

## Заменяемость на уровне модулей ускоряет обслуживание в полевых условиях

Статья из журнала Boards & Solutions, October 2007

[www.embedded-control-europe.com/bs\\_magazine](http://www.embedded-control-europe.com/bs_magazine)

Mike Macpherson, Curtiss-Wright Controls Embedded Computing, [www.cwcembedded.com](http://www.cwcembedded.com)

Перевод: Демьянов А.В., AVD Systems, [www.avdsys.ru](http://www.avdsys.ru)

*По сравнению с традиционным трехуровневым обслуживанием, новый подход двухуровневого обслуживания с использованием заменяемых модулей LRM (Line Replaceable Module) обеспечивает более рентабельное обслуживание систем, находящихся на боевом посту.*



Значительную часть стоимости обеспечения развернутых сложных систем вооружений в течении их жизненного цикла составляет стоимость ремонтов, включая как сами операции по ремонту, так и содержание тыловой логистики: передвижных ремонтных мастерских и складов запчастей. Предполагаемый срок службы таких военных платформ, как самолеты, вертолеты, бронетехника и корабли, составляет от 30 до 50 лет, и затраты в течении срока службы становятся намного более критичным фактором, чем начальные капитальные затраты по закупкам. Именно высокая стоимость обеспечения развернутых систем и явилась на рынке АКО (авиация-космос-оборона) причиной роста спроса на заменяемые модули LRM с защитными металлическими кожухами и защитой от электростатического разряда.

Спрос на заменяемые модули LRM порожден желанием военных применять методологию двухуровневого обслуживания, которая значительно снижает стоимость и сложность логистики путем замены в полевых условиях компонент уровня модуля. Обычный подход, применяемый в настоящее время, состоит в замене всего блока LRU (Line Replaceable Unit) или подсистемы целиком, включая корпус, модули, источник питания и дисковые накопители, и транспортировке неисправной системы на ремонтную базу, находящуюся на удаленном расстоянии. Интеграторы и конечные пользователи подсчитали, что затраты на эксплуатацию и содержание можно сократить на 50-70%, если модернизировать традиционную модель обслуживания и принять более простое и рентабельное двухуровневое обслуживание с использованием заменяемых модулей LRM. Такие модули помогут увеличить степень унификации благодаря применению общих модулей в разных крейтах одной платформы. Это поможет упростить логистику путем сокращения номенклатуры запасных частей, и использовать одну позицию номенклатуры для полевого обслуживания ряда функциональных модулей с управлением конфигурацией в зависимости от места размещения.

Традиционно, VMEbus и другие стандартные модульные решения для встраиваемых вычислителей, разрабатывались с учетом концепции трехуровневого обслуживания на базе заменяемых блоков LRU (Табл. 1). По сравнению с ним, двухуровневое обслуживание на базе заменяемых модулей LRM является более простым, эффективным и рентабельным способом обслуживания и модернизации в полевых условиях систем, находящимся на боевом посту. Технология LRM решает фундаментальную проблему. Чувствительная электроника обычного незащищенного модуля системы может быть повреждена при неаккуратном обращении с модулем или при неосмотрительном допущении воздействия на него электростатического разряда.

Таблица 1. Описание модели трехуровневого обслуживания на базе заменяемых блоков LRU, принятой в ВВС США.

1	Организационный Уровень O-level (Organizational)	Выполняется насколько возможно оперативно в перерывах между миссиями эксплуатационного оборудования и включает определение степени боевых повреждений, превентивное техобслуживание и обследование
2	Промежуточный Уровень I-level (Intermediate)	Обычно на стационарном объекте, где возможна замена модулей и полное тестирование заменяемых блоков LRU перед возвратом на O-уровень. Подлежащие ремонту модули передаются на следующий уровень.

3	Складской Уровень D-level (Depot)	Специализированный объект, на котором отдельные модули могут быть отремонтированы. Во многих случаях, в особенности для покупных (COTS) изделий, ремонт D-уровня обеспечивается изготовителем модуля.
---	-----------------------------------	---

