

Н. Г. Востоков

АО «Научно-производственное предприятие «Рубин»», Пенза, Россия

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА НА ОТЕЧЕСТВЕННУЮ ЭЛЕМЕНТНУЮ БАЗУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ IP-ТЕЛЕФОНА

Описаны особенности разработки устройства при переходе на отечественную элементную базу. Исследованы отличия отечественных микроконтроллеров (1901ВЦ1Т, АО «ПКК Миландр») от импортных (МК60FX512VMD15, NXP). Рассмотрены различия в проектных нормах производства микросхем, а также требования по монтажу, изготовлению плат, процессу разработки программного обеспечения и стоимости микросхем.

Ключевые слова: микроконтроллер, ARM, Cortex, импортозамещение, Freescale, NXP, Миландр, IP-телефон.

Для цитирования: Востоков Н. Г. Особенности перехода на отечественную элементную базу при разработке IP-телефона // Радиопромышленность. 2017. № 1. С. 81–85.

N. G. Vostokov

Joint-stock company Scientific Industrial Enterprise «Rubin», Penza, Russia

SPECIFICS OF TRANSITION TO DOMESTIC ELEMENTS SUPPLY BASE IN DEVELOPMENT OF IP-PHONE

The work contains description of specific features in development of a device in conditions of the transition to the domestic hardware supply base. The differences of domestic microcontrollers (1901VTS1T, JSC Milandr) from imported ones (MK60FX512VMD15, NXP) have been studied. The differences in design rules of microcircuit chips manufacture and also requirements to installation, manufacture of boards, the process of software development and microcircuit chips have been also reviewed.

Keywords: microcontroller, ARM, Cortex, import substitution, Freescale, NXP, Milandr, IP-phone.

For citation: Vostokov N. G. Specifics of transition to domestic elements supply base in development of IP-phone. Radiopromyshlennost, 2017, no. 1, pp. 81–85 (In Russian).

DOI 10.21778/2413-9599-2017-1-81-85

Введение

В связи с комплексом проблем, возникших по причине использования импортных радиоэлектронных компонентов, таких как усложнение поставки специализированных микросхем, возможное наличие аппаратных закладок и др., задача импортозамещения стала весьма актуальной. Импортозамещение радиоэлектронной аппаратуры обычно выполняется в два этапа:

1. Собственная разработка схемотехники и программного обеспечения с использованием

импортных электронных компонентов, т.е. реализация отечественного дизайна.

2. Переход на отечественную электронную компонентную базу (ЭКБ): частичный (только основные компоненты) или полный (максимальная замена на отечественные компоненты).

В статье рассмотрены особенности перехода на отечественную элементную базу на примере разработки цифрового IP-телефона, работающего по протоколу SIP.

Изначальный продукт (IP-телефон) разработан отечественной фирмой на импортной элементной

базе и представляет собой привычный корпус стационарного телефона с трубкой, цифровой клавиатурой и дисплеем [1]. Внутри корпуса вместо схемы подключения аналоговой линии размещена схема для сопряжения со станцией по интерфейсу Ethernet. Основную роль в схеме играет микроконтроллер МК60FX512VMD15 фирмы Freescale (ныне NXP), который управляет контроллером Ethernet фирмы Micrel, голосовым кодеком фирмы NXP, считывает нажатие матричной клавиатуры, выводит информацию на OLED-дисплей фирмы WINSTAR.

В качестве одного из вариантов для замены процессора при переходе на отечественную ЭКБ был рассмотрен микроконтроллер 1986BE1T фирмы АО «ПКК Миландр». Микроконтроллер представляет собой ядро ARM Cortex-M3 RISC-архитектуры с обширной периферией, включая встроенный Ethernet-контроллер [2]. Но из-за малой производительности, вызванной небольшим размером кэша команд, пришлось отказаться от этого варианта в пользу другого двухъядерного микроконтроллера от той же фирмы – 1901ВЦ1Т. Он имеет гетерогенную архитектуру (рис. 1), состоит из одного ядра ARM Cortex-M3 и дополнительного DSP-ядра, который эффективно

выполняет задачи по обработке цифровых сигналов, в том числе поддерживает работу требуемого аудиокодека G.711 [3].

