

СРЕДА BeeKit™ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПРОВОДНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ СТАНДАРТА 802.15.4/ZigBee. ЧАСТЬ 2*

Михаил Соколов, инженер, МЭИ (ТУ)
Александр Гришин, инженер, МЭИ (ТУ)

Статья посвящена программному обеспечению Simple MAC (SMAC), входящему в состав среды проектирования BeeKit компании Freescale, и является продолжением темы разработки программного обеспечения беспроводных устройств стандарта 802.15.4/ZigBee. В статье объясняется структура библиотек ПО SMAC, состав функций. Также подробно рассматриваются некоторые особенности применения данного ПО в зависимости от требований приложения и используемых аппаратных средств.

ВВЕДЕНИЕ

В предыдущей части приводилось обоснование выбора одной из библиотек ПО (SMAC, MAC, BeeStack), доступных в среде BeeKit, для реализации собственного приложения. Теперь детально разберем каждую из библиотек в отдельности. Данная статья знакомит разработчиков со всеми аспектами использования ПО SMAC, библиотеки MAC и BeeStack будут рассмотрены в последующих публикациях.

Отметим, что при упоминании аппаратной платформы в статье речь идет об исполнении программного кода на доступных отладочных комплектах, выполненных на базе одночипового интегрированного решения MC13213 – 1321XDSK [1].

Библиотека SMAC – простой ANSI C-стек, доступный в исходном коде. ПО SMAC, по сути, является набором драйверов для работы с приемопередатчиками стандарта IEEE802.15.4 компании Freescale, а также рядом дополнительных программных функций, встроенных в среду BeeKit. На текущий момент среда BeeKit включает в себя библиотеку SMAC, созданную для работы с 8-разрядными микроконтроллерами (МК) семейства MC9S08xx компании Freescale, однако она может быть легко адаптирована почти к любому процессорному ядру. Доступны библиотеки SMAC, поддерживающие ядра MC9S12xx, DSC, ColdFire компании Freescale. Эти библиотеки не включены в BeeKit, однако их можно

получить, обратившись в компании Freescale.

Использование среды BeeKit позволяет значительно упростить применение и настройку SMAC. В среде генерируются проектные файлы, иерархическая структура проекта изменилась по сравнению с предыдущими версиями SMAC, загружаемыми как отдельные библиотеки с сайта компании. Затем готовые проекты импортируются и компилируются в среде разработки CodeWarrior IDE. Более подробно о среде BeeKit и работе с ней можно узнать из [2, 3].

ГОТОВЫЕ ПРИМЕРЫ И ПРОЕКТЫ

Для упрощения изучения ПО SMAC, а также для решения того или иного параметра работы уст-

ройства, помимо стартового проекта библиотеки, доступен ряд примеров в исходных кодах. Эти примеры позволяют освоить и протестировать практически все режимы работы радиомодема и МК, а также оценить работоспособность радиоканала и его свойства, такие как интенсивность ошибочных пакетов, чувствительность и пр. Перечень примеров приведен в таблице 1.

Перечисленные в таблице примеры могут выполняться на отладочных платах и наборах компании Freescale:

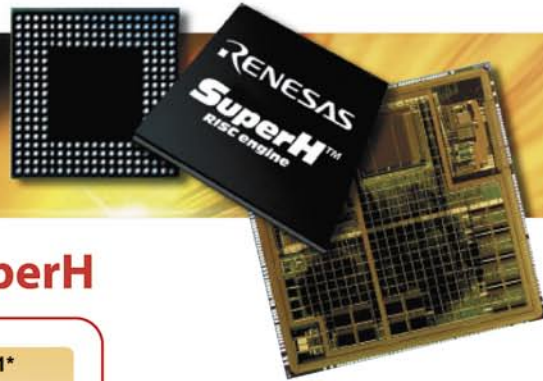
- Axiom-0308 и MC13192 RF Daughter Card;
- Axiom-0308 with the MC1320x RF Daughter Card;
- 13192-SARD;
- 13192-EVB;
- 13213-NCB;
- 13213-SRB.

