициативы COTS становятся почти абстрактными, когда речь заходит о системах, ведении проектной деятельности и разработке программного обеспечения.

Методологические аспекты COTS-интеграции

В качестве примера COTS-платформы для военного использования можно привести компьютеры семейства Thermite TVC (Tactical Visual Computer, тактический компьютер для визуализации информации) компании Quantum3D (см. рис. 1), используемые в проекте Future Force Warrior (FFW) Increment 2 (можно перевести как Проект 2 по расширению боевых возможностей солдата будущего).

Это – компьютеры на основе коммерческой платформы Wintel с портами для работы в сетях 10/100/1000 Ethernet и WiFi 802.11 a/b/g. Однако физическое исполнение позволяет применять их в жёстких условиях эксплуатации (Mil-Std-810F, Mil-Std-461E и Mil-Std-1275). На основе Thermite TVC оказалось возможным строить тренажёры с использованием 2D-/3D-графики, уже упомянутые приложения класса C4ISR и пульта управления автономным транспортным средством (Unmanned Vehicle Operator Control Unit). Совместно с компьютерами Thermite TVC возможно использование системы индикации изображений, монтируемой на солдатском шлеме, и двухканальной звуковой системы, что принципиально повышает возможности сбора данных, коллективного ведения боя и т.п.

Другим примером успешного внедрения COTS-технологий является проект ERAM (модернизация автоматизированной системы управления воздушным движением), выполняемый компанией Lockheed Martin по заказу Федерального управления гражданской авиации США. Эта система свяжет 20 центров управления полётами, в работе которых используются 160 радарных систем, и обеспечит скоординированную работу по управлению воздушным движением авиации США. В проекте ERAM использованы «военные» (язык Ada) и «гражданские» (CMM, язык C++, lean project management) COTS-технологии. CMM – это рекомендации по управлению качеством разрабатываемого ПО, сформулированные в стандарте системы управления качеством «Модель оценки зрелости для программ» (Capability Maturity Model for Software, CMM), lean project management – это методология «экономного» ведения проектов.

Если сравнивать язык программирования Ada с такими популярными языками, как C/C++, то первый имеет преимущество в гибкости раздельной

компиляции и возможности создания ответственных приложений реального времени. Поэтому использование языка Ada позволило гарантировать высокую доступность системы ERAM и прохождение сертификационных испытаний.

Язык Ada уступает C/C++ в части средств разработки и отладки графических пользовательских интерфейсов (Graphical User Interface, GUI), но в стандарт языка Ada входят спецификации для стыковки с другими языками программирования, а на рынке предлагаются интегрированные среды разработки, поддерживающие разработку приложений на «смеси» Ada с другими языками (например, IBM Rational Ada Developer для разработок на C/C++ и Ada).

Поэтому для разработки графических интерфейсов в проекте ERAM использовался язык C++, а код интегрировался в ядро языка Ada. Организация программных разработок в проекте ERAM соответствовала требованиям CMM Level 5 – это пятый уровень «зрелости», когда в компании определены, документированы и внедрены процедуры выявления и устранения дефектов программного обеспечения и внедрения инноваций. Соблюдение бюджетных рамок проекта ERAM обеспечили высококвалифицированные разработчики и управленцы, владеющие методологией lean project management.

Компьютеры Thermite TVC и проект ERAM – это два «полоса» возможностей использования COTS-технологий – от частной задачи создания специального продукта на базе платформы до системного решения проектных задач. Эти примеры иллюстрируют ситуации, когда термин Commercial-Off-The-Shelf (коммерческий «с полки») определяет поведение системных интеграторов, старающихся применить методологию COTS.

Стандартные продукты становятся всё более конкурентоспособными. Они, в частности, позволяют поддерживать приемлемые временные характеристики при создании специализированных систем, являясь удобной платформой для прототипирования. Так, компания Thales в прототипе радара с синтезируемой апертурой, устанавливаемого на борту БПЛА Watchkeeper, использовала стандартную версию модульного (blade) сервера IBM JS20. Лишь по завершении предварительного этапа работы система была переведена на модуль PowerNode5 компании Thales, который является специально подготовленной версией сервера IBM JS20 (см. рис. 2).

