

# От Open Source к Open Hardware и открытым технологиям разработки электроники

Марк Новоначный (Москва)

**Движение открытого программного обеспечения Open Source дополняется инициативой Open Hardware – созданием и развитием аппаратных платформ на базе процесса открытой разработки. Сегодня известно о нескольких сотнях проектов Open Hardware. При этом, как и в случае рынка Open Source Software, в этой сфере работают достаточно успешные компании.**

Весной 2011 г. в стенах Европейского центра ядерных исследований (CERN) был запущен проект утверждения лицензии на свободную аппаратную платформу Open Hardware Licence (OHL). Версия 1.0 лицензии OHL CERN была размещена в марте 2011 г. в репозитории проектов класса Open Hard-

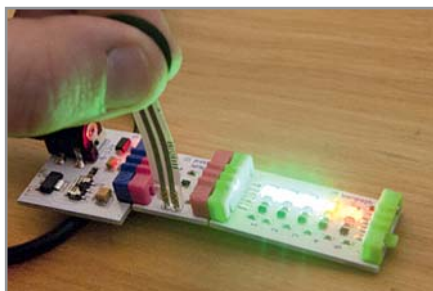


Рис. 1. Схема, собранная из набора модулей littleBits



Рис. 2. «Съедобное» и играющее пианино на основе компонентов проекта Resistor Jeltone



Рис. 3. Счётчик Гейгера на базе открытой схемотехники

ware (Open Hardware Repository, OHR) [1]. Через четыре месяца специалисты CERN обнародовали версию 1.1 лицензии OHL, которая призвана стать фундаментом для свободного распространения знаний и опыта в среде разработчиков электроники. Лицензия закладывает юридические основы для использования, копирования, изменения и распространения проектной документации в области разработки аппаратуры, а также производства и распространения продукции, созданной на основе этой документации. К проектной документации, которая может распространяться и развиваться на основе лицензии OHL, отнесены блок-схемы и диаграммы, чертежи и электрические схемы (схемы разводки печатных плат), конструкции механических узлов, описания конструкций и пояснения, связанные с разработками. На сегодняшний день в Open Hardware Repository зарегистрировано почти пять сотен проектов.

Весной 2012 г. была официально анонсирована инициатива по созданию ассоциации Open Source Hardware Association (OSHA). Участники OSHA намерены помогать проектам в области открытых аппаратных платформ (Open Source Hardware). Среди целей OSHA – развитие инновационных продуктов (процессоры, схемотехнические решения узлов и компонентов, законченные электронные продукты и оборудование) на основе Open Source Hardware, их продвижение и создание законодательной базы использования разработок в этой сфере.

## «ОТКРЫТОЕ ЖЕЛЕЗО» НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ

На учредительном мероприятии OSHA в основном были представлены проекты и продукты, относящиеся к

популярной сегодня экосистеме т.н. «гаджетов», а также компоненты и инструментарий для любительских разработок в области электроники и программирования встроенных систем. В качестве примеров «открытого железа» для подобного рода занятий можно назвать проекты littleBits [2] и Resistor Jeltone [3].

Проект littleBits – это набор электронных модулей, соединяемых друг с другом силами магнитного притяжения, для прототипирования простейших систем управления или создания подобных систем в режиме игры. Паяльник при этом не требуется (см. рис. 1).

Оборудование проекта Resistor Jeltone очень напоминает наборы для экспериментов по занимательной физике на кухне (см. рис. 2). Наряду с пищевыми компонентами, обладающими разной проводимостью, в нём используется микроконтроллер и программное обеспечение.

Типичными примерами устройств, представленных ассоциацией OSHA, являются NeTV [4], которое позволяет провести модернизацию обычного телевизора до уровня smart TV, и счётчик Гейгера [5], спроектированный под впечатлением аварии в Японии. Последний выглядит как вполне законченный серийный продукт (см. рис. 3) и может помочь в сборе данных об экологической обстановке.