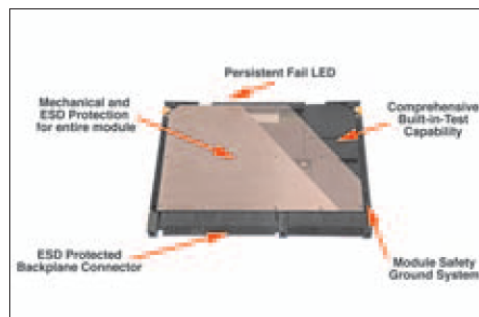
Несмотря на то, что концепция LRM не нова, в области открытых стандартов в этом направлении были сделаны существенные шаги только в последнее время. До этого заменяемые модули LRM, стоящие на вооружении, требовали дорогостоящих систем с «закрытой» специализированной архитектурой. Эти специализированные системы имели присущие «закрытости» высокую стоимость разработки, высокую стоимость содержания и ограниченное количество вариантов поддержки. Отсутствие открытого стандартного решения для заменяемых модулей LRM оставляло военным только вариант дорогостоящей и сложной логистики, свойственной существующей концепции заменяемых блоков LRU уровня подсистемы. Хорошей новостью последних лет явилось инициированное компанией Curtiss-Wright Controls Embedded Computing объединение ведущих военных интеграторов и лидеров COTS-индустрии с целью совместного решения поставленной военными задачи использования заменяемых модулей LRM, результатом которого стала разработка новых открытых стандартов, технологий и продуктов и сегодняшняя практическая реальность систем с LRM. Преимущества LRM сегодня реализованы в коммерчески доступных продуктах. Современные LRM-модули и системы на них разработаны по стандарту VPX-REDI (VITA 48) – первому открытому стандарту, который обеспечивает повышенную защищенность с использованием верхнего и нижнего металлических кожухов, встроенную защиту от электростатического разряда (ЭСР) и изоляцию отказов на уровне модуля/платы. Заменяемые модули стандарта VPX-REDI позволяют извлекать и заменять платы в полевых условиях без специальной подготовки и специального инструмента. Главной новой особенностью VPX-REDI являются металлические кожухи, которые не только защищают платы от воздействия окружающей среды, но и придают дополнительную жесткость при воздействии удара и вибрации, типичных для тяжелых боевых условий. Новый стандарт также предусматривает использование нового высокочастотного разъема MultiGig RT2, который обеспечивает встроенную защиту от ЭСР путем отвода разряда от чувствительных к нему электронных схем. Разъем MultiGig RT2 выдерживает разряд до 15kV (по условиям стандарта ANSI/VITA 47).

Заменяемые модули LRM обычно похожи на традиционные встраиваемые электронные модули, такие, как уже длительное время популярные платы открытых стандартов VME и CompactPCI. Но LRM-модули отличаются дополнительными особенностями, обеспечивающими улучшенную механическую и электрическую защищенность и поддержку диагностики (Рис. 1). Эти улучшения включают в себя верхний и нижний защитные металлические кожухи, усиленные и идентифицируемые по ключу разъемы и фиксаторы. Заменяемые модули для военных применений имеют целый набор требуемых характеристик, обеспечиваемых преимуществами коммерческой доступности и достоинствами популярных форматов 6U и 3U. (Табл. 2). Среди особенностей LRM-модулей: наличие механической и ЭСР-защиты модуля, разъем объединительной панели со встроенной защитой от ЭСР, система защитного заземления, функция всестороннего встроенного тестирования и светодиодный индикатор устойчивой неработоспособности.

Светодиодный индикатор устойчивой неработоспособности

Механическая и ЭСР-защита всего модуля

Разъем объединительной панели со встроенной защитой от ЭСР



Функция всестороннего встроенного тестирования

Система защитного заземления модуля

Рис. 1. Особенности LRM-модулей, обеспечивающие повышенную механическую и электрическую защищенность и поддержку диагностики.

Табл. 2. LRM-модули основаны на коммерческой доступности и популярных форматах 3U/6U

Требуемые характеристики LRM	Обоснование	Совместимость с VME
<b>Защита от ЭСР</b>	Эксплуатирующий персонал будет обращаться с LRM-модулем так же, как и с корпусированной системой без всяких мер предосторожности по ЭСР-защите	Несмотря на то, что был предложен ряд не стандартизованных решений, используемый в настоящее время разъем не имеет ЭСР-защиты. Новый разъем VPX (VITA 46) обеспечивает ЭСР-защиту. В VPX-REDI (VITA 48) стандартизованы верхний и нижний кожухи для защиты всей конструкции.
<b>Механическая защита</b>	Открытые компоненты могут быть повреждены и должны быть защищены при манипуляциях с модулем	Некоторые производители уже предлагают по специальному заказу VME-модули с кондуктивным охлаждением и с защитными кожухами. Стандарт VITA 48 дополнит VPX-модули защитными кожухами.
<b>Диагностика и изоляция отказов</b>	Для ускорения процесса ремонта на О-уровне требуется диагностика с точным определением неисправности	Многие производители готовых коммерческих модулей военного назначения уже предлагают всесторонний встроенный тест BIT (Build-In-Test).
<b>Вставка и замена LRM</b>	Должны выполняться с минимальными требованиями к квалификации и инструменту	VME-модули с кондуктивным охлаждением уже удовлетворяют эти требованиям. Стандарт VPX дополняет эти возможности точным позиционированием при совмещении разъемов и ключевым идентификатором для обеспечения корректного месторасположения модуля.
<b>Охлаждение</b>	LRM-модули должны предоставлять возможность достаточного охлаждения с использованием современных и будущих технологий. Предполагается, что будущие приложения с высокой вычислительной производительностью будут рассеивать до 300 W/LRM.	Стандарт VITA 48 предусматривает конструкции для кондуктивного и жидкостного охлаждения. Соединители для жидкостного охлаждения уже проверены и протестированы во многих применениях.
<b>Обращение с конфиденциальными данными</b>	Любой LRM-модуль, возвращенных изготовителю для ремонта, не должен содержать конфиденциальных данных.	Некоторые производители коммерческих модулей уже признали эту необходимость и обеспечивают функции рассекречивания путем стирания всех конфиденциальных данных из флэш-ЭПЗУ.

