

COTS-архитектуры как оптимальные платформы для создания БРЭО БПЛА/БПЛС

Дэвид Френч (David French), Kontron

«Мы выиграли эту войну благодаря массовому героизму наших летчиков. Но в следующей войне, возможно, будут участвовать самолеты, на борту которых вообще не будет людей. И выиграна она будет за счет самолетов, которые будут столь отличны от нынешних, что и сравнивать их будет невозможно. Выбросьте все, что вы узнали об авиации в этой войне, и начинайте работать над самолетами завтрашнего дня. Они не будут похожи на что-либо виденное доныне».

*Генерал Генри Харли Арнольд по прозвищу «Счастливчик» (Henry Harley «Har» Arnold)
в день победы над Японией 15 августа 1945 г.*

Широкий спектр возможностей современных встраиваемых компьютеров позволяет реализовать «интеллект» практически любого необходимого уровня в БРЭО БПЛА любых габаритов и целевых назначений. В полном соответствии с пророческим предвидением генерала Арнольда, беспилотные летательные аппараты и системы (БПЛА/БПЛС) нынешнего времени превратились в наиболее адаптивный вид оборонных систем, способных выполнять боевые задачи в режиме in demand (по требованию). Эти системы отличаются высокой живучестью, обеспечивают эффективное выполнение поставленных задач, могут гибко управляться. Они используются для нанесения ударов, сбора разведывательной информации и обмена данными. Все их возможности многократно усиливают боевые возможности армии и флота, сохраняя при этом жизни солдат.

Сценарии применения беспилотных систем базируются на таких присущих им чертах, как автономность и способность постоянно оставаться на связи из любой точки мира, модульность и возможность многоцелевого использования. В программном документе United States Air Force Unmanned Aircraft Systems Flight Plan 2009-2047 (План развития беспилотных летательных аппаратов ВВС США на период с 2009 по 2047 гг.), говорится о более гибких

и эффективных ВВС, на вооружении которых состоят самые разнообразные БПЛА, умеющие гораздо больше, чем их предшественники, которые могли выполнять лишь разведывательные функции.

Новые приложения для БПЛС выходят за рамки только разведывательных задач. Спектр габаритов современных БПЛА весьма широк от малоразмерных носимых аппаратов (вплоть до столь малых, что их создатели допускают использование приставок «микро» и «нано» в их наименованиях) и летательных аппаратов (ЛА) среднего класса



Рис. 1. Одно из главных свойств БПЛА – гибкость в применении или готовность к многоцелевому использованию. У БПЛА могут измениться габариты, от него может потребоваться большая защищенность от внешних воздействий и большая скрытность, а также совместимость с более совершенными командно-управляющими системами и поддержка различных типов полезной нагрузки

до тяжелых ЛА, габариты которых сравнимы с размерами воздушных заправщиков. Также военные используют и заказывают специализированные БПЛА с уникальными возможностями.

Разнообразие целевого назначения и функциональности БПЛС хорошо согласуется с давним стремлением Минобороны США к «высокотехнологичной» войне. Применительно к БПЛС подобные устремления приводят к заказам на разработку многоцелевых, сверхустойчивых к жестким условиям эксплуатации, приспособленных к потребностям «сетевых» войн ЛА, которые должны иметь модульную и открытую архитектуру и нести любую стандартную полезную нагрузку в пределах своих ТТХ (рис. 1). В связи с этим на борту БПЛА приходится применять БРЭО на основе встраиваемых систем, использующих весь спектр компьютерных технологий.

Главными факторами, которые помогают создавать новые платформы БРЭО для модульных БПЛА/БПЛС, стали не только технологические достижения промышленности встраиваемых компьютерных систем, но и их предложение в виде готовых «коробочных» (Commercial Off The Shelf, COTS) изделий в различных формфакторах. Сегодня разработчики БРЭО для БПЛС могут выбирать из множества открытых COTS-архитектур, которые позволяют создавать решения, удовлетворяющие широкому спектру требований в отношении производительности, габаритов, массы и энергопотребления, допустимых температурных условий эксплуатации и способности осуществлять цифровую обработку сигналов. Выбор оптимальной платформы для проектирования встраиваемого бортового радиоэлектронного оборудования для конкретного БПЛА/БПЛС требует глубокого понимания преимуществ и ограничений разных архитектур.