Проект NeTV, изначально являющийся изделием бытовой электроники, представляет собой компактный компьютер (см. рис. 4), работающий под управлением операционной системы Linux и поддерживающий работу в сети IP. Его другие потенциальные применения – образовательный процесс, цифровые информационно-рекламные системы, «интеллектуальное» управление потреблением и учётом домашних энергоресурсов.

В устройстве NeTV, как и в ряде других проектов Open Hardware, «открытое железо» находится в неразрывной связи с открытыми операционными системами, открытым инструментарием разработки программного обеспечения, а также стандартными технологиями, такими как порт USB, обеспе-

чивающий питание NeTV и его работу в локальной сети.

Следует отметить, что встраиваемые компьютеры или вычислительные платформы, не относящиеся к архитектуре Wintel, являются популярным объектом разработок класса Open Hardware. В качестве примера можно привести открытую микроконтроллерную плату Arduino Mega (см. рис. 5). Её схемотехника распространяется с лицензией Creative Commons, т.е. имеется возможность собственноручного создания платы, возможно, с изменениями схемы. Но можно приобрести и готовую плату (пример технологии «монетизации» открытых разработок).

Ядром Arduino Mega является микроконтроллер семейства ATmega (в младшей модели платы Arduino это может быть микросхема с индексом 1280, в более мощных – с индексом 2560). Для программирования микроконтроллера на плате Arduino можно воспользоваться средствами, развиваемыми в рамках открытого проекта Wiring [6] или открытым инструментарием разработчика Processing [7].

Инструментарий Wiring предназначен для быстрого создания кросс-платформенных программ управления устройствами, позволяющих в режиме реального времени оценить реакцию прототипа встроенной системы на указания программы. После написания нескольких строк кода можно наблюдать, как происходит включение света при приближении человека, и, добавив ещё несколько строк и датчик, увидеть, как изменяется уровень освещённости в зависимости от фоновой за светки помещения.

Для описания предложенного ими метода познания мира встроенных систем, авторы Wiring придумали термин sketching with hardware, который можно перевести как «аппаратные эскизы». По сути это – интерактивный процесс прототипирования электроники, выбор наилучшего варианта и его совершенствование в режиме реального времени. Для определения этого процесса иногда используется термин physical computing.

Платы, совместимые с Arduino, можно дополнять модулями расширения, используя предусмотренные конструкцией штыревые разъёмы. Устанавливаемые на Arduino дополнительные компоненты позволяют управлять шаговыми двигателями, поддерживать связь на основе технологий Bluetooth,

ZigBee, Wi-Fi или GSM. Экосистема проекта Arduino – своеобразный радиобительский набор XXI в.

На базе платформы Arduino созданы разные «гаджеты»: Paper Piano (см. рис. 6) и Horto domi: the Open Garden (Сад дома: Открытый сад). Веб-страница последнего проекта [8] посвящена мини-садику под куполом. Этот агрокультурный объект, защищённый от рисков экологического загрязнения и капризов природы, снабжён встроенной системой мониторинга параметров влажности и температуры, контролируемой миниатюрной SCADA-системой с веб-интерфейсом. Если говорить о монетизации, то проект Horto domi: the Open Garden уже привлёк на своём сайте финансирование в размере более 8 тыс. долл.

### «ОТКРЫТОЕ ЖЕЛЕЗО» ДЛ Я ПРОФЕССИОНАЛОВ

В отличие от проектов, представленных на учредительном мероприятии Open Source Hardware Association, семинар Open Hardware Workshop, проведённый в октябре 2011 г. специалистами CERN, позволил ознакомиться с проектами Open Hardware для промышленных систем и научного оборудования. Пример такой разработки – проект RHINO группы систем дистанционного зондирования (radar remote sensing group) Университета Кейптауна (ЮАР). Аббревиатура RHINO означает Reconfigurable Hardware Interface for computiNg and radio, т.е. реконфигурируемый аппаратный интерфейс для компьютерных и радиосистем.

