

Универсальный модульный контроллер с ядром ARM9

Александр Елисеев (Вильнюс, Литва)

В статье представлен встраиваемый многофункциональный контроллер с GPS- и GSM-модулями, разработанный для интернет-приложений. Приведено описание архитектуры контроллера и его компонентов, а также технологий программирования.

ВВЕДЕНИЕ

Контроллер ARMGeoSpyder2 был разработан с учётом накопленного опыта в области автоматизации оборудования, дистанционного измерения, управления распределёнными системами, и в частности, спутникового мониторинга подвижных объектов.

При разработке были приняты во внимание следующие требования:

- приложения на базе контроллера должны разрабатываться в кратчайшие сроки;
- одной из ключевых функций мобильного универсального контроллера должна быть поддержка протоколов сети Интернет;
- контроллер должен обладать значительными ресурсами, чтобы иметь возможность взаимодействовать с разнообразными интернет-сервисами;
- контроллер должен иметь возможность масштабирования функциональности и обладать надёжными интерфейсами к локальным сетям исполнительных устройств;

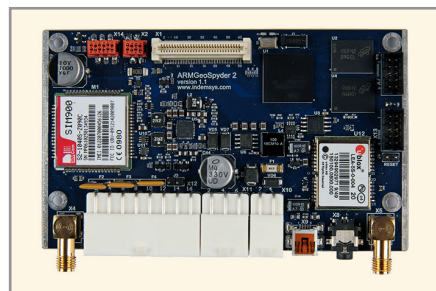


Рис. 1. Плата ARMGeoSpyder2, вид сверху

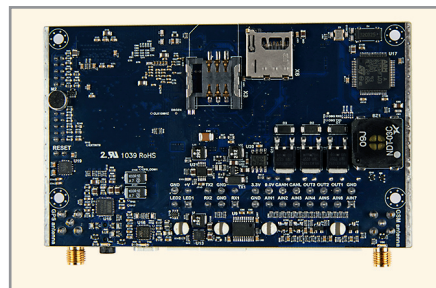


Рис. 2. Плата ARMGeoSpyder2, вид снизу

- контроллер должен иметь интегрированную подсистему питания, включающую стабилизаторы с широким диапазоном входных напряжений и защитой от перегрузок, аккумулятор с зарядным устройством и схемой обеспечения безопасности;
- цена нового контроллера не должна превышать стоимость менее функциональных устройств.

НАЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА

Данный контроллер (см. рис. 1 и 2) предназначен, прежде всего, для мобильных приложений, т.е. для встраивания в транспортные средства и носимые устройства. Также он может подойти для других применений, таких как:

- домашняя автоматизация, «умный» дом, охрана;
- устройства громкой защищённой связи, дистанционное прослушивание, речевые информаторы;
- несложные роботы и исполнительные механизмы, управление климатом и освещением;
- системы контроля доступа;
- проигрыватели звукозаписей, фоторамки, интернет-радиоприёмники и др.;
- телеметрические системы на удалённых объектах инженерных инфраструктур;
- системы мониторинга для метеостанций, ветрогенераторов, солнечных электростанций и малых гидроэлектростанций.

Обладая довольно значительными вычислительными ресурсами и оптимально подобранными интерфейсами, контроллер ARMGeoSpyder2 может добавить в традиционные решения для перечисленных выше областей применения новые возможности. Например, благодаря эффективным алгоритмам сжатия, передавать голос по GPRS-каналу связи, ко-

торый характеризуется низкой пропускной способностью. Алгоритмы шифрования, аутентификации и туннелирования, реализуемые в контроллере, могут полностью обеспечить необходимый уровень защиты данных при передаче через открытые каналы, такие как GSM и GPRS. Наличие интерфейса USB host позволяет подключать к контроллеру USB-камеры и передавать видеокдры. Большой объём ОЗУ в сочетании с встроенным сопроцессором также делают возможными обработку и распознавание голоса в реальном времени и выполнение голосовых команд, что может быть актуально в транспортных средствах и устройствах, управляемых инвалидами. Возможна и реализация алгоритмов преобразования текста в голос.