Всё чаще экономическая оправданная (по ценам и времени разработки) работа на рынке специализированных подсистем оказывается невозможной без опоры на широкий круг стандартных COTS-продуктов, адаптируемых к специальным требованиям заказчиков.

Но не каждый «коммерческий» продукт может быть приспособлен к ответственным применениям, даже в качестве прототипа. В таких случаях наилучшей стратегией является разработка изделия, изначально ориентированного на учёт требований по сохранению работоспособности в жёстких условиях эксплуатации.

Широкий спектр приложений для компьютерного оборудования (промышленная автоматика, медицинское приборостроение, бортовая электроника на транспорте) определяет большой разброс конструктивных и функциональных возможностей специализированных компьютеров. В этом случае под COTS подразумевается подход, позволяющий совместить гибкость заказной разработки с экономией временных и финансовых ресурсов, характерных для использования стандартного продукта, и добиться уровня качества, присущего серийной продукции. Технологии, разрабатываемые в рамках подобного подхода, как правило, становятся стандартными.

Практика показывает, что источником COTS-продуктов, приспособленных для военных приложений, в большей степени является объединённый потенциал специализированных промышленных, а не потребительских рынков. Сам по себе рынок военных приложений не является ёмким для производителей компонентов встраиваемых систем, – на рынке промышленных изделий более привлекательные объёмы поставок. Но сегменты рынка электроники для промышленного, торгового, медицинского и измерительного оборудования являются весьма близкими по требованиям к длительности жизненного цикла и надёжности оборудования.

COTS В СФЕРЕ ПРОГРАММНЫХ РАЗРАБОТОК

Проблемы многих военных проектов часто связаны с программным обеспечением. Их преодоление возможно с использованием COTS-технологий программных разработок в гражданской сфере, в том числе, в автомобилестроении и гражданской авиации. Программные продукты в этих отраслях создаются на

основе строгих стандартов качества ведения проектов и разработок. Для авиации они сформулированы в таких руководящих документах, как стандарт DO-178 (B и C) и рекомендации RSC (Reusable Software Components, повторно используемое программное обеспечение).

Стандарт DO-178 определяет пять уровней катастрофических последствий отказа в случае его возникновения – катастрофические, опасные/тяжёлые, значительные, незначительные и «без последствий» – и соответствующие этим последствиям уровни гарантированной безопасности A, B, C, D и E, которым программное обеспечение должно соответствовать.

Программное обеспечение с более высоким уровнем критичности разрабатывается в рамках более жёстких требований к процессу разработки. Стоимость его разработки и сертификации выше, чем в случае приложения, соответствующего меньшему уровню критичности. Сертификация ПО, которое должно отвечать требованиям уровня A, в 5–10 раз дороже, чем разработка и сертификация ПО, которое должно соответствовать уровням D или E. Такая разница в стоимости заставляет критически относиться к отнесению ПО к тому или иному уровню и не повышать его без реальной потребности.

В целом стандарт DO-178 задаёт направление сертификации приложения на основе тестирования заявленных характеристик, и основная масса тестов из набора сертификационных процедур создаётся для проверки формально документированных характеристик ПО. Но в некоторых ситуациях предусматривается возможность проведения испытаний для проверки работы конкретного фрагмента кода. В результате испытаний должно быть полностью проверено обеспечение всех заявленных характеристик и достигнут заданный уровень структурного покрытия (полноты охвата тестами функциональных возможностей объекта сертификации), соразмерный уровню критичности приложения.

Например, при сертификации на уровень C соответствие каждой функциональной характеристики заявленному значению должно быть проверено хотя бы однократно. Как следствие, каждый «проход» к проявлению этой характеристики по коду приложения должен покрываться одним тестовым испытанием. Сертификация на соответствие требованиям уровней A и B требует создания более сложной системы

покрытия тестами, которая позволяет контролировать результат проявления каждого ветвления в программе или «принятия решения» приложением.