Выбор COTS оборудования на базе открытых архитектур

В условиях большого разнообразия приложений ограничиваться каким-либо одним формфактором встраиваемых компьютерных систем при создании БРЭО для всего спектра БПЛА/БПЛС было бы неразумно. Разработчики должны исследовать весь спектр доступных стандартных продуктов. Конструкции встраиваемых компьютерных систем БРЭО,

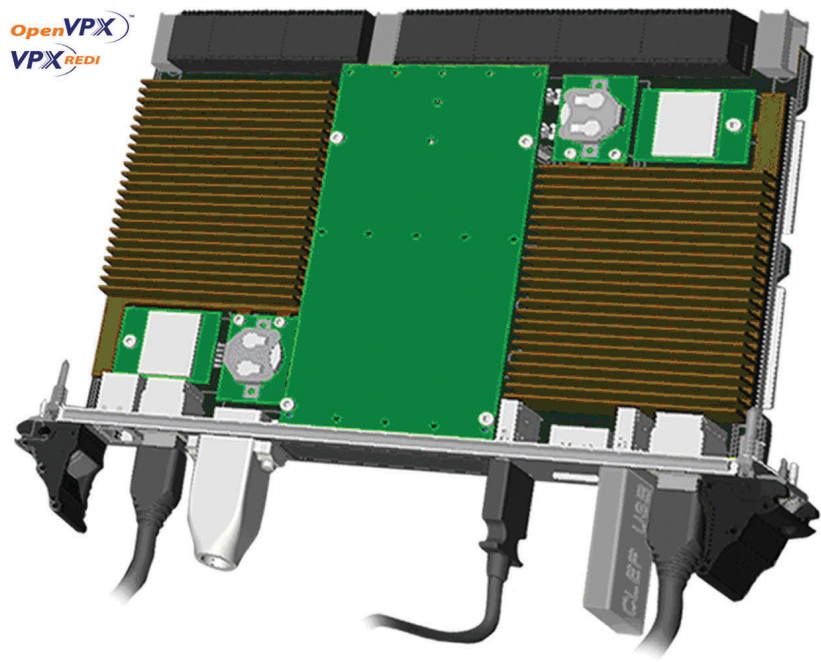


Рис. 2. Благодаря наличию двух независимых вычислительных узлов на базе процессоров Intel Core i7 с подключением к мощной коммуникационной инфраструктуре Ethernet/PCI Express, VPX-плата Kontron VX6060 прекрасно подходит для организации интенсивной параллельной обработки с использованием многих модулей Kontron VX6060 в конфигурациях VPX с топологией «полноценная сеть» или в коммутируемых средах OpenVPX

отвечающих как требованиям заказчиков, так и целевому назначению БПЛА/БПЛС, будут оптимальными, если при их разработке учтены конструктивные особенности БПЛА/БПЛС, а также требования совместимости систем БРЭО как в рамках экосистемы COTS, так и с точки зрения интеграции в глобальную информационную сеть объединенного военного командования.

Процесс оптимизации, в частности, должен предусматривать возможность наращивания таких функциональных характеристик, как полезная нагрузка ЛА, его коммуникационные возможности и возможности эффективной работы с данными (их сбор, анализ и передача). В военных кругах продолжает расти спрос на «сетевые» (net-centric) решения, позволяющие солдатам, системам и оборудованию обмениваться информацией в режиме реального времени. При этом требования к пропускной способности каналов постоянно растут, поэтому приходится использовать компьютерные платформы с все возрастающей производительностью. Помимо этого есть потребность в модернизации встраиваемых компьютеров в составе уже развернутых систем.

Удовлетворить разнообразные и меняющиеся требования к БРЭО для БПЛА разработчики могут, взяв на

вооружение достижения стандартных решений. Возможности хорошо зарекомендовавших себя на практике компьютерных COTS-компонентов для встраиваемых систем сегодня чрезвычайно широки. Эти изделия представлены продуктами самых различных формфакторов от миниатюрных модулей COM (Computer-On-Module, компьютер-на-модуле) до больших мощных плат AdvancedTCA. Поскольку выбор открытых стандартизованных архитектур весьма богат, необходимо взвесить сильные и слабые стороны каждой из них применительно к конкретным приложениям.