Контроллер снабжён внешней памятью достаточного объёма, в которой могут быть размещены операционные системы Windows CE или Linux, что значительно расширяет круг приложений.

На рынке микроконтроллеров для встраиваемых систем в настоящее время доминируют 32-битные архитектуры фирмы ARM. Малогабаритный встраиваемый контроллер, не требующий каких-либо дополнительных материнских плат или других средств адаптации для реальной работы с окружающим миром и выполненный на базе микропроцессорного ядра ARM, является неплохим выбором для освоения передовой микропроцессорной архитектуры.

Для удобства изучения и отладки тестовых приложений на контроллере ARMGeoSpyder2 выведены два отдельных JTAG-интерфейса (для LPC3250 и STM32F103). С помощью недорогих или самостоятельно собранных JTAG-адаптеров разработчики имеют возможность одновременно и независимо отлаживать программы на двух микроконтроллерах.

Плата ARMGeoSpyder2 комплектуется полной принципиальной электрической схемой с перечнем деталей и сборочной схемой. В дополнение к этому, для облегчения интеграции

контроллера в законченные решения, предоставляется 3D-модель платы в различных форматах (STEP, IGES, SolidWorks и т.д.).

Внутренняя архитектура и состав платы контроллера делают его удобным инструментом различных измерений, апробации новых методов разработки программного обеспечения и способов интеграции на базе программных комплексов Labview и Matlab.

Для облегчения разработки программ в контроллере предустановлен начальный загрузчик и предусмотрено несколько способов загрузки программного обеспечения, включая загрузку через канал GSM/GPRS и с карты памяти microSD. Также в комплекте платы поставляется набор демонстрационных примеров, актуальных для разработки конкурентоспособных приложений.

СТРУКТУРА И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ARMGeoSPYDER2

Структурная схема контроллера ARMGeoSpyder2 показана на рисунке 3, основные технические характеристики приведены в таблице 1; подробная принципиальная электрическая схема предоставляется при покупке печатной платы микроконтроллера, которая выполнена с шестью слоями металлизации без использования свинца. Топология проводников, работающих на высоких частотах, реализована с учётом согласования волнового сопротивления источников и приёмников сигнала. Большое внимание уделено уменьшению уровня электромагнитного излучения платы и её электромагнитной восприимчивости. Это особенно важно в связи с применением высокочувствительного GPS-модуля и обладающего значительной выходной мощностью модуля GSM.

Контроллер реализован по модульной структуре (см. рис. 3). Часть модулей может не устанавливаться, если в них нет необходимости. В частности, контроллер предусматривает удешевлённый вариант комплектации, в котором отсутствует вспомогательный микроконтроллер и связанные с ним интерфейсы.

Подсистемы контроллера

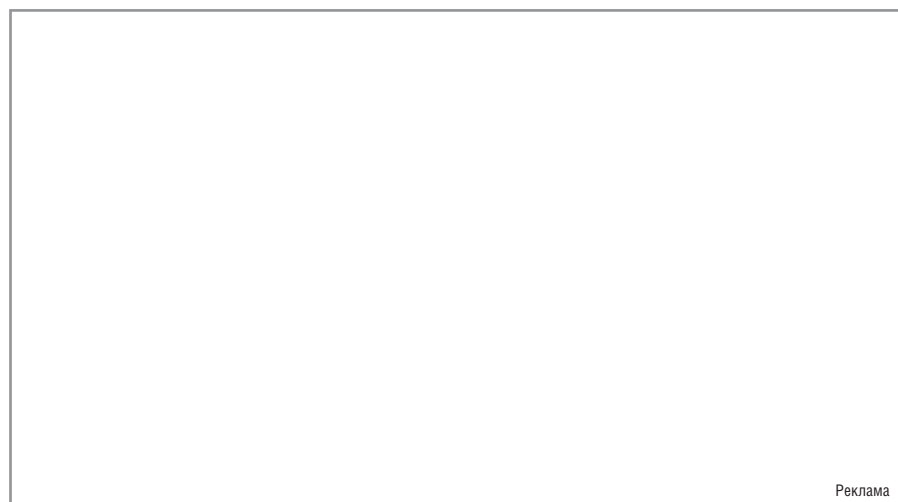
Вспомогательный микроконтроллер добавляет несколько важных

