

Исследование характеристик микросхемотехнических решений с применением открытого ПО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ"

Определены возможности применения микрокомпьютеров в индустрии ИТ, рассмотрены наиболее популярные современные микрокомпьютеры, выявлены и приведены основные показатели для сравнения существующих микрокомпьютеров, проведен сравнительный анализ микросхемотехнических решений; апробирована и представлена методика установки ОС с открытым кодом Kali Linux на микрокомпьютер Raspberry Pi.

Ключевые слова: микрокомпьютер, Raspberry Pi, Banana Pi, ODROID-W, BeagleBoard-xM, BeagleBone Black, Module MB 77.07, Kali Linux

Введение. В настоящее время одним из самых популярных решений стали дешевые и при этом маленькие микрокомпьютеры на современных платформах с низким энергопотреблением, снабжённые в основном операционными системами с открытым кодом на ядре Linux, на базе которых можно создавать эффективные и даже уникальные технические решения.

Миниатюрность и простота конструкции данных устройств обеспечили доступную их цену. Популярность подобных микрокомпьютеров основана на том, что их можно использовать в исследовательских целях и учебном процессе в связи с отсутствием риска привести в негодность действиями пользователя дорогую вычислительную технику.

Постановка задачи. В данной статье рассмотрены наиболее популярные микрокомпьютеры на сегодняшний день, проведен сравнительный анализ их характеристик, а также апробирована и представлена методика установки ОС с открытым кодом Kali Linux на микрокомпьютер Raspberry Pi.

Результаты. Современные микрокомпьютеры имеют широчайшие возможности и имеют широкий круг применения, например:

- VoIP-телефоны;
- сетевые хранилища (NAS, SAN);
- цифровые фотоаппараты;
- сотовые телефоны;
- принтеры;
- платежные и информационные терминалы и т.д.
- собственный суперкомпьютер;
- карманный миникомпьютер;
- сервер;
- медиacentры;
- торрент-сервер.
- маршрутизаторы, точки доступа;
- тонкие клиенты;
- скрывать интернет-трафик с помощью прокси-сервера TOR и многое другое.

Raspberry Pi – это один из первых в своем роде одноплатных компьютеров, размером с кредитную карточку. Изначально создавался для обучения базовым компьютерным наукам в школах.

Raspberry Pi использует «систему на чипе» Broadcom BCM2835, объединяющую ARM1176JZF - S частотой 700 МГц с процессором Broadcom VideoCore IV GPU и 512 Мбайт SDRAM (для модели B и B+). Единственным вариантом подключения к внешним данным есть порты USB 2.0, также есть два видеовыхода в виде композитного RCA и HDMI портов, 3,5 мм аудио выход и SD/MMC SDIO слот для карт памяти. Модуль Raspberry Pi получает питание от источника напряжения +5 В с максимально допустимым током в нагрузке не менее 700 мА. Источник питания подключается с помощью кабеля с микро-USB-разъемом.

В совокупности с низкими требованиями открытого программного обеспечения к аппаратной составляющей и специально собранным ядром операционной системы, оптимизированным под данное оборудование, это дает возможность установить на Raspberry Pi дистрибутив операционной системы Linux (либо RiscOS), а также набор сопутствующего программного обеспечения.

Кроме Raspberry Pi существует достаточно большое количество аналогичных по возможностям одноплатных компьютеров на базе процессорных ядер ARM.

Общим для всех этих устройств является наличие интерфейсов USB Host, USB Device, Ethernet, HDMI, поддержка карт памяти формата SD или microSD.

Banana Pi – это одноплатный компьютер, который имеет возможность расширения до различных конфигураций. Разработан с целью содействия STEAM (науке, технологии, инженерии, искусству и математике).

Основой данного микрокомпьютера есть система на чипе AllWinner с 2-ядерным процессором A20 ARM Cortex-A7, видеопроцессор ARM Mali400MP2 (OpenGL ES 2.0/1.1), 1 Гб оперативной памяти DDR3 SDRAM и слот для карты SD (до 64 Гб) или MMC (до 2 Тб на SATA-диске), разъемы для Ethernet 10/100/1000 (можно подключить и USB WIFI Dongle), видео (HDMI, CVBS, LVDS/RGB), аудио (разъем на 3,5 мм, HDMI), два USB 2.0 порта [2]. Может работать под управлением различных операционных систем: Android 4.2, Android 4.4, Ubuntu, Raspbian, Debian, Fedora, Arch Linux, Gentoo, openSUSE и другие.