Для макетирования разрабатываемого изделия была использована отладочная плата Evaluation Board for MPU1901VC1T Milandr 2011 фирмы АО «ПКК Миландр». На плате присутствуют микроконтроллер 1901ВЦ1Т, ЖК-дисплей МЭЛТ-12864J, кнопки для управления, разъем для подключения мезонинных плат. Дополнительно были приобретены готовые отладочные мезонины на основе микросхем производства АО «ПКК Миландр»:

- мезонин Ethernet-интерфейса Ethernet Module Milandr 2013 на основе микросхемы 5600ВГ1У;
- мезонин постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) на 1 Мб Flash Memory Module Milandr 2010 на основе микросхем 1636PP1;
- мезонин оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) на 1 Мб RAM Module Milandr 2010 на основе микросхем 1645РУ4У.

Программное обеспечение разрабатываемого устройства не умещалось на встроенном ПЗУ объемом 128 Кб, поэтому был задействован мезонин внешнего ПЗУ на 1 Мб. Для обеспечения

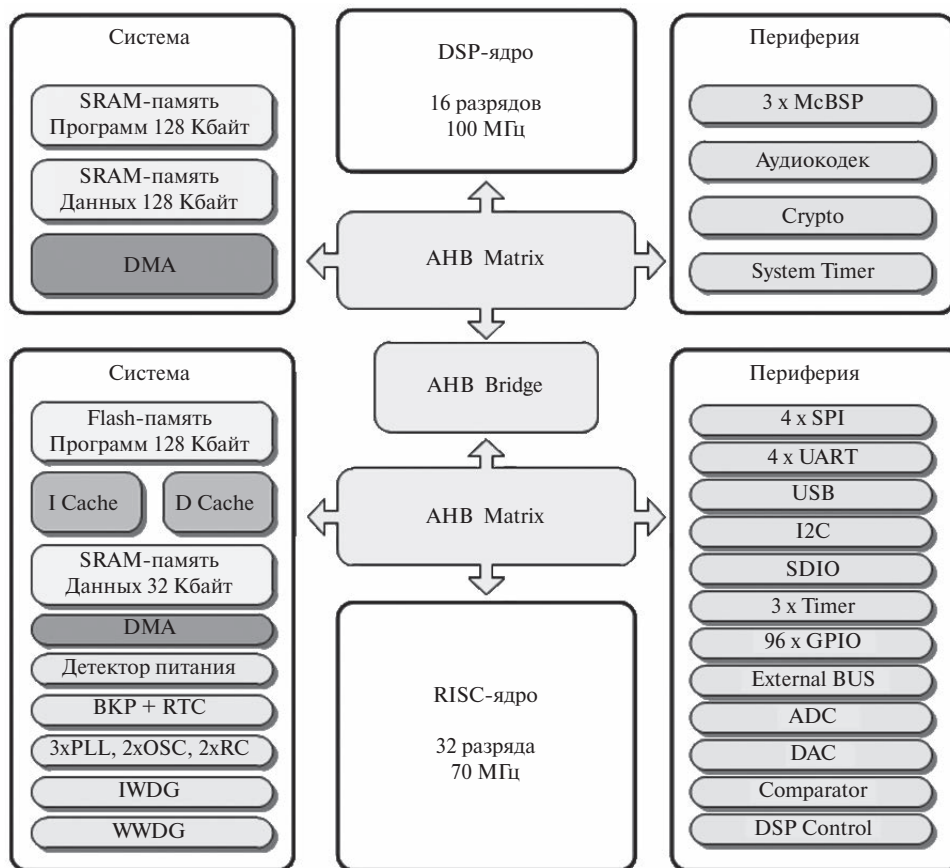


Рисунок 1. Структура микроконтроллера 1901ВЦ1Т

взаимодействия по Ethernet-интерфейсу подключен соответствующий мезонин. Для хранения настроек и журналов работы использована microSD-карта. Для усиления звука на плате установлена импортная микросхема Freescale MC34119L, которую в конечном изделии планируется заменить аналогом IL34119AD фирмы ОАО «Интеграл» (Республика Беларусь), включенным в Перечень ЭКБ (Перечень электронной компонентной базы, разрешенной для применения при разработке, модернизации, производстве и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники).