Таблица 1. Технические характеристики платы ARMGeoSpyder2

Основные	
Тип центрального микроконтроллера	LPC3250
Тактовая частота центрального микроконтроллера	До 266 МГц
Разрядность центрального микроконтроллера	32 бита
Частота системной шины	До 133 МГц
Тип внешней оперативной памяти	DDR2
Объём внешней оперативной памяти	64 Мб
Объём внешней SPI-Flash-памяти	До 8 Мб
Объём внешней памяти NAND Flash	До 256 Мб
Тип вспомогательного микроконтроллера	STM32F103
Тактовая частота вспомогательного микроконтроллера	До 72 МГц
Интерфейсы	
Интерфейс I ² C	2
Интерфейс CAN	1
Интерфейс RS232	2
Интерфейс USB 2.0 хост/OTG FS до 12 Мбит/с с защитой от перегрузок	1
Интерфейс карты microSD	1
Интерфейс 24-битного TFT-дисплея с каналом управление по I ² C или SPI и сенсорным экраном	1
Интерфейс сопроцессора ввода/вывода по UART или I ² C	1
Отладочный JTAG-интерфейс для LPC3250	1
Отладочный JTAG-интерфейс для STM32F103	1
Звуковой интерфейс на базе кодека WM8978GEFL с пятиполосным аппаратным эквалайзером, заградительным фильтром и усилителем	1
Энергонезависимые часы реального времени	1
Цифроаналоговые входы с разрешением 12 бит	7
Дискретные выходы типа общий коллектор	3
Дифференциальный драйвер для питания яркого двухцветного светодиода	1
Трёхосевой акселерометр	1
Встроенный микрофон	1
Встроенный динамик мощностью до 0,125 Вт	
GSM-модуль с подключением внешней антенны	1
GPS-модуль с подключением внешней антенны	1
Держатель карты SIM	1
Интерфейс заряда литиевых аккумуляторов с датчиком температуры	1
Другие параметры	
Напряжение питания	9...30 В
Пиковая потребляемая мощность при активации всей периферии	<3 Вт
Температура эксплуатации	-10...40°C
Габариты	113 × 68 мм
Каналы автозагрузки центрального микроконтроллера	NAND-flash, SPI-Flash, UART, microSD
Встроенная зарядка Li-Ion- или NiMH-аккумуляторов	3,6..4 В, до 4 Ач

функций, которые отсутствуют у микросхемы LPC3250. В первую очередь, это интерфейс CAN и многока-

нальный 12-битный АЦП. Расчёт показывает, что реализация только этих функций на отдельных специа-