Сходство данного микрокомпьютера с Raspberry Pi очевидно, но Banana Pi не имеет никакого отношения к Raspberry Pi. Журнал «Linux user & Developer» не считает его прямым клоном, но отмечает значительное сходство [3], в то время как linux.com считает его клоном с улучшенными характеристиками [4].

ODROID-W – одноплатный компьютер, основанный на схемотехнике Raspberry Pi, но имеет ряд отличий.

В первую очередь, это гораздо меньший размер, почти на 2/3 меньше оригинала. Также в данном устройстве есть цепи питания и зарядки для LiPo аккумулятора, часы реального времени, АЦП на два канала и более экономичные DC-DC регуляторы. Часть разъемов (USB, Ethernet, audio, UART) вынесены на опциональную плату расширения, часть заменена на микроверсии (microHDMI, microSD), но в целом весь функционал сохранён [5].

BeagleBoard-xM – одноплатный компьютер на платформе OMAP от Texas Instruments. Данный микрокомпьютер основан на процессоре ARM Cortex-A8 (частота работы до 1 ГГц) с NEON SIMD сопроцессором, ядре DSP TMS320C64x+. Также оснащен 512 МБ оперативной памяти, 10/100 Ethernet, 4 USB выходами, DVI-D и S-video выходами, стерео аудио выходом и микрофонный входом, JTAG коннектором, разъемом для подключения камеры и разъемом с портами расширения [6].

Эту плату делает действительно привлекательной поддержка. Вся схемотехника есть в открытом доступе, так как BeagleBoard – платформа открытого аппаратного обеспечения.

BeagleBone Black – это дешевая, легко расширяемая, уменьшенная версия BeagleBoard, которая способна работать самостоятельно или же как дополнение к BeagleBoard.

BeagleBone Black оснащена процессором серии Sitara AM3359AZCZ100 с тактовой частотой в 1ГГц, который содержит в своем составе вычислительное ядро Cortex-A8 и графический ускоритель SGX530. На плате установлено 512 МБ оперативной памяти DDR3L, Flash память eMMC объемом в 2 ГБ, на которой установлена операционная система Angstrom Linux [7].

Микрокомпьютер Module MB 77.07 основан на базе системы на кристалле K1879XB1Я, которая является разработкой НТЦ «Модуль». Микрокомпьютер MB 77.07 с этим процессором на борту позиционируется в том числе как система для энтузиастов-программистов и учебная плата для студентов. Производители позиционируют данный микрокомпьютер как российский аналог Raspberry Pi.

Плата оснащена процессором ARM1176JZF-S с частотой – 324 МГц, ЦПС NeuroMatrix NMC3 с частотой – 324 МГц, мультистандартным декодером SD/HD видео MPEG2-/H.264/VC-1, 2D графическим ускорителем, видеоинтерфейс, включающий цифровой видео выход и контроллер HDMI, возможностью подключения до 256 Мбайт внешней NAND flash памяти по 8-разрядному интерфейсу, интерфейсом с serial NOR flash по интерфейсу SPI, двумя контроллерами DDR2 SDRAM с 16-разрядными внешними шинами, блоками аудио интерфейсов I²S и S/PDIF, интерфейсом DVB-CI, контроллером Ethernet 10/100, контроллером USB 2.0 со скоростью до 480 МБит/с, периферийными шинами GPIO, UART, JTAG-4, EDCL. Питание платы – 5 В [8].

Результаты сравнительного анализа характеристик описанных выше микрокомпьютеров приведена в таблице 1. Таким образом на основании проведенного анализа, наиболее подходящим микросхемотехническим решением с точки зрения таких характеристик, как цена, возможности подключения различных периферийных устройств, доступных ОС, возможностей применений является микрокомпьютер Raspberry Pi. В связи с чем наиболее целесообразным объектом исследования был выбран данный микрокомпьютер.