Проект RHINO – это создание технологии и платформы реконфигурируемого аппаратного интерфейса для

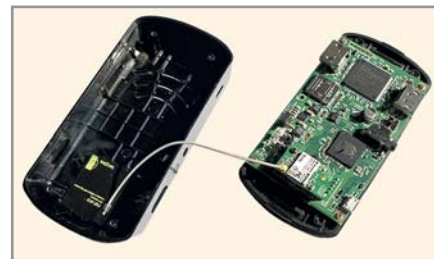


Рис. 4. Устройство NeTV

проектов CASPER (Collaboration for Astronomy Signal Processing and Electronics Research, сотрудничество в развитии технологии обработки сигналов радиоастрономии и исследований в области электроники) и SKA (Square Kilometre Array radio telescope, радиотелескоп с площадью антенны в 1 км<sup>2</sup>). В основе платформы RHINO – микросхема ПЛИС Spartan 6, операционная система для реконфигурируемых компьютерных платформ Borph Linux, память типа DDR3 и мезонинная платформа FMC-LPC (см. рис. 7). Фактически RHINO представляет собой аппаратно-программную платформу «программного радио» (Software Defined Radio, SDR), которую её создатели намерены развивать на принципах открытости.

Мероприятие Open Hardware Workshop 9 октября 2011 г. собрало более 80 участников. Среди докладчиков были представители как небольших компаний с числом сотрудников менее двух десятков человек, так и крупных (например, National Instruments, штат 5 тыс. человек, офисы в 40 странах), а также сотрудники международных научных организаций и проектов. Их объединило желание использовать в своей работе технологию открытой разработки аппаратных платформ. По признаниям самих участников движе-

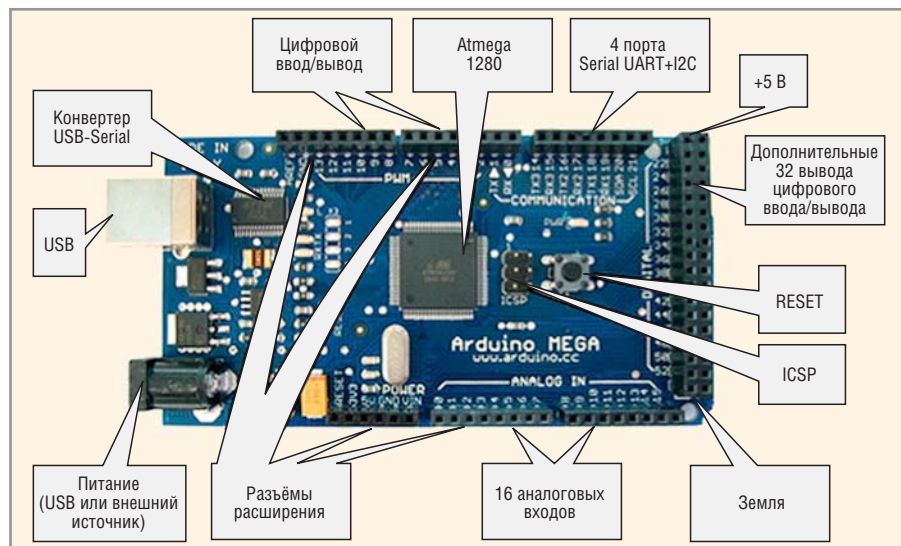


Рис. 5. Плата семейства Arduino Mega





Рис. 6. Устройство Papert Piano

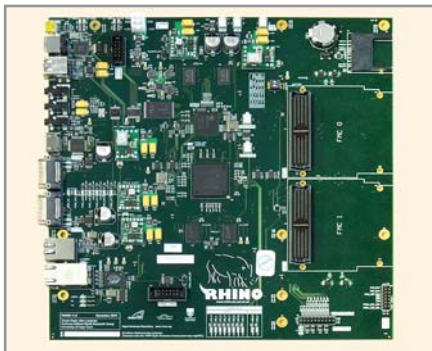


Рис. 7. Модуль интерфейса RHINO

ния Open Hardware, эта инициатива является «проекцией» успеха движения Open Source, нашедшего поддержку на всех континентах, среди правительств развитых стран и вовлекшего компании разных масштабов и направлений. Open Source – это не только источник оптимизма и опыта для движения Open Hardware. Программное обеспечение является неотъемлемым компонентом большинства систем современной электроники, и Open Source – естественный источник инструментария для

разработки схемотехнических решений Open Hardware.