Реклама

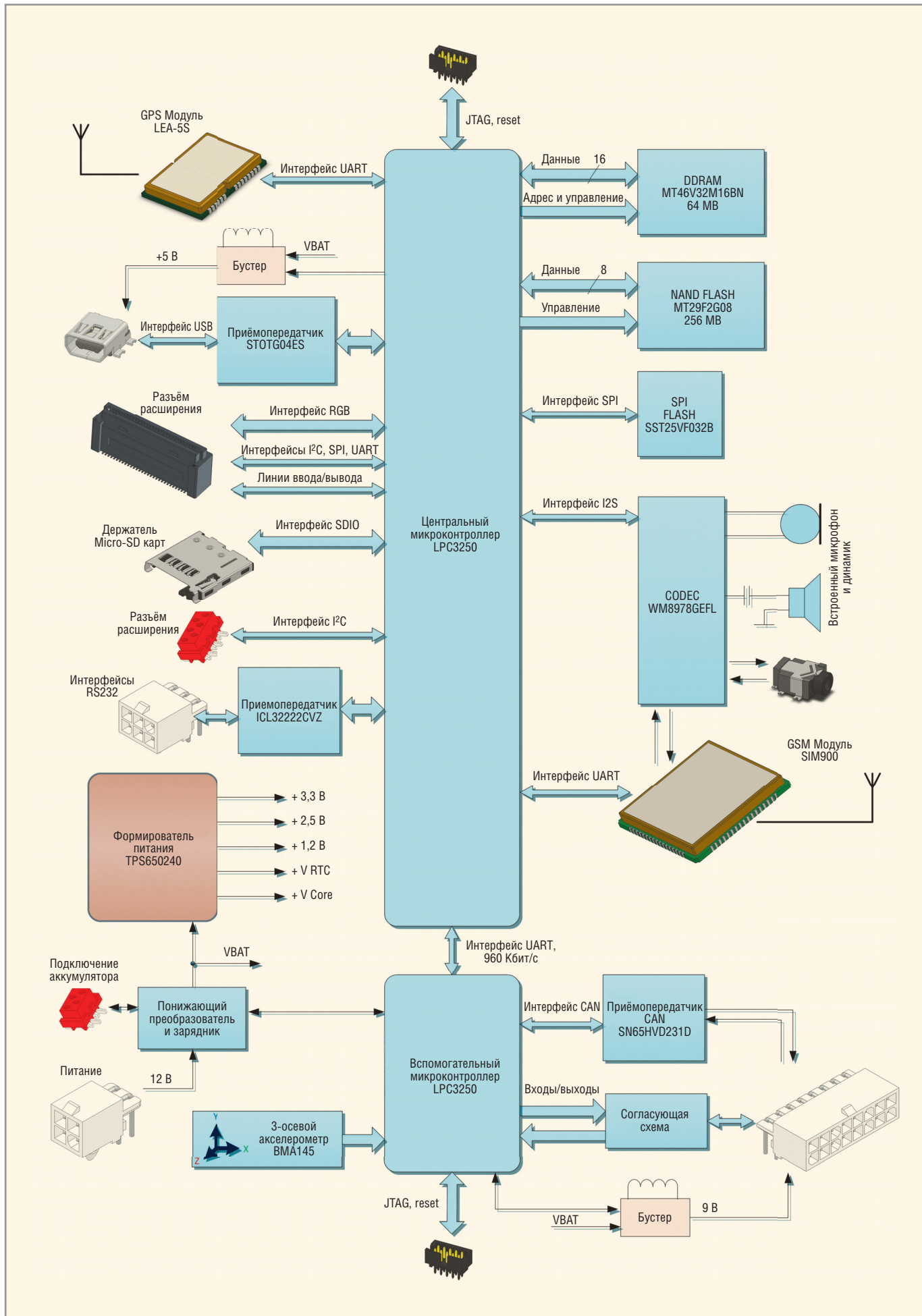


Рис. 3. Структурная схема платы ARMGeoSpyder2

лизированных микросхемах обошлась бы дороже, чем на микроконтроллере семейства STM32F103. Кроме того, вспомогательный микроконтроллер выполняет функции управления режимом пониженного потребления системы, цифровой предварительной обработки входных аналоговых сигналов, формирует выходные дискретные сигналы, взаимодействует с трёхосевым акселерометром, управляет процессом зарядки аккумулятора, а также обеспечением защиты интеллектуальной собственности на программное обеспечение.