С целью демонстрации возможностей микрокомпьютера, особенно в контексте информационной безопасности, была апробирована методика установки ОС с открытым кодом Kali Linux.

В отличие от традиционного компьютера, на котором есть BIOS, привод с поддержкой сменных носителей, и жесткий диск внутри компьютера, Raspberry Pi просто имеет небольшой твердотельный накопитель (реализован через карту SD и SD-кардридер). Таким образом, пользователь не будет следовать традиционно маршруту настройки компьютера, вставив загрузочный диск для установки операционной системы на внутреннее устройство хранения. Вместо этого, необходимо подготовить SD-карту (или microSD) на обычном компьютере и вставить ее в Raspberry Pi для дальнейшей распаковки/настройки.

На сегодняшний день есть много различных дистрибутивов и вариаций, доступных для Raspberry Pi. В данной статье рассмотрена установка дистрибутива Kali Linux.

Kali Linux – это дистрибутив, основанный на Linux Debian, предназначенный в основном для тестировщиков информационной безопасности.

Таблица 1 – Результаты сравнительного анализа характеристик микрокомпьютеров

	Raspberry Pi B+	Banana Pi	ODROID-W	BeagleBoard-xM	BeagleBone Black	MB77.07
SoC	Broadcom BCM2835	Allwinner A20	Broadcom BCM2835	TI DM3730	TI Sitara AM335x	K1879XB1Я
Процессор	ARM1176JZF-S	ARM Cortex-A7	ARM1176JZ-F	ARM Cortex-A8	ARM Cortex-A8	ARM1176 (V6)
Тактовая частота	700 МГц	1 ГГц	700 МГц	1 ГГц	1 ГГц	324 МГц
Графический процессор	Broadcom VideoCore IV, OpenGL ES 2.0,	ARM Mali400MP2 dual GPU core	Broadcom VideoCore IV	C64x, DSP	PowerVR SGX530	K1879XB1Я
Оперативная память	512 МБ	1 ГБ DDR3 DRAM	512 МБ LPDDR2	512 МБ LPDDR	512 МБ DDR3L	128 МБайт 2xDDR2
Питание	microUSB или GPIO, 5 В, от 600 мА	microUSB, 5 В, 2 А	microUSB или LiPo аккумуляторы, 5 В, 2 А	DC, 5 В, 2 А	miniUSB, или DC, 5 В, 2 А	DC, 5 В, 2,5 А
Устройство управления питанием	17-33G RZC52	AXP209	Ricoh RT5T619	TI TPS65217C	TI TPS65217C	P20
USB	2xUSB 2.0	2xUSB 2.0, 1xUSB OTG	1xUSB 2.0	4x USB 2.0	1xUSB 2.0	2xUSB 2.0
Низкоуровневая периферия	17 выводов, в том числе I ² C, SPI, UART	26 выводов, в том числе I ² C, SPI, UART, CAN шина	32 выводов GPIO, 2 АЦП	McBSP, DSS, I ² C, UART, LCD, McSPI, PWM, JTAG	66 выводов GPIO, 12 битное АЦП, CAN, UART, McASP0, SPI1, I ² C и др, 4 таймера	8 разрядный GPIO, SPI, I ² C, UART, IRDA, I2S, S/PDIF, JTAG, TS
Доступные сети	10/100 Ethernet	10/100/1000 Ethernet	-	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet	10/100 Ethernet
WiFi модуль	-	WiFi 802.11 b/g/n	-	-	-	-
Bluetooth	-	Опционально	-	-	-	-
Хранение данных	microSD	SD, 7-выводная SATA	microSD, eMMC	SD слот	eMMC, microSD	NAND, 1 ГБайт
Дисплей	HDMI (1.3 и 1.4), 14 HDMI разрешений, PAL и NTSC стандарты, композитное видео (3.5 мм TRRS разъем)	HDMI 1.4, PAL и NTSC стандарты, 11 HDMI разрешений, композитное видео (3.5 мм TRRS разъем), LVDS/RGB/CPU интерфейс	microHDMI 1.4a (Type D)	S-Video, DVI-D, LCD панель	microHDMI, 11 HDMI разрешений	HDMI 1.2.
Видео	HD/Full 1080p30 H.264/MPEG-4 AVC	HD H.264 2160p	HD 1080p30	HD	16b HDMI w/EDID поддержка	SD/HD MPEG2-/H.264/VC-1, 2D ускоритель
Камера	15-контактный MIPI разъем (CSI)	Параллельный 8-битный интерфейс	MIPI вход	VGA, 2MP, 3MP, 5MP	USB, CAM I/F интерфейс	-