Также примеры могут выполняться и на собственных платах. Для этого необходимо внести изменения в ряд заголовочных файлов проекта с расширением «*.h», а также в некоторые основные файлы программы с расширением «*.c» в среде CodeWarrior IDE. Пример настройки

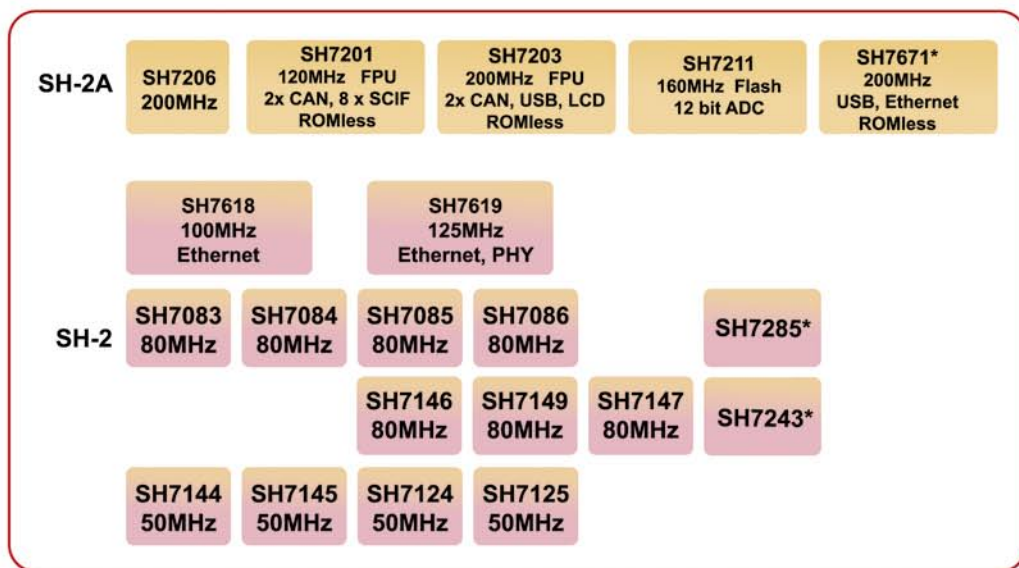
Таблица 1. Перечень примеров и стартовых проектов библиотеки ПО SMAC

Примеры в исходных кодах на базе ПО SMAC
Accelerometer – Передача данных с датчика ускорения в ПК
Lighting Demo – Controller – Управление освещением – выключатель
Lighting Demo – Device – Управление освещением – лампа
OTAP Programmer – Программатор flash-памяти МК, обновление ПО по радиозфиру
PER Test RX – Тестирование PER – приемная часть
PER Test TX – Тестирование PER – передающая часть
Range Demo Plus RX – Оценка дальности радиопередачи – приемная часть
Range Demo Plus TX – Оценка дальности радиопередачи – передающая часть
Repeater – Реализация ретранслятора
Simple PTC – Тестирование SMAC-пакетов
Test Mode – Проект по тестированию различных радиопараметров приемопередачи
Wireless UART – Реализация беспроводного последовательного интерфейса
Empty project – Стартовый проект

*Часть 1 опубликована в журнале «Электронные компоненты», №3, 2007.



32-битные RISC микроконтроллеры SuperH



ядро	МК	Быстродействие МГц/DMIPS	Flash КБ	Cache КБ	RAM КБ	Периферия	Корпус, pin (QFP)
SH-2	SH7124/25	50/65	16, 32, 64, 128	-	4, 6, 8	3xSCI, MTU2, CMT, WDT, ADC	48, 64
	SH7147	80/104	256, 512	-	12, 16	DTC, BSC, MTU2, MTU2S, CMT, WDT, SPI, 3xSCI, 1/2 CAN, 12-bit ADC 1.25us	100
	SH7083...6	80/104	256, 512	-	16, 32	BSC, DMA/DTC, MTU2, MTU2S, CMT, WDT, IIC, 4xSCI, ADC	100, 112, 144, 176
	SH7619	125/163	-	4	16	DMA, SCI, Host I/F, Timer, CMT, Ethernet 10/100 + PHY	BGA 176
SH-2A	SH7211	160/384	512	-	32	BSC, DMA, MTU2, MTU2S, CMT, WDT, IIC, 4xSCIF, DAC, 12-bit ADC 1.25us	144
	SH7201 FPU	120/288	-	8+8	32	BSC, DMA, MTU2, RTC, TMR, WDT, 3xIIC, 8xSCIF, 2xCAN, ADC, DAC	176
	SH7203 FPU	200/480	-	8+8	64+16	BSC, DMA, MTU2, RTC, CMT, WDT, 4xIIC, 4xSCIF, 2xCAN, 2xSPI, ADC, DAC, SD, USB 480Mbps/12Mbps, LCDC up to 1024x1024	240
	SH7206	200/480	-	8+8	128	BSC, DMA, MTU2, MTU2S, TMR, WDT, CPG, 4xSCIF, IIC, ADC, DAC	176
	SH7670	200/480	-	16	32	DMA, MPEG, Ethernet, USB, 3xSCIF, 2xSSI, IIC, SD card, CPG, CMT, WDT	BGA 256