Особенности аппаратной реализации и компоновки печатных плат

В связи с технологическим отставанием отечественные микросхемы имеют больший размер при той же функциональности и меньшую производительность по сравнению с импортными аналогами. Так, микроконтроллер МК60FX512VMD15 произведен по технологии 90 нм, а микроконтроллер 1901BЦ1Т – по технологии 180 нм. Разница в габаритах микросхем видна невооруженным глазом (рис. 2): размер микросхемы МК60FX512VMD15 в безвыводном корпусе MPBGA-144 составляет всего 11x11 мм. Корпус отечественной микросхемы 1901BЦ1Т имеет размеры 30x30 мм. К этому размеру необходимо добавить длину выводов для формовки и запайки на плату.

В результате укрупненные габариты отечественных микросхем ведут к уменьшению плотности компоновки печатных узлов и снижению требований на технологичность монтажа элементов. Отечественные выводные элементы можно паять вручную, в то время как импортные аналоги с миниатюрными размерами в корпусе BGA требуют более современного и дорогостоящего оборудования полуавтоматического или автоматического монтажа, а также групповой пайки в многозонной печи. Как следствие, ремонтпригодность устройств на отечественных компонентах лучше при худшей технологичности изготовления.

Сложности при монтаже 1901BЦ1Т добавляет то, что микросхема выпускается изготовителем без формовки, с гибкими выводами. Оснастка для формовки не производится заводом-изготовителем, ее необходимо изготавливать самостоятельно или покупать на стороне.

В соответствии с особенностями корпусов микросхем различаются и технологии изготовления печатных плат: для импортной микросхемы в корпусе BGA требуется не менее четырех слоев металлизации, а отечественную микросхему можно развести на двухсторонней плате. Аналогично различаются и классы точности, требуемые при изготовлении плат.

Пластиковый корпус BGA микросхемы допускает работу при температурах от -40 до $+105$ °С. Металлокерамический корпус отечественной микросхемы имеет более широкий температурный диапазон снизу – от -60 до $+85$ °С, хотя условиями эксплуатации проектируемого изделия этого не требуется. Отечественные микросхемы производятся в металлокерамическом корпусе с приемками ОТК «1» и «5». Бюджетные версии в пластиковом корпусе для некоторых микросхем или вообще не выпускаются, или выпускаются очень ограниченными партиями. Стоимость микросхемы 1901BЦ1Т в металлокерамическом корпусе составляет около 25 тыс. руб., а версия в пластиковом корпусе – примерно 800 руб. Стоимость микросхемы МК60FX512VMD15 у многочисленных поставщиков – около 1000 руб.

В связи с использованием компонентов большего размера отечественный аналог будет иметь габариты, заметно большие, чем габариты импортного устройства. Для примера на рис. 3 в одном масштабе представлены отладочная плата с микроконтроллером 1901BЦ1Т (в центре платы) и мезонином Ethernet (в верхней части) и печатная плата в корпусе IP-телефона на импортной элементной базе. Различия в плотности компоновки видны невооруженным глазом.

Номинальное энергопотребление микросхем примерно одинаковое. Оба микроконтроллера имеют динамический ток потребления до 300 мА при напряжении 3,3 В, отсюда получается энергопотребление в 1 Вт. Но стоит учесть, что в 1901BЦ1Т эта мощность складывается из работы DSP и ARM-ядра. Различие энергопотребления ARM-ядер вызвано разницей тактовых частот: 100 МГц у 1901BЦ1Т против 150 МГц у МК60FX512VMD15.

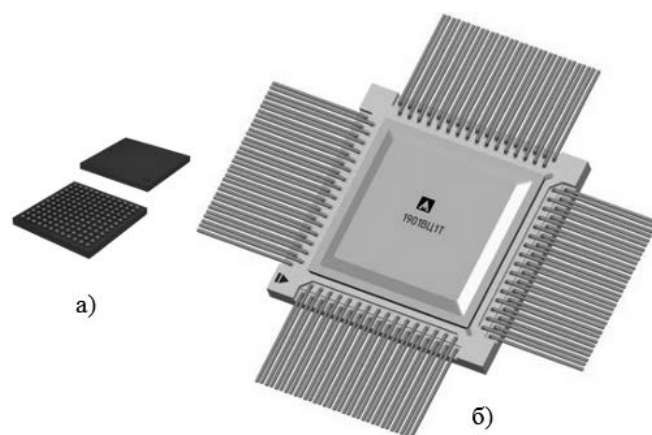


Рисунок 2. Изображение микросхем импортного и отечественного производства: а – МК60FX512VMD15; б – 1901BЦ1Т