Оборудование VPX для высокоскоростной обработки сигналов

Полезная нагрузка БПЛС (с малой, средней и большой дальностью полета) может включать коммуникационное оборудование, средства радиотехнической разведки, радары высокого разрешения, средства обработки изображений и даже оружие. Одна из основных функций БПЛА — улучшение «ситуационной осведомленности». Это достигается передачей на портативное наземное оборудование «живого» видео в сжатом виде, а также и другой информации. В связи с этим разработчикам БРЭО приходится уделять особое внимание пропускной



Рис. 3. Семейство малых БПЛА (Small UAS – SUAS) включает аппараты, запускаемые рукой или катапультной и управляемые человеком либо специальным ПО, которое использует данные автономной системы GPS-навигации. Такие аппараты обычно летают на малых высотах и пригодны для осуществления ночных и дневных разведывательных миссий

способности каналов связи и возможностям сжатия изображений. Для подобных БПЛА-приложений, в основе которых лежит высокопроизводительная обработка данных, прекрасно подходит новое оборудование стандарта VPX. Обладая высокой производительностью и надежностью внутрисистемных сетевых соединений, оно предназначено для работы в жестких условиях эксплуатации.

Стандарт VPX способен обеспечить более высокую (по сравнению с конкурирующими архитектурами) производительность на один слот и более высокую скорость обмена данными между процессорными платами и модулями ввода-вывода по каналам PCI Express, 10 Gigabit Ethernet или Serial RapidIO. Эти интерфейсы позволяют достигать скорости передачи данных в 10 Гбит/с между узлами или нескольких сотен Гбайт/с агрегированного трафика в зависимости от системной реализации. При обработке все возрастающих скоростей передачи сигналов, что характерно для широкополосных высокопроизводительных приложений БПЛС, системы на основе архитектуры VPX могут достигать высоких скоростей передачи данных, используя различные технологии на основе коммутации последовательно пере-

даваемых данных в виде дифференциальных сигналов.

При использовании топологии «полноячеистая сеть» (full mesh) полная пропускная способность системы может быть доведена до 100 Гбайт/с и выше (рис. 2). Платформа VPX, являясь развитием платформы VME, сочетает ее надежность и великолепные характеристики электромагнитной совместимости (фундаментальные стороны архитектуры VMEbus) с новыми широкополосными последовательными интерфейсами на основе передачи дифференциальных сигналов по объединительной панели. Системная архитектура VPX позволяет уплотнить ввод/вывод в расчете на один слот, увеличивая плотность вычислений на основе имеющихся на данный момент процессоров и чипсетов до максимума за счет использования технологии 10 Gb Ethernet для управления обработкой данных и распределением нагрузки между несколькими параллельно работающими процессорами. Приведенные характеристики контрастируют с возможностями платформы VMEbus на основе параллельной шины, которая эволюционировала от первоначальных 40 Мбайт/с до 320 Мбайт/с.

Оборудование VPX с интегрированной поддержкой видеокоде-

приложениями БПЛС, где нужна обработка видеоинформации с использованием различных каналов передачи данных и на основе разных сценариев работы. В систему VPX может интегрироваться аппаратная поддержка таких кодеков, как H.263, H.264 (стандарт MPEG-4 part 10) и JPEG2000, которые обеспечивают высокую степень сжатия изображений. Кодек H.264 оптимизирован, в частности, для потоковой передачи и позволяет рационально использовать доступную пропускную способность за счет динамической подстройки качества.