Получение комплекта сертификационных документов для программного продукта в авиации является далеко не тривиальной задачей. Например, комплект сертификационных (DO-178B) документов для операционной системы реального времени компании Wind River VxWorks 653, разработанной с учётом требований стандарта ARINC 653, включает более 65 000 файлов (уровень A). В то же время из нескольких сотен OCPB, присутствующих на рынке, могут быть сертифицированы лишь единицы – такковы результаты изучения рынка OCPB организацией Open License Society, проведённого для Европейского космического агентства. Наиболее распространённой причиной является отсутствие полной технической документации.

Выполнение рекомендаций RSC требует ещё больших усилий, чем сертификационные испытания на соответствие требованиям стандарта DO-178. Однако эти усилия окупаются возможностью использования полученных документов при сертификации нового приложения, использующего то же ПО в авионике другого воздушного судна. Производитель, однажды вложившийся в сертификацию приложения и получивший все необходимые документы о положительных результатах испытаний и сертификат, может внедрять это программное обеспечение и/или аппаратно-программный комплекс с меньшими затратами.

Весьма сложной задачей оказывается интеграция на единой платформе программных приложений. Чтобы решить возникающие проблемы, был разработан стандарт DO-297 IMA Development Guidelines and Certification Considerations (Руководство по разработке интегрированных модульных систем и их сертификации). В нём описано распределение ролей между создателями программных приложений, поставщиками аппаратных платформ и системными интеграторами в процессе интеграции нескольких приложений на одном процессоре.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вряд ли можно рассчитывать на потребительский рынок как на источник COTS-продуктов для ответственных приложений с длительным жизненным циклом. Скорее, это полигон для тестирования инновационных процессорных

платформ и технологий. В этих условиях инициатива использования COTS-продуктов в военных проектах начинает обретать поддержку на основе компонентов промышленного применения, что не отнимает у них право называться стандартными, поскольку они построены с учётом открытых стандартов.

Движущими силами эволюции COTS-инициативы являются и требования заказчиков по сокращению времени, отводимого на разработку, и экономика ведения проектов, и новые принципы поддержания систем в ходе их жизненного цикла, когда большая программа выпуска может превратиться в несколько серий изделий, реализуемых на основе быстро обновляющихся технологий.

Методология COTS усиливает позиции лидеров рынка с глубокими корнями собственных инноваций. Такие компании формируют и развивают программы сертификации совместимости своих изделий COTS, что является своеобразным элементом отраслевой политики управления качеством и позволяет системным интеграторам использовать COTS-компоненты от разных производителей в единой системе.

В качестве примеров можно привести инициативы ETX Certified Design Partner Program компании Kontron и COM Express PnP Initiative компании congatec. В рамках первой сформирована сеть сертифицированных партнёров, создающих продукты на основе спецификаций ETXexpress/COM Express Computer-On-Modules, microETXexpress, X-board и DIMM-PC. Второй проект позволил предложить рынку рекомендации COM Express PnP implementation – руководство для разработчиков, включающее все необходимые для системного интегратора или OEM-производителя схемотехнические сведения, гарантирующие правильность совместной работы в единой системе COM-модулей и плат-носителей, приобретённых у разных изготовителей.

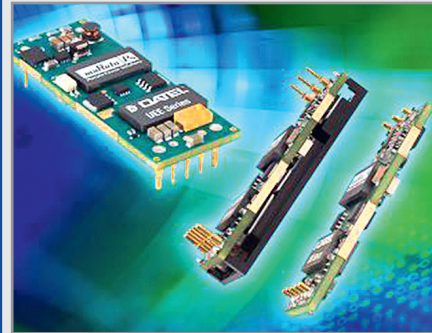
На основе последней инициативы разработано руководство PICMG Carrier Design Guide 1.0. В сочетании со спецификацией COM Express и документацией изготовителей на модули этого стандарта, руководство существенно облегчает разработку и гарантирует обеспечение взаимозаменяемости модулей COM от разных поставщиков в разрабатываемой системе.