Подсистема питания контроллера выполнена на специализированной микросхеме TPS650240 и понижающем импульсном стабилизаторе LM22676MRE-ADJ с узлом электронного регулирования выходного напряжения, который позволяет подключать аккумулятор параллельно со стабилизатором. При этом управление зарядкой аккумулятора происходит путём изменения выходного напряжения стабилизатора. Схема работает и при отсутствии аккумулятора. Микросхема TPS650240 обеспечивает ряд напряжений, требуемых для LPC3250 и остальных периферийных микросхем. В частности, она формирует напряжение питания микропроцессорного ядра микроконтроллера LPC3250 (1,3 В), что обеспечивает наивысшую производительность микроконтроллера на максимальной тактовой частоте. Подсистема памяти включает три внешние ИС и разъём карты microSD.

Важнейшей составляющей является ИС внешней памяти типа DDRAM. Объём памяти DDRAM составляет 64 Мб. Микросхема DDRAM работает на тактовой частоте до 133 МГц (частота задаётся программно при инициализации периферии LPC3250 и может меняться пользовательской программой). Специфика DDRAM заключается в том, что данные извлекаются из этого типа памяти и на фронте, и на спаде тактирующего сигнала. Поэтому скорость пересылки здесь в два раза выше, чем у обычных ИС динамического ОЗУ. Реально измеренная в контроллере скорость пересылки данных из внутреннего ОЗУ во внешнее достигает 200 Мб/с.

Микросхема памяти NAND-Flash типа MT29F2G08ABDHC является ПЗУ, содержащим копию программы, а

также может быть твердотельным диском с файловой системой. Непосредственно из памяти NAND-Flash-программы выполняться не могут. По крайней мере, это справедливо по отношению к LPC3250. Поэтому при подаче питания микроконтроллер должен скопировать программу из памяти NAND-Flash в ОЗУ (внутреннее либо внешнее). Встроенный в LPC3250 фирменный начальный загрузчик имеет механизм распознавания типа подключенной памяти NAND-Flash и копирования части содержимого первого блока NAND-Flash во внутреннее ОЗУ, с передачей ему управления. Память типа NAND-Flash обладает низкой стоимостью, но и низкой надёжностью – уже на этапе выпуска в ней присутствуют неисправные блоки. Эта особенность учитывается современными микроконтроллерами, поэтому в LPC3250 встроен механизм контроля и исправления данных, получаемых от памяти NAND-Flash, на основе избыточности. Из-за этого пересылка данных из памяти NAND-Flash производится медленнее, чем из DDRAM, но, тем не менее, со значительной скоростью – до 16 Мб/с по тестам платы ARMGeoSpyder2.

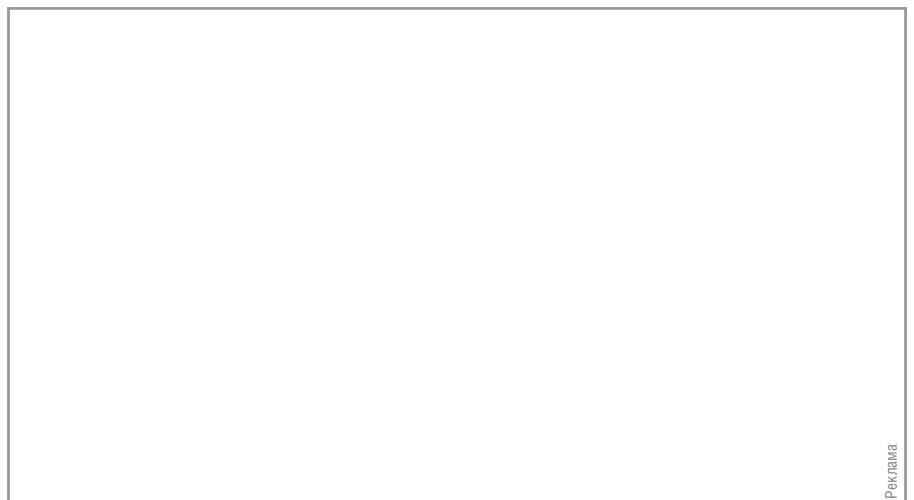
Для приложений, где требуется большая надёжность при небольшом объёме памяти, на плате ARMGeoSpyder2 имеется ИС памяти SPI-Flash типа SST25VF032B. Для этих ИС регламентируется минимальное количество циклов записи-стирания 10^5 . Штатный объём памяти составляет 4 Мб. Скорость работы с памятью SPI-Flash меньше, чем с NAND-Flash, поскольку обмен данными происходит по одной линии и с меньшей тактовой частотой.