Оборудование MicroTCA: может работать в жестких условиях эксплуатации и соответствует требованиям широкополосных приложений

Решающими факторами при выборе формата оборудования для БРЭО могут быть требования к дальности действия и высоте полета ЛА. Обычно БПЛС дальнего радиуса действия и летают высоко. В дополнение к характеристикам высотности и дальности действия добавляется требование ко времени барражирования. И все эти требования транслируются в такие требования к БРЭО, как компактный формфактор, обеспечивающий стойкость к жестким условиям эксплуатации, а также надежность, что, в свою очередь, обеспечивается возможностью оптимизации энергопотребления, массы и управления тепловым режимом. Необходимо учитывать, что если крупные ЛА могут иметь специальные отсеки электронного оборудования с принудительным воздушным охлаждением, то у многих небольших БПЛА таких отсеков нет.

Спецификации MTCA.1 (Air Cooled Rugged MicroTCA, защищенное оборудование MicroTCA с воздушным охлаждением), MTCA.2 (Hardened Air Cooled MicroTCA, оборудование MicroTCA повышенной защищенности с воздушным охлаждением) и MTCA.3 (Hardened Conduction Cooled MicroTCA, оборудование MicroTCA повышенной защищенности с кондуктивным охлаждением) опираются на стандарт ANSI/VITA 47, определяя требования к аппаратным средствам MicroTCA упомянутых классов по устойчивости к жестким условиям эксплуатации.

Спецификация MTCA.1, например, расширяет возможности применения платформы MicroTCA в

оборонных приложениях, где оборудование находится в условиях класса EAC6 воздействия окружающей среды и вибраций класса V2 в терминах стандарта ANSI/VITA 47. Спецификация MTCA.3, разрабатываемая в настоящее время ассоциацией PICMG, будет описывать технологию кондуктивного охлаждения, благодаря которой оборудование MicroTCA сможет соответствовать самым тяжелым профилям стандарта ANSI/VITA 47 по своим характеристикам устойчивости к внешним температурам, а также к ударным и вибронагрузкам. Иными словами, платформа MicroTCA станет пригодной для создания герметичных систем БРЭО с кондуктивным охлаждением, которые используются на БПЛА с ограниченным свободным пространством.

Эти спецификации позволяют рассматривать MicroTCA в качестве недорогой альтернативы защищенному оборудованию VPX, обеспечивающей высокую производительность, высокую готовность и чрезвычайно высокую пропускную способность при сравнительно малых размерах. Отметим, что система MicroTCA высоты 3U или 4U с одной объединительной панелью и 12-ю процессорными модулями на основе многоядерных процессоров позволяет использовать до 24-х вычислительных ядер в весьма небольшом пространстве, занимаемом БРЭО, а также 21 высокоскоростной канал на основе последовательной передачи данных со скоростью 2,5 Гбит/с. В зависимости от габаритов конкретного БПЛА, особенностей наземных средств управления, а также выбранных способов реализации, пропускная способность системы MicroTCA может варьироваться в весьма широких пределах: от 40 Гбит/с до 1 Тбит/с и выше. Но следует помнить, что стандарт VPX превосходит системную архитектуру MicroTCA в отношении количества каналов пользовательского ввода/вывода.

CompactPCI: проверенная платформа для жестких условий эксплуатации с длительным сроком присутствия на рынке

Архитектура CompactPCI обеспечивает хорошую полосу пропускания, производительность и возможности выбора варианта охлаждения (воздушным потоком или кондуктивного). Ее статус базовой аппа-

ратной платформы для БПЛА основан на таких достоинствах, как «врожденная» устойчивость к жестким условиям эксплуатации, тыльный ввод/вывод, поддержка практически всех высокоскоростных интерфейсов и наличие большого количества наработок программного обеспечения, совместимого с шиной PCI. Благодаря прогрессу в технологиях энергосбережения и экономии пространства, достигнутому за счет использования процессоров семейства Intel Atom с малым энергопотреблением, многоядерных архитектур и 32-нанометровому технологическому процессу, многие разработчики считают стандарт CompactPCI идеальным выбором для создания БРЭО.

Конструкция БРЭО в этом случае представляет собой автономный блок плат, подключаемых к единой объединительной панели и работающих в единой сети по каналам Gigabit Ethernet. Несмотря на то, что платформа CompactPCI в большинстве случаев не обеспечивает скоростей более 1 Гбит/с и пропускная способность параллельной шины PCI существенно уступает показателям объединительной панели VPX, в ней используется тот же механический конструктив 3U/6U, и поэтому аппаратные средства CompactPCI могут противостоять воздействию неблагоприятных внешних факторов столь же успешно, как и оборудование VPX.