219

Продолжение таблицы 1

	Raspberry Pi B+	Banana Pi	ODROID-W	BeagleBoard-xM	BeagleBone Black	MB77.07
Аудио вход	I ² S	Встроенный микрофон	-	3.5 мм разъем	-	I ² S, S/PDIF
Аудио выход	Аналоговый 3.5 мм разъем; цифровой HDMI и I ² S	HDMI, аналоговый 3.5 мм разъем совместно с композитным видео выходом), I ² S аудио	-	3.5 мм разъем, стерео	HDMI, стерео	HDMI
Кнопки	-	Сброс, питание, U-Boot	-	Сброс, пользовательская	Reset, boot, power	Сброс
Индикаторы	PWR – красный – питание, ACT – зеленый – обращение к SD карте, FDX – зеленый – подключена сеть с полным дуплексом, LNK – зеленый – активность сетевого обмена, 100 – желтый – подключена сеть 100Мбит/с	Красный – состояние питания Зеленый и синий – пользовательский	Красный – питание Синий – обращение к microSD карте	Power – красный – питание Зеленые: USR0/1 – может использоваться ПО, HUB – подача питания к USB концентратору, VOLT – напряжение превышает спецификацию, PMU – контролируется модулем управления питания	PWR – Питание Ethernet User0 – ядро Linux User1 – осуществляется доступ к microSD User2 – индикатор активности (ядро не в цикле простаивания) User3 – осуществляется доступ к eMMC	-
Другое		ИК-приемник				
Размер	85,6x54,0 мм	92x60 мм	60x36 мм	78,74x76,2 мм	86,4x53,3 мм	80x80 мм
Вес	45 г	48 г	8 г	113,4 г	40 г	?
Цена, \$	35	55	30	149	45	30
Возможные ОС	Raspbian, Kali Linux, OpenELEC XBMC, Raspbmc XBMC, FreeBSD, Archlinux ARM, Raspberry Pi Thin Client и др.	Debian, Raspbian, Scratch, Lubuntu, openSUSE, ArchLinux, Bananian Linux, Android 4.2.2 & 4.4, Fedora, Kano, nOS, Kali Linux и др.	Все доступные ОС Raspberry Pi	Angstrom, Android, Ubuntu, Fedora, ArchLinux, Gentoo и др.	Angstrom, Debian, Ubuntu, Fedora, ArchLinux, Gentoo, Sabayon и др.	Debian, Raspbian

В результате апробации существующих подходов к установке Kali Linux на Raspberry Pi была предложена следующая методика инсталляции этой ОС:

1. Скачать с официального сайта данный дистрибутив Linux.

2. Если Вы используете ОС Linux, то необходимо использовать утилиту dd для создания образа ОС на SD-карте. Предположим, что дисковое устройство расположено в /dev/sdb, тогда

```
dd if=kali-pi.img of=/dev/sdb bs=512k
```

Этот процесс очистит все данные на SD-карте. Этот процесс может занять время в зависимости от скорости дискового устройства USB и размера образа.

Если Вы используете ОС Windows, то можно воспользоваться программой Win32DiskImager. Необходимо запустить данную программу, выбрать распакованный образ и нажать "Write".

После того, как образ запишется на SD карту можно вынимать SD карту и вставлять в Raspberry Pi.

В Kali Linux SSH запускается автоматически, значит можно к системе подключаться по SSH и работать с ней. Для работы по SSH можно использовать программу PuTTY. Для этого в программе PuTTY необходимо ввести ip-адрес устройства Raspberry Pi и после соединения ввести стандартный логин/пароль root/toor.