На одной из сессий Open Hardware Workshop выступили представители проекта gEDA, представляющего набор свободного инструментария класса EDA (Free Software EDA tools), и проекта KiCad – открытого программного инструментария для разработки печатных плат. На Open Hardware Workshop 2011 г. выступил и представитель проекта Arduino, являющегося переходным звеном между проектами бытового и профессионального назначения. Но если Arduino – пример открытой платформы для встроенных систем с малым энергопотреблением и без поддержки развитого графического интерфейса, то BeagleBone, Raspberry Pi, PandaBoard ES – это открытые платформы более высокого уровня.

**«ОТКРЫТОЕ ЖЕЛЕЗО»  
ВНЕ АРХИТЕКТУРЫ WINTEL**

Открытые разработки компьютерных плат, более мощных, чем Arduino, заключаются в отказе от платформы Wintel в пользу архитектуры RISC/RISC&GPU + Linux. В наиболее известных и находящихся в стадии готовности открытых проектах материнских плат компонент RISC содержится в архитектуре ARM и графическом процессоре на основе ядра PowerVR от Imagination Technologies либо графическом ядре Mali компании ARM.

Об открытости ОС семейства Linux и стандартности архитектуры ARM написано немало. Что касается ядра PowerVR, то, согласно данным Jon Peddie Research (JPR), компания Imagination Technologies превосходит любого конкурента на рынке IP-ядер графических процессоров для встраиваемых применений, владея 50% рынка IP-ядер и примерно 80% рынка устройств, в которых используется архитектура графического процессора от Imagination Technologies. Второе место (33%) занимает компания Qualcomm. Доли остальных участников на порядок меньше. Архитектура PowerVR от Imagination Technologies широко используется в т.н. «прикладных» процессорах (вычислительных платформах современных смартфонов и планшетных компьютерах). Поэтому связка ARM + PowerVR или ARM + Mali является отраслевым стандартом де-факто, окружённым свободной экосистемой, созданной большим числом компаний, лицензировавших эти архитектуры.

Одним из примеров использования связки ARM и PowerVR является плата BeagleBone (см. рис. 8). При её представлении [9] упор делается на возможностях поддержки графики и работы под управлением одной из операционных систем Linux, поддержки графических стандартов и библиотек машинного зрения OpenCV и OpenNI, интерфейсов HDMI и VGA для работы с графическими дисплеями, интерфейсов Ethernet и USB для создания графических «стен» из дисплеев для широкоформатного отображения.

Как бы за кадром остаётся тот факт, что ядро BeagleBone одним из SoC-процессоров TI на базе 32-разрядного ядра ARM Cortex-A8, и сам открытый проект BeagleBone, помимо прочего, является инструментом продвижения компонентов TI. Процессор BeagleBone обеспечивает производительность на уровне 1,5 млрд. операций в тесте Dhrystone и поддерживает арифметические операции с плавающей запятой. Это позволяет использовать BeagleBone и для управления двигателями, и для обработки информации с видеокамер.

В основе процессорной платы Raspberry Pi (кандидата для развития в среде Open Hardware) (см. рис. 9) также находится архитектура ARM. Это ядро ARM1176JZF-S, поддерживающее, наряду с арифметикой с плавающей запятой, такие технологии компании