Микроконтроллеры Renesas SuperH – это:

- Высокая производительность
- 5 (SH-2) или 7 (SH-2A) уровневый конвейер
- Компактный код
- Передовая технология flash-памяти на кристалле
- Суперскалярная Гарвардская архитектура
- Большое разнообразие периферии
- Низкое энергопотребление
- Отличная ЭМ совместимость
- Бесплатная лицензионная среда разработки с ограничением объема кода до 256КБ

SH7203 - промышленный компьютер на одном чипе



техническая поддержка • сопровождение проектов

Санкт-Петербург, ул. Калинина, 13
Тел.: (812) 325-3685
Факс: (812) 786-8579
e-mail: micro@mtgroup.ru

Московское представительство:
ул. Дубининская, д. 71, корп. 1
Тел.: (495) 237-8838

MT system
www.mt-system.ru

проекта под собственную аппаратную платформу представлен в [4].

Рассмотрим каждый из примеров подробнее.

Проект «Accelerometer». Данный пример демонстрирует возможности работы трехосевого датчика ускорения Freescale применительно к различным приложениям и задачам, с передачей показаний по радиоканалу. Детальное описание проекта представлено в [5]. В проекте показаны применения датчика ускорения в самых различных приложениях. Проект включает в себя графический интерфейс пользователя в виде стандартного Windows-приложения, посредством которого отображается каждое из приложений, а также проект для отладочной платы, загружаемый в МК посредством BDM-интерфейса отладки и программирования.

Проект «Lighting Demo». Демонстрирует базовые функции простой сети для управления освещением с топологией «звезда», в которой задействованы два типа устройств — контроллер и оконечное устройство, для каждого из которых доступен собственный проектный файл. В проекте демонстрируются операция объединения и алгоритм выбора рабочего канала.

Проект «Packet Error Rate». Пример демонстрирует алгоритм определения измерения качества радиосигнала непосредственно в месте его использования. Передача по радио осуществляется в одном направлении, от передающего устройства к приемному пересылаются 1000 пакетов на определенном радиочастотном канале. Пересылаемый пакет включает в себя 18 байт данных и 2 байта SMAC-заголовка. Доступны отдельные проекты для передающего и принимающего устройств. Результаты измерений могут отображаться двумя способами: на мониторе персонального компьютера, в окне стандартной программы Windows — «HyperTerminal» либо непосредственно на плате, с использованием линейки светодиодов.

Проект «Range Demo Plus» — удобный и простой способ определения дальности передачи при использовании плат определенного типа. Пример реализуется на двух платах — приемной и передающей, под каждую из которых доступен отдельный проектный файл. Индикация расстояния осуществляется посредством линеек светодиодов на платах.

Проект «Wireless UART», пожалуй, наиболее удобный из проектов в плане его адаптации под собствен-

ные задачи разработчика. По статистике, именно с этого примера начинают освоение ПО SMAC большинство инженеров — разработчиков программного обеспечения.

Идея примера крайне проста — замена проводного последовательного интерфейса RS-232/USB на радиоканал, причем передача осуществляется в «прозрачном» для передаваемой информации режиме. Однако для максимального упрощения восприятия программного кода и понимания его работы в примере реализована лишь простая пакетная полудуплексная передача. Соответственно, чтобы передавать не просто символы, а например, файлы большого объема, данный проект необходимо самостоятельно расширить дополнительными программными надстройками — поддержкой очередей пакетов, буферами данных и др. В этом случае возможна реализация радиоканала, полностью заменяющего кабель.