Новости мира News of the World

DC/DC-преобразователи с входом 48 В

Компания Murata Power Solutions представляет полностью изолированные DC/DC-преобразователи серии UEE. Типичное значение КПД до 90%, выходное напряжение преобразователей 3,3 В. Они имеют размеры 58,4 × 22,9 × 10,2 мм и выполняют механические, а также электри-

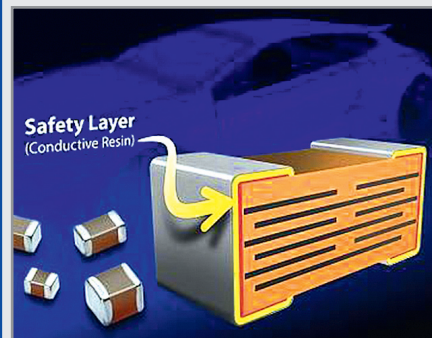


ческие требования норм DOSA к стандартному 1/8-Brick-корпусу. Модули соответствуют глобальным требованиям для приложений с напряжением телекоммуникационных сетей (TNV) и имеют входное номинальное напряжение 48 В, которое может находиться в диапазоне 36...75 В. Серия состоит из двух моделей: UEE-3.3/15-D48 имеет выход 15 А; UEE-3.3/30-D48 – выход 30 А. Варианты монтажа: сквозное соединение или поверхностный монтаж. Модель с выходом 30 А опционально предлагается с платой под сквозное соединение.

www.murata-ps.com

Высоконадёжные керамические конденсаторы

Серия GCE фирмы Murata состоит из монолитных керамических конденсаторов с малой чувствительностью к механическим нагрузкам. Эластичный вывод подключения снижает вероятность возникновения механических напряжений, которые возникают при изгибе печатной платы или из-за сильных температурных колебаний, вызывая разрыв корпуса конденсатора. Выводы из проводящей смолы повышают



способность корпуса конденсатора гасить такие напряжения.

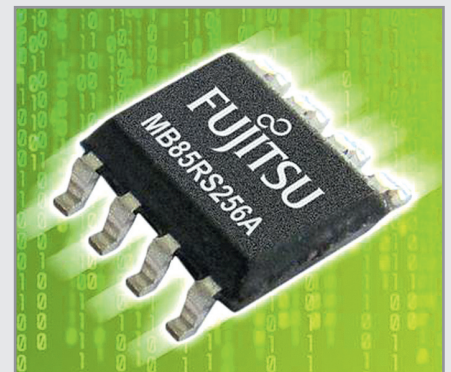
Благодаря применению в конструкции конденсатора техники MLSC (Multi-Layer Serial Capacitor), по утверждению производителя, гарантируется то, что серия практически не подвержена коротким замыканиям. В этой технологии используется внутренняя изолированная пластина, которая по сути превращает элемент в два последовательно включённых конденсатора. Таким образом, возникновение короткого замыкания из-за дефекта элемента становится невероятным.

Серия пригодна для автомобильных приложений, в которых требование безопасности является неотъемлемым. Серия GCE предлагается в форм-факторах 0603 и 0805 со всеми распространёнными номинальными напряжениями от 50 до 100 В и употребительными номиналами ёмкостей 10, 22, 47 и 100 нФ.

www.murata-ps.com

Ферроэлектрическое ОЗУ с последовательным интерфейсом

Компания Fujitsu Semiconductor предоставляет образцы ферроэлектрического ОЗУ с последовательным интерфейсом (SPI FRAM) по 0,18-мкм-технологии и в E²PROM-совместимом формате. Семейство SPI FRAM включает в себя три типа: MB85RS256A, MB85RS128A и MB85RS64A с объёмом записи данных 256, 128 и 64 Кбит.



Все элементы работают в диапазоне напряжений 3,0...3,6 В и рассчитаны на 10 млрд. циклов записи/считывания и на хранение данных в течение более 10 лет при 55°C. Максимальная рабочая частота составляет 25 МГц. Продукты предлагаются в восьмиконтактном пластмассовом корпусе SOP со стандартным расположением выводов, являясь тем самым совместимыми с элементами E²PROM.

www.fujitsu.com