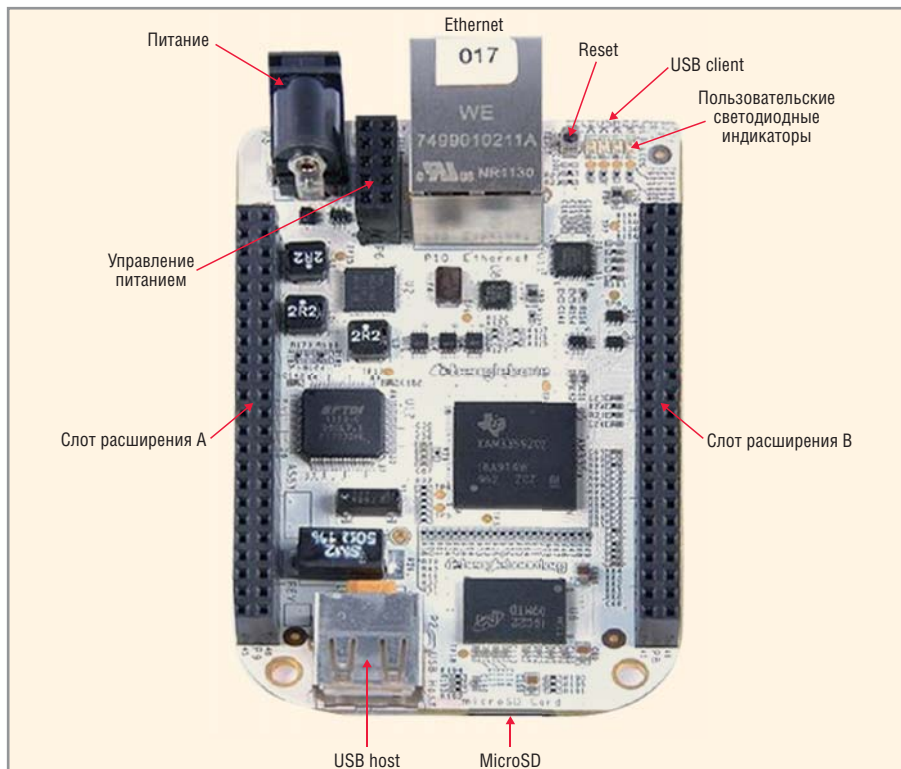


Рис. 8. Плата BeagleBone

ARM, как Thumb для «сжатия» кода и Jazelle для аппаратной поддержки Java. Процессор платы Broadcom BCM2835 включает графическую подсистему на основе фирменной платформы Broadcom VideoCore IV. Плата Raspberry Pi имеет 256 Мб памяти ОЗУ, обеспечивает возможность работы в сети Ethernet, подключение дисплея с интерфейсом HDMI и работу приложений под управлением операционных систем семейства Linux.

На базе двухъядерного процессора Cortex A9 и 1 Гб ОЗУ реализован проект PandaBoard ES. Плата PandaBoard ES поддерживает интерфейсы HDMI или DVI, Ethernet, Wi-Fi и Bluetooth.

Эти и другие подобные проекты являются кандидатами на поддержку глобальной инициативы «Интернет вещей», в успехе которой заинтересованы и частный бизнес, и правительства развитых стран мира. Для бизнеса – это новый рынок, для правительств – новые рабочие места, совершенствование технологий общественной безопасности (от антитеррора и до безопасности на дорогах), повышение уровня здравоохранения и т.п.

## Опыт OPEN SOURCE SOFTWARE

Истоки движения Open Hardware, несомненно, следует искать в достижениях инициативы Open Source Software, вершина которого – проект ОС Linux во всех его видах и со всей административной и правовой инфраструктурой. Фундамент Open Source Software – это сотни тысяч уже зарегистрированных проектов, десятки тысяч проектов, регистрируемых ежегодно, и государственная поддержка принципов движения Open Source Software рядом стран Европы, Америки и Азии.

Так, в настоящее время Франция тратит около 15% общего ИТ-бюджета на развитие служб, имеющих отношение к открытому программному обеспечению. Франсуа Олланд, вновь избранный президент Франции, подчеркивает, что использование открытого ПО будет иметь высокий приоритет в образовательных учреждениях Франции, так как он хочет, чтобы студенты перестали быть простыми потребителями готовых информационных технологий и превратились в создателей, которые сами могут писать и понимать исходный код.

Неслучайно базовые принципы Open Hardware копируют постулаты Open

Source Software: обеспечение свободного доступа к исходным материалам (конструкторской документации), свободное изучение исходных материалов и свободная модификация этих материалов и свободное распространение результатов работы.

Стоящая за термином Open [Source] философия (именно философия, а не законодательная и правоприменительная практика) вполне осознана разработчиками встроенных систем. Участники движения Open Source считают, что программа открыта, если возможности её использования сопровождаются несколькими «свободами»: изучение программы, её запуск в неизменном виде, правка программы (при необходимости), использование модернизированной программы, а также распространение программы с изменениями или без таковых.