Проект «Test Mode Application». Данный проект позволяет тестировать работу радиомодема в различных режимах, измеряя как непосредственно ток потребления, так и другие параметры работы микросхемы — спектр, мощность и т.п. В примере возможно активировать один из пяти режимов работы радиомикросхемы: режим «Idle», режим передачи в виде двоичного полинома девятого порядка PRBS9, режим приема, режим передачи с модуляцией, режим передачи в виде незатухающих колебаний без модуляции.

Проект «OTAP Programmer» — демонстрирует возможность обновления программного обеспечения МК (внутренней флэш-памяти) по радиоканалу в устройствах с поддержкой функции OTAP (Over the Air Programmer). Реализация данной функции представлена в примере проекта, и может быть крайне эффективна в системах и устройствах, в которых ограничено либо невозможно непосредственное подключение к устройствам, требующим обновления собственного ПО. Пример подразумевает использование двух плат — программатора и оконечного устройства с поддержкой OTAP. Управление работой данного примера может осуществляться двумя способами — автономно, посредством клавиатуры и ЖКИ-индикатора на плате программатора, либо по последовательному интерфейсу с ПК.

Проект «Repeater Application». Пример реализует функцию ретранслятора для увеличения радиуса дей-

ствия системы и повторяет все сообщения, принятые на определенном частотном канале. Настройка режимов работы ретранслятора в примере осуществляется через последовательный UART-интерфейс платы — выбирается рабочий радиочастотный канал, выходная мощность, отображается статистика принятых и ретранслированных пакетов.

Проект «Simple PTC (Protocol Test Client)». Пример позволяет создавать файлы скриптов на ПК, которые затем преобразуются в последовательность инструкций по исполнению функций ПО SMAC в целевой плате. Для реализации этой задачи доступно программное обеспечение SPTC для МК целевой платы и библиотека Python скриптов для управления функциями SMAC посредством ПО TestTool (загружается с сайта компании Freescale). Данный пример может быть полезен для тестирования работы ПО целевой платы на базе SMAC в автоматическом режиме. Разработчик может самостоятельно разработать свое собственное ПО для генерации инструкций и преобразования скриптов, ознакомившись с протоколом ПО SPTC в файле «SPTC.xls». Файл «SPTC.xls» доступен в корневой папке проекта, получаемого после экспортирования примера «Simple PTC» из среды BeeKit.

Детальное описание каждого из рассмотренных проектов, а также подробная методика их использования представлены в [6].

АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SMAC

Интеграция ПО SMAC в среду BeeKit привела к изменению структуры программного обеспечения по сравнению с предыдущими версиями (SMAC 4.2 и более ранние). В этой версии SMAC весь исходный код включен в приложение и подпроекты, а библиотеки уже не требуются. Таким образом, получился существенно менее сложный проект для восприятия и использования (см. рис. 1). Различные компоненты ПО приведены в соответствии с названиями файлов в проектах. Важно отметить два дополнительных модуля SMAC: модуль безопасности и модуль беспроводного программирования флэш-памяти.

Эти модули, а также их программные интерфейсы, подключаются к проекту в среде BeeKit посредством установки соответствующих параметров в состояние «TRUE»: «Security Enabled», «OTAP Enabled».