32-нанометровый техпроцесс вкупе с многоядерностью «открыл» для платформы CompactPCI рынок новых приложений, основанных на высокопроизводительных вычислениях, ориентированных на непрерывный режим работы и жесткие условия эксплуатации. Многоядерные процессоры и технологии энергосбережения обеспечивают большую производительность при соблюдении тех же и даже более строгих ограничений на тепловыделение и потребляемую мощность, значительно продлевая жизнь существующих стандартных конструктивов, таких как CompactPCI. Эти же факторы открывают новые возможности для модернизации и продления сроков эксплуатации уже развернутых систем.

Действующие системы с 10-ю платами CompactPCI 2.16 на базе одноядерных процессоров можно «ужать» до двух плат на базе двух-четырехядерных процессоров. В

тех случаях, когда необходимо быстро обрабатывать большие объемы данных, что характерно для БПЛС-приложений, можно использовать многоплатные системы на основе 4-ядерных процессоров. А в оборудовании, использующем технологии кондуктивного охлаждения с последующим пассивным или активным (воздушным потоком) отводом тепла, платы CompactPCI с малым энергопотреблением могут обеспечивать приемлемую удельную производительность на ватт потребляемой мощности.

Компьютеры-на-Модуле (COM): высокая производительность на ватт потребляемой мощности в ограниченном пространстве

Создание малых БПЛА существенно расширило возможности использования авиации в боевых действиях. Преимущества подобных систем были наглядно продемонстрированы на ранних фазах войны в Ираке. Видеоинформация высокого качества, предоставляемая малыми беспилотными аппаратами не только командному составу, но и другим военнослужащим, обеспечивает ситуационную осведомленность, способствуя сохранению жизни солдат. На данный момент предоставление видеоинформации в реальном времени — главная функция этих небольших (но очень нужных) БПЛА (рис. 3).

Достичь оптимального баланса между производительностью и показателями SWaP (Size, Weight and Power — размер, масса, энергопотребление), критически важными для небольших БПЛА с весьма высокими требованиями к энергоэффективности, позволяют модули COM (Компьютеры-на-Модуле) на базе процессоров Intel Atom. К примеру, 45-нм процессоры Intel Atom, работающие на частотах от 1,1 до 1,6 ГГц, поддерживающие достаточно быструю, но экономичную 533-мегагерцовую системную шину, демонстрируют весьма неплохую производительность при энергопотреблении в пределах 5 Вт.

Это позволяет уже сейчас использовать модули COM на базе указанных процессоров для создания энергоэффективных систем БРЭО с весьма развитыми возможностями работы с графикой и сохранять возможность применения COM в будущем, рассматривая платформу COM как закрепившийся на рынке



Рис. 4. Тактические БПЛА вертикального взлета и посадки (Vertical Takeoff and Landing Tactical UAV – VTUAV) способны взлетать и садиться на неподготовленные площадки в непосредственной близости от войсковых и тактических оперативных центров. Действуя как коммуникационные узлы объединенной тактической системы радиосвязи JTRS (Joint Tactical Radio System), они повышают эффективность и гибкость этой сети.

стандарт с большими перспективами. Доступные сегодня новые COM-модули с процессорами Intel Core i7 второго поколения обеспечивают еще большую свободу выбора в смысле производительности и интегрированных функций. Производительность на ватт у этих систем не подвержена деградации при интенсивном использовании ресурсов процессора подсистемами ввода/вывода.

Платформы на основе процессоров Core i7 – это эффективные двухчиповые решения с интегрированным «северным» мостом, они обеспечивают целостность

сигналов и сокращение габаритов печатных плат. Это позволяет достигать высокой производительности при создании компактных систем с ограниченными ресурсами питания. Разработчикам БПЛА/БПЛС, к БРЭО которых предъявляются повышенные требования в части поддержки графических и видеоприложений (для выполнения задач, где нужна интенсивная обработка/формирование изображений или организация непрерывного наблюдения), эти платформы предоставляют необходимые возможности за счет поддержки чипсетом Intel QM67

улучшенных возможностей обработки графики и потоков данных и современных интерфейсов для работы с дисплеем.