Официальные документы Министерства обороны США не противоречат сущности Open Source. В соответствии с руководством Clarifying Guidance Regarding Open Source Software (OSS) [10], «программное обеспечение класса Open Source – это ПО, код которого в читаемых человеком символах доступен для использования, изучения, многократного использования, модификации, развития и распространения».

Однако Open Source и отказ от коммерциализации или её невозможность не являются синонимами. Для компаний Open Source сегодня – это успешный бизнес, экономичное ведение бизнеса, либо то, и другое. Для специалистов Open Source является источником конкурентных преимуществ на рынке труда.

## Несколько примеров

Среди продуктов Red Hat – ОС Enterprise Linux. В портфеле компании также имеются решения на основе Linux для электронных систем современных вооружений, поддерживающих технологии реального времени и характеризующиеся минимальным временем загрузки. При этом модель бизнеса Red Hat является стандартным примером работы компании на рынке Open Source: продажа служб настройки под заказчика и его поддержка. Доходы компании Red Hat, акции которой продаются и покупаются на Нью-Йоркской бирже, в минувшем году составили 1,12 млрд. долл., показав относительный рост 25%. Чистая прибыль компании составила 146 млн. долл.,

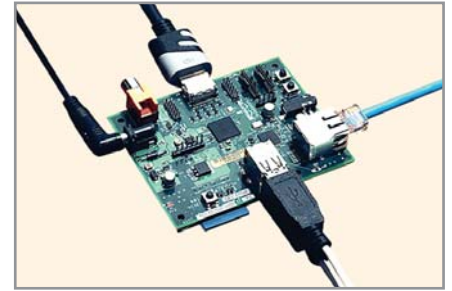


Рис. 9. Плата Raspberry Pi

тогда как годом ранее этот показатель равнялся 107,3 млн. долл.

Переходя от частного примера Red Hat к «валовым» показателям демонстрации привлекательности рынка Open Source для инвесторов, отметим, что, по данным InfoWorld, венчурные фирмы вложили в проекты Open Source 1,44 млрд. долл. в период с 2001 по 2006 г. Корпорация IBM в 2001 г. инвестировала 1 млрд. долл. в проект Linux, а в 2002 г. эти инвестиции «практически» окупились. Последний пример иллюстрирует не только инвестиционную привлекательность проектов Open Source, но и тот факт, что участие в проектах такого рода позволяет снижать расходы на разработку и эксплуатацию.

Российским специалистам известна компания Orpsview, предлагающая программный комплекс для мониторинга работы в сети физических устройств, операционных систем и приложений, развиваемый на основе технологии Open Source. При конкуренции с мировыми лидерами – компаниями CA, BMC, IBM и HP – открытая модель развития Orpsview обеспечивает эффективную обратную связь с пользователями для постоянного совершенствования программного комплекса и его тестирования.

Для монетизации опыта компания Orpsview предлагает свой продукт в двух вариантах: бесплатную систему Orpsview Community Edition с некоторыми ограничениями (19 900 заказчиков) и коммерческую версию Orpsview Enterprise с платной технической поддержкой. Компания Orpsview имеет около сотни клиентов, воспользовавшихся последним предложением.

Ежегодный отчет Open Source Software Development Survey компании Sonatype, который охватил 2500 респондентов, представляющих ИТ-технологии на разных рынках (по размерам компаний, по их географическому расположению, промышленной принадлежности и т.п.), показал, что около 80% опрошенных компаний ис-

пользуют ресурсы и наработки Open Source.

Участие в проектах Open Source и использование результатов таких проектов – это перевод представлений о бережливом производстве на новый уровень, когда оптимизация бизнеса строится на вовлечении в него сторонних разработчиков. При этом и свои, и сторонние разработчики только выигрывают. С одной стороны, есть данные, что 70% работ по разработке ядра Linux сделано программистами, получающими за это деньги [11]. С другой стороны, расширение экосистемы программного обеспечения Open Source приводит к росту потребности в разработчиках с определёнными навыками. Таким образом, «рост базы программного обеспечения с открытым исходным кодом для разработки приложений ставит разработчиков со специализацией в области этих технологий в привилегированное положение, и они могут претендовать на повышение заработной платы на 30..40%» [12]. Кроме того, программист или компания могут повышать свою профессиональную репутацию участием в проекте Open Source или ведением такого проекта.