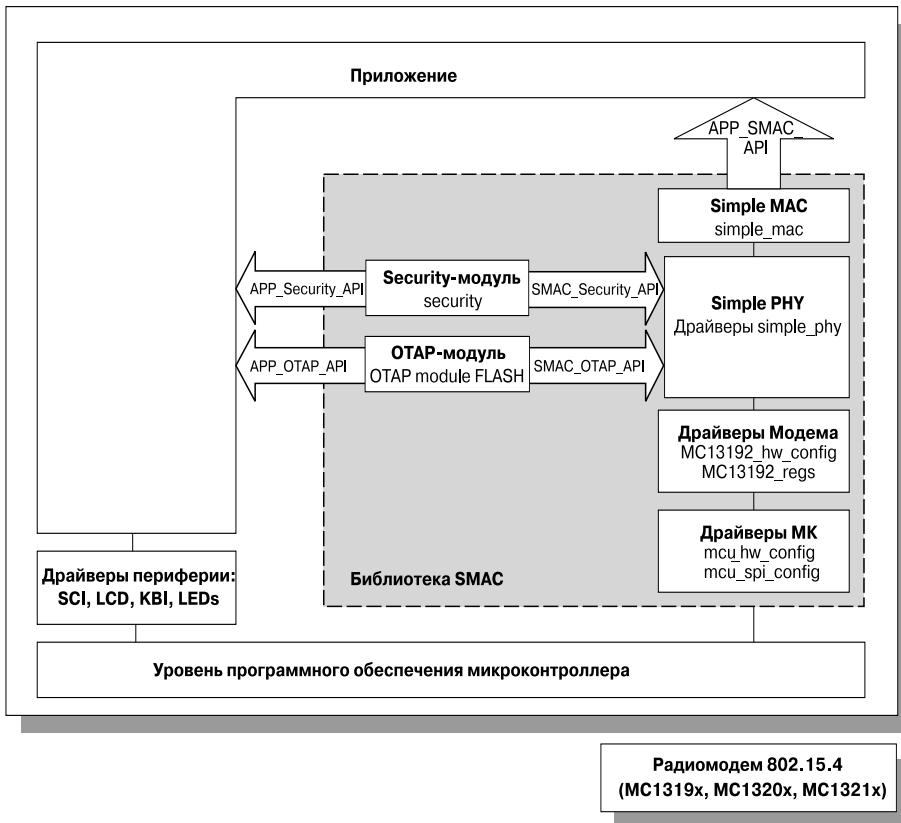


Рис. 1. Структура ПО SMAC в среде BeeKit

Модуль Безопасности (Security Module) – компонент программного обеспечения, позволяющий осуществлять шифрование и декодирование сообщений посредством своего программного интерфейса. Модуль может быть сконфигурирован для работы с различными алгоритмами шифрования, но в настоящее время реализована поддержка только простого алгоритма XOR (SEC_MODE_SIMPLEXOR), другие алгоритмы шифрования будут добавлены в последующие версии SMAC. Однако при активации модуля безопасности, проекту требуется дополнительный объем RAM. Программный интерфейс модуля включает в себя две функции:

- extern void SECSecure (UINT8 *pBuffer, UINT8 u8Length);
- extern void SECSetKey (UINT8 *pBuffer, UINT8 u8Length);

Функция «SECSetKey» обычно вызывается при запуске программы для задания ключа шифрования и его длины. Если функция «SECSetKey» не вызывается в программе при активированном модуле безопасности, то модуль использует ключ по умолчанию, задаваемый в среде BeeKit.

Функция «SECSecure» шифрует/дешифрует буфер данных, используя заданный ключ, она автоматически вызывается во время операций передачи (Tx) и приема (Rx) паке-

тов данных. Функция «SECSecure» также доступна для пользователя. Таким образом, любые другие буферы могут быть зашифрованы/дешифрованы.

Модуль программирования по радиоканалу (OTAP Module) позволяет пользователям обновлять прошивку устройства без проводов. Система OTAP обычно включает следующие компоненты:

- стандартный интерфейс пакетной передачи;
- встроенный программный модуль OTAP, который отслеживает процесс передачи данных и контролирует перепрограммирование flash-памяти в конечном устройстве;
- устройство-программатор, которое передает новую версию «прошивки» конечному устройству.

При использовании модуля OTAP необходимо выполнить следующие действия:

- в целевую плату должно быть загружено ПО приложения с активированным модулем OTAP;
- приложение запускает модуль OTAP по заранее определенному событию (например, нажатие кнопки, получение определенного пакета данных и т.д.);
- выполнение основной программы временно приостанавливается. Модуль OTAP перехватывает управ-

www.atel.ru ATLAS ELECTRONIC GROUP

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПОНЕНТЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНО
 ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ

AMTEL

- Микроконтроллеры: AVR, ARM, 80C51
- Программируемая логика: FPGAs, PLDs
- Микросхемы памяти: Data Flash, FLASH, EEPROMs
- Микросхемы: RFID
- Технология: Finger Chip
- Микросхемы приемопередатчиков УВЧ
- Приемники ИК-диапазона
- Микросхемы для телефонии
- Автоэлектроника
- ПЗС-матрицы