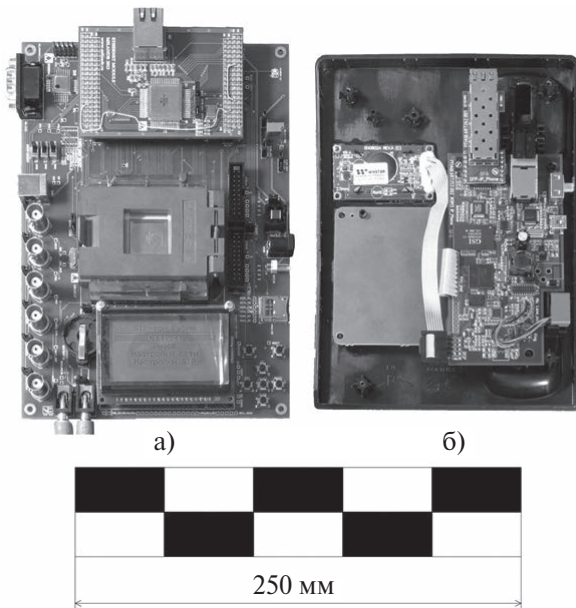


Рисунок 3. Изображение устройств в одном масштабе: а – отладочная плата под микроконтроллер 1901ВЦ1Т; б – печатная плата в корпусе IP-телефона на импортной элементной базе

Особенности программирования и отладки

Микроконтроллеры МК60FX512VMD15 и 1901ВЦ1Т основаны на ядре ARM Cortex-M3 RISC-архитектуры, поэтому применяются одинаковые средства разработки [4]:

- среда разработки Eclipse IDE;
- пакет утилит для сборки GNU GCC Tools ARM Embedded;
- программа для отладки OpenOCD, поддерживающая адаптеры J-Link, Olimex.

Для программирования и отладки на обоих контроллерах используются широко распространенные интерфейсы JTAG и SWD, а для отладочной трассировки можно использовать различные методы. Подробнее о методах трассировки изложено в статье об аналогичном микроконтроллере из линейки STM32F103 [5].

Каждый производитель предоставляет бесплатно свою библиотеку описания встроенной периферии (Software Peripheral Library, SPL) в исходных кодах, что значительно ускоряет разработку. Для обоих микроконтроллеров применяется библиотека CMSIS (Cortex Microcontroller Software Interface Standard), поставляемая фирмой ARM, которая описывает системные функции и регистры ядра Cortex-M3 [6].

Вышеописанные бесплатные средства разработки не поддерживаются официально для этих

микроконтроллеров, но существуют другие среды разработки, которые имеют официальную поддержку. Для МК60FX512VMD15 существует проприетарная бесплатная среда разработки Kinetis Design Studio. Контроллеры на основе ARM от АО «ПКК Миландр» официально поддерживаются только платными средами разработки: импортными Keil и IAR и единственной отечественной Phyton CodeMaster от ООО «Фитон».

При разработке программы важным фактором является наличие доступной и понятной документации. По архитектуре и работе ядра Cortex-M3 в свободном доступе есть полная техническая документация [7], а также немало литературы, в том числе и на русском языке [8]. По каждому микроконтроллеру доступна документация от производителя, а в сети Интернет имеются специализированные форумы для обмена опытом и связи со службой поддержки.

Несмотря на значительное сходство процессорной части (ARM-ядер), прямой перенос программного обеспечения в конкретном применении для IP-телефона с микросхемы МК60FX512VMD15 на 1901ВЦ1Т затруднителен по ряду причин. В прототипе используется аппаратный аудиокодек, микросхема которого не имеет отечественного аналога. Вследствие более низкой производительности основного ARM-ядра микросхемы 1901ВЦ1Т для реализации аудиокодека в реальном масштабе времени необходимо использование DSP-процессора, имеющего специфическое программирование. При этом применение в отечественном изделии аудиокодека в DSP-процессоре микросхемы 1901ВЦ1Т позволяет снизить стоимость и сэкономить место на печатной плате. Исходный код по взаимодействию с DSP-процессором при реализации аудиокодека поставляется производителем.