### ГДЕ ВЗЯТЬ ДЕНЬГИ?

Компании, работающие на рынке современной электроники и ориентированные на прибыль, используют технологии и продукты Open Source в рамках различных бизнес-моделей. Некоторые компании, предоставляя открытый продукт, продают поддержку (обучение, настройку/адаптацию к требованиям заказчика, обслуживание). В основе этой технологии монетизации на рынке, например, ПК-совместимых встраиваемых систем лежит тот факт, что в качестве пакетов BSP (Board Support Package, программный пакет поддержки компьютерного модуля) предлагается один дистрибутив с набором функциональных возможностей или несколько дистрибутивов, привязанных к специализированным рыночным сегментам (эталонные реализации).

Хотя такие эталонные реализации, как правило, легко устанавливаются на типовую аппаратную платформу и позволяют разработчику полностью использовать её характеристики и функциональные возможности, в них отсутствуют специальные возможности, привязанные к кон-

кретному изделию. Кроме того, избыточность эталонного пакета программ может непроизводительно расходовать некоторые ресурсы проекта. Всё это приводит к необходимости настройки дистрибутива с целью добавить или убрать определённые модули. Исследование LinuxDevices.com от 2007 г. свидетельствует о том, что на зарубежном рынке в 2003–2007 гг. доля компаний, готовых платить за услуги поддержки ОС Linux, выросла с 51 до 72%.

Существуют компании, которые заинтересованы в продуктах Open Source для поддержки инфраструктуры, обслуживающей их продукты и услуги. Компании могут формировать рыночные ниши для своих продуктов, предоставляя и развивая определённые программные компоненты на основе технологии Open Source. Многочисленные примеры можно найти в сфере производства процессоров и микроконтроллеров, когда наличие открытого инструментария, операционных и файловых систем, стеков коммуникационных протоколов и кодеков создаёт предпосылки для успешного внедрения микросхем.

Ещё одной группе компаний открытое ПО позволяет продавать больше изделий, управляемых встраиваемыми системами. Увеличению продаж может способствовать как повышение качества продукции за счёт использования открытого ПО, так и её удешевление, а также сочетание этих факторов. Проекты Open Source практически всегда ориентированы на улучшение качества программного обеспечения. Поэтому использование «зрелого» открытого ПО (кодеки, стеки протоколов и т.п.) является синонимом качества и высоких функциональных характеристик. Особенности лицензирования открытого ПО могут существенно снизить стоимость конечной аппаратнопрограммной платформы по сравнению с вариантом использования патентованных программных продуктов. Уменьшиться может как цена приобретения, так и стоимость эксплуатации.

### НИОКР НА БАЗЕ ОТКРЫТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Разработки на базе открытых технологий (Open Technology Development, OTD) – это формирующийся сегодня подход к разработкам, выполняемым децентрализованным коллективом [13,

14]. Методология OTD основана на возможностях совместного доступа исполнителей проекта к ресурсам (аппаратуре, программному коду и интерфейсам приложений) всего проекта.

Успех разработок OTD напрямую связан с использованием открытых стандартов, открытых (не «свободных») интерфейсов и возможной опоры на ресурсы Open Source и Open Hardware. Однако проекты класса OTD могут базироваться на ресурсах, которые «свободны» лишь внутри сообщества разработчиков и пользователей, обладающих допусками разного уровня.

Возможности методологии OTD существенно возрастают при использовании ресурсов Open Hardware и Open Source. В контексте OTD, ресурсы Open Hardware и Open Source можно рассматривать как своеобразный аналог возобновляемых ресурсов в интеллектуальной сфере и как источник экономии материальных и финансовых ресурсов проекта, поскольку использование ресурсов Open Hardware и Open Source минимизирует дублирование разработок.