Размышляя о перспективах

Как сказано в Плане развития авиации армии США на период с 2009 по 2047 гг., «ключевые инструменты для достижения информационного превосходства в условиях современной 'сетевцентричности' – это опора на стандарты и обеспечение совместимости и взаимозаменяемости». В связи с этим в рамках целого семейства систем определен общий набор типов летательных аппаратов, БРЭО которых поддерживает стандартные интерфейсы и совместимую и взаимозаменяемую полезную нагрузку, устанавливаемую на борт по технологии «plug and play» для выполнения единственной или нескольких боевых задач, входящих в приоритеты объединенного военного командования. Данная стратегия – констатация существенных перемен. И разработчики встроенных систем должны это понимать. Модель разработки, во главу угла которой поставлена платформа, ныне отменяется. Для достижения успеха необходимо принимать во внимание не только то, как работает система, но и то, как она интегрируется в единое информационное сетевое пространство объединенного командования (рис. 4).

В условиях постоянного и бурного развития комплекса требований к БПЛА/БПЛС разработчики БРЭО для них должны идти по пути использования архитектур на основе открытых COTS-формфакторов.

У разработчиков сегодня есть все необходимое для создания модульных систем БРЭО для БПЛА разных типов и разного целевого назначения. В основе этого утверждения – доступность широкого спектра встраиваемых модулей разных формфакторов, которые обеспечивают больше производительности в меньшем пространстве и обладают при этом такими характеристиками, как малое энергопотребление, малые габариты, эффективное охлаждение, современные технологии управления питанием, развитые возможности ввода/вывода, поддержки сетей, систем хранения данных, а также оптимизированные процессорные архитектуры. ■

» Комп'ютери для швидкого досягнення цілей «

CP308



CP 308 — п'яте покоління 3U CompactPCI комп'ютерів на основі 45 нм процесорів Intel Core 2 Duo, зорієнтованих на розробку та виробництво конкурентоспроможних високопродуктивних вітчизняних вбудовуваних систем екстра-класу з тривалим життєвим циклом.



- » Унікальна обчислювальна міць при дуже низькому рівні енергоспоживання;
- » 45 нм процесори Intel Core 2 Duo 9x00 (Penryn) з частотою від 1,2 до 2,26 ГГц в мікрокорпусах SFF;
- » Чіпсет: Intel GS45 та Intel ICH9M; системна шина — від 800 МГц до 1066 МГц;
- » Пам'ять: до 8 ГБ пам'яті DDR3 з пропускною спроможністю до 17 ГБ/с;
- » Інтерфейси: VGA, 7 x USB 2.0, 2 x COM, 2 x Gigabit Ethernet и 4 x SATA, а також DVI и PS/2;
- » Розширення: 2x DisplayPort (DP), 1x High Definition Audio (HDA), 1x SATA, 1x CompactFlash (CF) слот, 1x SDHC слот, 1x Mini-PCI Express та інші;
- » Можливість встановлення 2,5" жорсткого/флеш-диску SATA, накопичувачів USB NAND Flash/Compact Flash;
- » Фронтальний та тильний ввід/вивід;
- » Виконання: 0 ... +60°C та -40 ... +85°C;
- » Без вентиляторів;
- » Опція: конформне покриття для роботи в агресивних середовищах;
- » MTBF: від 210.000 годин;
- » Енергоспоживання (SL9400 LV 1.86 ГГц/ 1ГБ DDR3): 24Вт;
- » Удар: 30g / 9мс; вібрація: 10Гц до 300Гц, 5g;
- » Підтримка Windows XP/ XP Embedded, Linux, LynxOS, VxWorks, QNX та інших ОС.

Офіційний дистриб'ютор в Україні:



ТОВ «ІВЛ Обладнання та інжиніринг»
вул. Стеценка 19, буд. 54,
04128, Київ, Україна
Тел. +38 044 499-2132,
факс +38 044 499 2134
<http://ivl.ua> e-mail: ivl@ivl.ua