Для настройки Raspberry Pi необходимо использовать raspiconfig, однако данный скрипт не предустановлен в Kali Linux. Чтобы использовать raspiconfig необходимо выполнить следующие действия:

```
wget http://archive.raspberrypi.org/debian/pool/main/r/raspi-config/raspi-config_20121028_all.deb
```

```
wget http://http.us.debian.org/debian/pool/main/l/lua5.1/lu5.1_5.1.5-4_armel.deb
```

```
wget http://http.us.debian.org/debian/pool/main/t/triggerhappy/triggerhappy_0.3.4-2_armel.deb
```

```
dpkg -i triggerhappy_0.3.4-2_armel.deb
```

```
dpkg -i lua5.1_5.1.5-4_armel.deb
```

```
dpkg -i raspi-config_20121028_all.deb
```

Благодаря установке raspiconfig возможно также расширение размеров используемого дискового пространства до размеров накопителя, изменения объема ОЗУ, который будет использоваться графической подсистемой и некоторые другие функции.

Выводы

В работе определены возможности применения микрокомпьютеров в индустрии ИТ, рассмотрены наиболее популярные современные микрокомпьютеры, выявлены и приведены основные показатели для сравнения существующих микрокомпьютеров, также проведен сравнительный анализ микросхемотехнических решений; апробирована и представлена методика установки ОС с открытым кодом Kali Linux на микрокомпьютер Raspberry Pi.

В качестве направления дальнейших исследований можно отнести следующие: возможность использования микрокомпьютеров для проведения тестирования на проникновение беспроводных систем, веб-сервисов, веб-приложений, а также создание решений по предоставлению анонимного доступа к сети интернет.

Список литературы

1. Магда Ю.С. Raspberry Pi. Руководство по настройке и применению – М.: ДМК Пресс, 2014. – 188 с.
2. What is Banana Pi? [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.bananapi.org/p/product.html>.
3. Halfacree G. Banana Pi review – tastier than Raspberry? [Электронный ресурс] / Gareth Halfacree // Linux User & Developer. – 2014. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.linuxuser.co.uk/reviews/banana-pi-review-tastier-than-raspberry>.
4. Brown E. Raspberry Pi Clones Match the Connectors, But Boost the Firepower [Электронный ресурс] / Eric Brown. – 2014. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.linux.com/news/embedded-mobile/mobile-linux/771048-raspberry-pi-clones-match-the-connectors-but-boost-the-firepower>.
5. ODROID-W [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа к ресурсу: http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G140610189490&tab_idx=1.
6. BeagleBoard-xM [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://beagleboard.org/beagleboard-xm>.
7. BeagleBone Black [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://beagleboard.org/black>.
8. Микрокомпьютер MB77.07 [Электронный ресурс] – Режим доступа к ресурсу: http://www.module.ru/catalog/micro/micro_pc/.

Рецензент: д.т.н., снс Кучук Г. А., ХУПС им. Кожедуба, Харьков, Украина

Поступила в редакцию 01.04.2015

Дослідження характеристик мікросхемотехнічних рішень із застосуванням відкритого ПЗ

Визначені можливості застосування мікрокомп'ютерів в ІТ індустрії, розглянуті найбільш популярні сучасні мікрокомп'ютери, виявлені і наведені основні показники для порівняння існуючих мікрокомп'ютерів, проведений порівняльний аналіз мікросхемотехнічних рішень; апробована і представлена методика установки ОС з відкритим кодом Kali Linux на мікрокомп'ютер Raspberry Pi.

Ключові слова: мікрокомп'ютер, Raspberry Pi, Banana Pi, ODROID-W, BeagleBoard-xM, BeagleBone Black, Module MB 77.07, Kali Linux

Researching of the characteristics of micro schematic solutions using open source software

The possibilities of using microcomputers in the IT industry are defined, the most popular modern microcomputers are considered, basic indicators to compare existing microcomputers are discovered and shown, comparative analysis of micro schematic solutions are conducted, installing technique of open source OS Kali Linux on microcomputer Raspberry Pi is approved and shown.

Keywords: microcomputer, Raspberry Pi, Banana Pi, ODROID-W, BeagleBoard-xM, BeagleBone Black, Module MB 77.07, Kali Linux