НАДЕЖНО
 ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЕ И СЕТЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Плиты: LSA-PLUS, LSA-PROFIL, DT-PLUS
- Оборудование защиты
- Патч-панели и патч-корды (категории 6, 5e)
- ADSL-разделители
- Волоконно-оптическое оборудование
- Монтажный инструмент и принадлежности

ДЕКЛАРАЦИИ О СООТВЕТСТВИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА СВЯЗИ РОССИИ

КАЧЕСТВЕННО
 ПРЕЦИЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

MAXIM **DALLAS** SEMICONDUCTOR

- iButtons™ и 1-Wire™ компоненты
- Микросхемы контроля батарей
- Датчики температуры
- Часы реального времени
- Супервизоры
- Память NVRAM
- Цифровые потенциометры
- Интерфейсы RS232
- Микроконтроллеры 8051 с NVRAM
- Линии задержек, генераторы
- Терминаторы шины SCSI

БЫСТРО
 ВСЕГДА НА СКЛАДЕ

PVI **POWERTIP** **WINSTAR**

- TFT дисплеи промышленного применения
- Символьные индикаторы – PC, WH, встроенная RAM память со знакогенератором
- Графические индикаторы – PG, WG, WX
- Цветные графические индикаторы – WC
- Сенсорные панели (Touch Panels)
- Технологии: TN, STN, FSTN, TAB, COG, COF, COB, SMT
- Подсветки: LED, EL, CCFL
- Расширенный диапазон температур (-20...+70°C)

Санкт-Петербург: тел./факс: (812) 325-08-57
 тел. (812) 325-08-56 e-mail: market@atel.ru
 Москва: тел./факс: (495) 709-33-80
 тел. (495) 709-33-81 e-mail: atlas-el@mtu-net.ru

Таблица 2. Требования к МК для работы с радиоканалом на базе ПО SMAC

Требуемый объем памяти МК		
	Номинально	Максимально
Код SMAC	FLASH — 2,52 Кб; RAM – 6 В;	FLASH — 4,36 Кб; RAM – 12 В;
Security Module	FLASH — 0,1 Кб; RAM – 3 В;	FLASH — 0,15 Кб; RAM – 3 В;
OTAP Module	FLASH — 2,3 Кб; RAM – 318 В;	FLASH — 2,57 Кб; RAM – 461 В;
Число выводов МК, необходимое для работы с радиоканалом		
Подключение модема	5	7
Управление дополнительной периферией	0	4

ление приложением на несколько секунд. Выход из модуля OTAP осуществляется после изменения контекста на новый код или после сброса;

- вызывается функция «OTAPActivate»;

- модуль OTAP контролирует работу МК до тех пор, пока длится передача новых данных от устройства-программатора;

- когда передача данных завершена, модуль OTAP решает: либо произвести изменение контекста (используя полученный имидж для замены текущего программного кода), либо отказаться от перепрограммирования и выполнить сброс в случае обнаружения ошибок, возвращаясь к выполнению текущего приложения.

В таблице 2 приведены ориентировочные значения FLASH и RAM памяти, необходимые для выполнения и хранения кода SMAC, а также модулей безопасности и удаленного перепрограммирования.

Программный интерфейс приложения (API) выполнен в SMAC в виде заголовочных файлов «*.h», с помощью которых осуществляется доступ к коду с определенным набором функ-

ций. Так, прикладной интерфейс к SMAC реализуется с помощью подключения файла «APP_SMAC_API.h» в проект для МК. В файле содержатся ссылки на необходимые функции в пределах SMAC, что наделяет приложение необходимыми функциональными возможностями.

В ПО SMAC изначально предусмотрена поддержка 8-разрядных МК семейства MC9S08xx, радиоприемопередатчиков двух поколений (MC1319x, MC1320x), а также одночипового интегрированного решения компании Freescale (MC1321x), антенных переключателей, как внешнего, так и внутреннего, а также внешних LNA- и PA-усилителей. При этом SMAC может быть легко модернизирован под любой другой тип или семейство МК, для чего необходимо выполнить следующие действия:

- удалить файл «mc9s08gb60.c» из проекта;

- добавить соответствующий файл для поддержки выбранного МК;

- обновить файл «derivative.h», включив в него файл поддержки нового МК;

- обновить нижние уровни SMAC (файлы конфигурации МК и SPI);

- обновить файлы с драйверами приложения (SCI, LED, KBI и т.д.).