Стандарт VPX-REDI (VITA 48) был разработан специально для удовлетворения потребности в готовых коммерческих заменяемых LRM-модулях. Стандарт VPX-REDI предназначен для АКО-применений с тяжелыми условиями эксплуатации, включая кондуктивное охлаждение, и высокими требованиями к пропускной способности объединительной панели. Стандарт VPX-REDI энергично поддерживается основными военными системными интеграторами и производителями готовых коммерческих продуктов. Стандарт сохраняет многие популярные особенности экосистемы VME –

наиболее широко применяемого в военных системах формата. Он является следующим поколением по отношению к VME и CompactPCI, но обеспечивает пользователям VME возможность эволюционного развития и перспективу использования широкого спектра технологий высокоскоростного обмена, таких, как Serial RapidIO (SRIO) и PCI Express (PCIe). Поскольку VPX-REDI разрабатывался как электрически, программно и частично механически совместимый с VME, он допускает гибридные VME/VPX архитектуры, сохраняющие уже сделанные инвестиции в системы на базе готовых коммерческих модулей. Он также использует популярный благодаря VME формат 6U, но имеет и вариант 3U с тыльным вводом/выводом, в котором применяется высокочастотный разъем MultiGig RT2 и металлические кожухи с защитой модулей LRM от электростатического разряда.

Важным аспектом совершенствования обслуживания находящегося в эксплуатации оборудования является системное управление. Стандарт, определяющий функции системного управления, был предложен в VITA/VSO (VMEbus International Trade Association/Standards Organization). Компания Curtiss-Wright дополняет свои заменяемые модули VPX-REDI стандартными функциями для поддержки системного управления. Эти функции включают: встроенный тест, вспомогательный источник питания на 3.3V и встроенная возможность обмена данными с функцией системного управления. Кроме этого, Curtiss-Wright обеспечивает расширенную программную поддержку специфичных для заменяемых модулей функций. Эта поддержка включает в себя драйверы PCI-устройств и узловых устройств коммутируемой структуры, поддерживающие нумерование, распределение памяти и обработку прерываний. Оболочка встроенного тестирования BIT (build-in-test) и его подпрограммы предоставляются в форме, которая допускает расширение BIT-функций заказчиком и добавление новых или модификацию существующих тестов, включая специализированные прикладные функции системного уровня, переносимые между совместимыми по программному интерфейсу COTS Continuum продуктами Curtiss-Wright. Встроенное ПО (firmware) платы включает инициализацию и обеспечение доступа к коду резервного загрузчика в режиме восстановления, который представляет собой альтернативный процесс загрузки в случае непредумышленной перезаписи приложением кода основного загрузчика. Программный интерфейс драйверов устройств ускоряет процесс разработки драйверов и обеспечивает переносимость драйверов между различными группами продуктов.

Ведущие производители готовых коммерческих модулей для АКО-применений способствуют переходу на обслуживание на уровне заменяемых модулей путем выпуска на рынок ЭСР-защищенных модулей стандарта VPX-REDI. Компания Curtiss-Wright уже выпустила несколько моделей одноплатных компьютеров, которые поддерживают LRM-обслуживание, и взяла на себя ведущую роль по внедрению на рынок военных систем заменяемых модулей на базе стандарта VPX. В прошлом году были выпущены первые в отрасли модули VPX-REDI - одноплатный компьютер VPX6-185 и DSP-процессор SHAMP-AV6. В этом году представлены VPX6-684 Fireblade, модуль коммутатора/маршрутизатора Gigabit Ethernet, SHAMP-FX2, модуль на двух FPGA, VPX3-125, одноплатный компьютер формата 3U, и носитель мезонинных модулей VPX3-215 ExpressReach формата 3U для расширения функций ввода/вывода. Модуль VPX6-185 построен на базе одно/двухядерного PowerPC- микропроцессора Freescale 8641, обеспечивает пропускную способность по объединительной панели 8Гбайт/с через четыре порта интерфейса ASI (Advanced Switching Interconnect) и имеет два мезонинных слота стандарта VITA 42 XMC/PMC с интерфейсом PCI Express, Gigabit Ethernet (GbE), последовательные порты и интерфейсы накопителей. Модуль SHAMP-AV6 имеет четыре микропроцессора PowerPC 8641. Эти платы выпускаются по группе исполнения Level 300, которая имеет конструктивные особенности стандарта VPX-REDI, а также дополнительные возможности для поддержки двухуровневого обслуживания на основе заменяемых модулей LRM. На Рис. 2 показан вид модуля VPX-REDI на примере одноплатного компьютера VPX3-125 формата 3U.



Рис.2. Вид модуля VPX-REDI на примере одноплатного компьютера VPX3-125 формата 3U