Заключение

Переход на отечественную элементную базу в сфере встраиваемых систем и микроконтроллеров технически вполне возможен, но производительность современных отечественных микросхем несколько ниже импортных аналогов. Реализация ресурсоемких задач более сложна, в том числе в связи с необходимостью оптимизации программ и распределения задач на отдельные процессорные ядра в микросхеме. Переход на отечественную ЭКБ при импортозамещении влечет за собой увеличение стоимости разработки, а также существенно повышает цену конечных изделий (от нескольких до десятков раз), в основном за счет цен на ЭКБ. Также могут увеличиваться габариты разрабатываемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. SIP телефон SKiT «bts-2350». ООО СКТБ «СКИТ» [Электронный ресурс]. URL: <http://skitlab.ru/node/25> (дата обращения: 23.01.2017)
2. Описание микросхемы 1986BE1T. АО «ПКК Миландр» [Электронный ресурс]. URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=236&cntnt01returnid=68> (дата обращения: 23.01.2017)
3. Описание микросхемы 1901BЦ1T. АО «ПКК Миландр» [Электронный ресурс]. URL: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=235&cntnt01returnid=68> (дата обращения: 23.01.2017)
4. Lynch J. P. ARM Cross Development with Eclipse. 2005.
5. Особенности отладки на процессоре ARM Cortex-M3 с использованием отладочного ядра Coresight / Н. Г. Востоков, Д. В. Лукин, А. Г. Гордиенко, А. С. Горбунов // Вопросы радиоэлектроники. 2015. № 12. С. 66–78.
6. Cortex Microcontroller Software Interface Standard [Электронный ресурс]. URL: <http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-microcontroller-software-interface-standard.php> (дата обращения: 23.01.2017)
7. Cortex™-M3. Revision: r1p1. Technical Reference Manual. ARM Limited [Электронный ресурс]. URL: http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.ddi0337e/DDI0337E_cortex_m3_r1p1_trm.pdf (дата обращения: 23.01.2017)
8. Джозеф Ю. Ядро Cortex-M3 компании ARM. Полное руководство. М.: Додэка-XXI, 2012. 552 с.

REFERENCES

1. SIP phone SKiT bts-2350. LLC Special Design and Technological Bureau SKiT (In Russ.). Available at: <http://skitlab.ru/node/25> (accessed 03.01.2017)
2. Description of microcircuit chip 1986BE1T. JSC Milandr (In Russ.). Available at: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=236&cntnt01returnid=68> (accessed 23.01.2017)
3. Description of microcircuit chip 1901BЦ1T. JSC ICC Milandr (In Russ.). Available at: <http://milandr.ru/index.php?mact=Products,cntnt01,details,0&cntnt01productid=235&cntnt01returnid=68> (accessed 23.01.2017).
4. Lynch J. P. ARM Cross Development with Eclipse. 2005.
5. Vostokov N. G., Lukin D. V., Gordienko A. G., Gorbunov A. S. Features of debugging at processor unit ARM Cortex-M3 using the debugging system Coresight. *Voprosy radioelektroniki*, 2015, no. 12, pp. 66–78 (In Russian).
6. Cortex Microcontroller Software Interface Standard. Available at: <http://www.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-microcontroller-software-interface-standard.php> (accessed 23.01.2017)
7. Cortex™-M3. Revision: r1p1. Technical Reference Manual. ARM Limited. Available at: http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.ddi0337e/DDI0337E_cortex_m3_r1p1_trm.pdf (accessed 23.01.2017)
8. Joseph Yu. *Yadro Cortex-M3 kompanii ARM. Polnoe rukovodstvo* [The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3, Second Edition], Moscow, Dodeka-XXI, 2012, 552 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Востоков Никита Глебович, инженер-программист, АО «Научно-производственное предприятие «Рубин»», 440000, Пенза, ул. Байдукова, д. 2, тел.: 8 (8412) 20-89-37, e-mail: bcsp@npp-rubin.ru.

AUTHOR

Vostokov Nikita, software engineer, SC Scientific Industrial Enterprise «Rubin», 2, Baydukova st., Penza, 440000, Russian Federation, tel.: +7 (8412) 20-89-37, e-mail: bcsp@npp-rubin.ru.