Подстройка SMAC под тот или иной приемопередатчик осуществляется автоматически после выбора в BeeKit соответствующей аппаратной платформы.

Проекты SMAC изначально создавались под отладочные платы из комплектов разработчиков компании Freescale. Однако на практике, схемотехника собственных устройств часто отличается от схемотехники отладочных плат. Соответствующим образом необходимо настроить и SMAC на поддержку новой конфигурации аппаратной платформы. Для этого необходимо внести ряд изменений в соответствующие файлы настройки, включенные в проект [4,7].

ЛИТЕРАТУРА

1. www.freescale.com/zigbee.

2. Соколов М., Гришин А. *Среда BeeKit™ – универсальный инструмент разработки программного обеспечения беспроводных приложений стандарта 802.15.4/ZigBee. Часть 1. Электронные компоненты, №3, 2007.*

3. *BKWCCKUG.pdf – файл из комплекта документации среды BeeKit.*

4. *AN3381.pdf – статья по применению компании Freescale.*

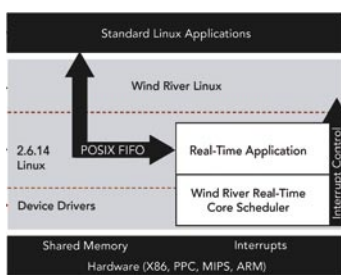
5. *AN3232.pdf – статья по применению компании Freescale.*

6. *AN3231.pdf – статья по применению компании Freescale.*

7. *SMACRM.pdf – руководство пользователя ПО SMAC.*

Программное обеспечение

>> Wind River приобретает технологию RTLinux у фирмы FSMLabs



Компания Wind River, производитель средств разработки ПО встраиваемых микропроцессорных устройств, объявила о покупке у фирмы Finite State Machine Labs технологии RTLinux — расширения реального времени для операционной системы общего назначения Linux, позволяющего изменять Linux во встраиваемых системах жесткого реального времени (hard real-time).

Технология RTLinux представляет собой дополнительный планировщик Real-Time Core, исполняющий процессы жесткого реального времени и обслуживающий критичные прерывания. Ядро Linux исполняется внутри Real-Time Core как низкоприоритетный процесс, обслуживающий некритичные прерывания.

Планировщик Real-Time Core будет поставляться как дополнительный продукт к интегрированным пакетам — платформам на базе Linux: «Платформе для сетевого оборудования» (Platform for Network Equipment Linux Edition) и «Платформе для бытовой электроники» (Platform for Consumer Devices Linux Edition). Поддерживаемые микропроцессорные архитектуры — x86/Pentium, PowerPC, MIPS, ARM.

Дистрибьютор Wind River в России и СНГ — компания АВД Системс.

Wind River
www.windriver.com
 Дополнительная информация:
 см. AVD Systems

AVD Systems
 Тел.: (495) 148-9677, 8-916-1944271
avdsys@aha.ru
www.avdsys.ru

СИЛОВЫЕ МОДУЛИ



MOSFET модули

автотранспортного исполнения



- Авто/электромобили •
- Скутеры •
- Стартеры •

Номер	Напряжение, [В]	Ток, [А]	$R_{DS(ON)}$, [МОм]
GWM 220-004P3	40	190	2,0
GWM 160-0055P3	55	160	2,3
GWM 120-0075P3	75	125	3,7
GWM 70-01P2	100	70	11

Москва

Тел.: (495) 221-0130
Факс: (495) 221-0137
E-mail: cmp@argussoft.ru

Санкт-Петербург

Тел.: (812) 567-1867
Факс: (812) 567-1849
E-mail: spb@argussoft.ru

Новосибирск

Тел.: (383) 227-1155
Факс: (383) 222-4031
E-mail: nsk@argussoft.ru

Екатеринбург

Тел.: (343) 378-3242
Факс: (343) 378-3241
E-mail: ural@argussoft.ru

Зеленоград

Тел.: (495) 532-8384
Факс: (495) 532-8384
E-mail: zelgrad@argussoft.ru

ОФИЦИАЛЬНЫЙ
ДИСТРИБЬЮТОР

ARGUSSOFT
www.argussoft.ru