Упомянутые выше открытые стандарты и интерфейсы позволяют адаптировать системы и службы проекта к изменяющейся ситуации на рынке (как в технологической сфере, так и в области спроса).

К основным достоинствам методологии OTD следует отнести:

- потенциальную эффективность: можно не разрабатывать проект «с нуля», а, подобрав базовое решение, приспособить его к новым требованиям. Использование ресурсов Open Hardware и Open Source снижает риск нарушения прав владельцев интеллектуальной собственности;
- ускорение темпов проведения разработки;
- высокий уровень новизны: получив доступ к апробированному решению, разработчики могут сосредоточиться на развитии его возможностей. Использование ресурсов Open Hardware и Open Source гарантирует использование наработок, соответствующих последним достижениям;
- снижение затрат на НИОКР: экономия может достигаться не только за счёт повторного использования наработок, но и за счёт конкуренции между коллективами разработчиков, имеющих равные права доступа к



ресурсам Open Hardware и Open Source.

В качестве примера практического использования методологии ОТД можно назвать проект Open Compute, инициированный компанией Facebook. Этот проект развивает набор открытых спецификаций для оснащения центров обработки данных (ЦОД) и нацелен на обеспечение максимальной эффективности работы инфраструктуры при минимальных затратах. Его характерные черты – новаторство и объединение для достижения общей цели интеллекта компаний, обладающих экспертными знаниями в относительно узких областях.

В проекте Open Compute особое внимание уделяется организации эффективного энергопотребления, что позволило значительно снизить потребление энергии по сравнению с обычными серверными компонентами. Последние из представленных прототипов материнских плат для серверов, отвечающих требованиям Open Compute и разработанных Intel и AMD, отличаются увеличенным объёмом ОЗУ, а также использованием новейших процессоров. Плата Intel уком-

плектована двумя процессорами Xeon E5-5600 и 18 разъёмами DIMM; плата AMD – двумя процессорами Opteron 6200 и 24 разъёмами DIMM. Спецификация Open Rack проекта Open Compute предлагает новый стандарт конструкции серверных стоек на основе тех, что были разработаны компанией Facebook и внедрены в её центрах обработки данных. Прототипы совместимых с Open Rack серверов уже представили компании HP и Dell.

Среди направлений, развиваемых проектом Open Compute, – спецификации серверных материнских плат, серверные шасси, блоки питания для серверов, организация централизованного удалённого управления инфраструктурой, система энергоснабжения ЦОД. Развиваемые проектом спецификации распространяются в соответствии с условиями Open Web Foundation, подразумевающими полную передачу в безвозмездное пользование всей связанной с разработкой интеллектуальной собственности и патентов. Файлы для САПР с описанием конструкции оборудования доступны по лицензии Creative Commons Attribution 3.0.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ohwr.org>.
2. <http://littlebits.cc>.
3. <http://wittleBitsww.openmaterials.org/catarina/?p=92>.
4. [http://kosagi.com/w/index.php?title=NeTV\\_Main\\_Page](http://kosagi.com/w/index.php?title=NeTV_Main_Page).
5. <http://www.bunniestudios.com/blog/?p=2218>.
6. <http://wiring.org.co>.
7. <http://www.processing.org>.
8. <http://www.kickstarter.com/projects/1742152701/horto-domi-the-open-garden>.
9. <http://beagleboard.org/bone>.
10. <http://cio-nii.defense.gov/sites/oss/2009OSS.pdf>.
11. [http://www.linuxfoundation.org/docs/lf\\_linux\\_kernel\\_development\\_2010.pdf](http://www.linuxfoundation.org/docs/lf_linux_kernel_development_2010.pdf).
12. *Nathan E.* Open Source Adoption Increases App Dev Pay, ChannelWeb 2008-02-26.
13. *Herz J.C., Lucas M. and Scott J.* Open Technology Development Roadmap Plan. <http://www.acq.osd.mil/jctd/articles/OTDRoadmapFinal.pdf>, April 2006.
14. *Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future.* Report of the Committee on Science, Engineering, and Public Policy. National Academies Press, 2008.