В держатель карты памяти microSD могут вставляться карты различного объёма, включая карты SDHC. Работа с картами осуществляется по четырёхбитному интерфейсу. На плате контроллера ARMGeoSpyder2 была достигнута скорость чтения карт microSD карт 14 Мб/с и скорость записи 4 Мб/с.

Модуль GSM типа SIM900 подключен к LPC3250 через интерфейс UART, включающий линии RX, TX, DTR, RTS, RI и DCD. К модулю также подключен светодиод индикации его состояния и звуковой кодек WM8978GEF. Использование последнего повышает гибкость управления звуковыми потоками внутри платы. Оцифрованный звук с модуля GSM может перенаправляться на обработку процессором, сохраняться в файл, выводиться на встроенный динамик или на внешний разъём, и всё это одновременно.

Модуль GPS типа LEA-5S также подключен к LPC3250 через интерфейс UART, но используются только линии RX и TX. От модуля к микроконтроллеру передаётся сигнал точного времени. Модуль LEA-5S фирмы Ublox характеризуется быстрым стартом и малым потреблением. Для условий затруднённого приёма, но при необходимости сохранения быстрого запуска модуль оснащен функцией A-GPS.

Интерфейс USB в микроконтроллере LPC3250 выполнен по спецификации USB 2.0 с функцией OTG в режиме FS. Это значит, что максимальная скорость обмена по шине USB может достигать 12 Мбит/с. Наличие OTG позволяет работать как в режиме USB-устройства, так и в режиме USB-хоста по спецификации OHCI. Для согласования и управления сигналами USB между



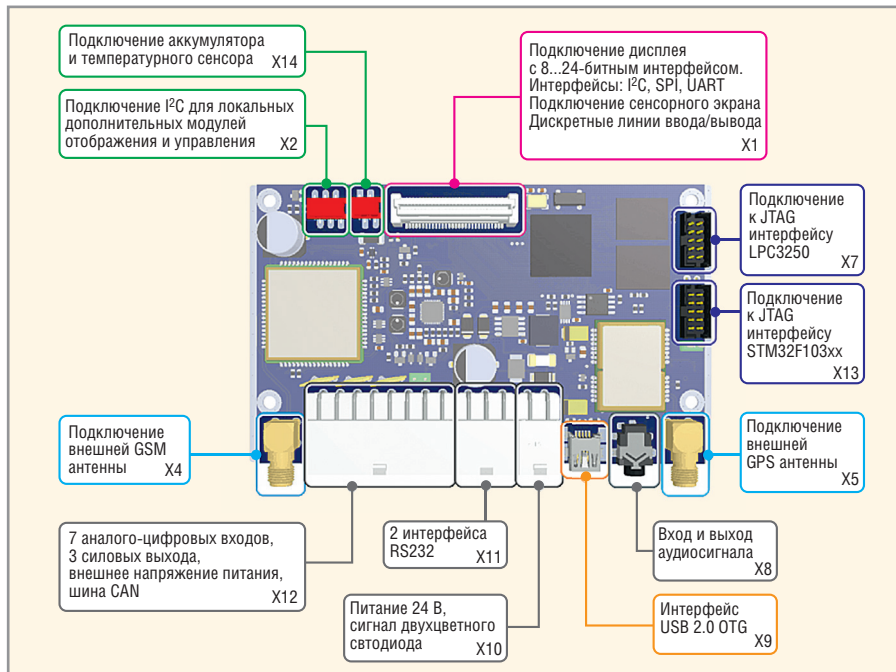


Рис. 4. Расположение разъемов на плате ARMGeoSpyder2 (вид сверху)

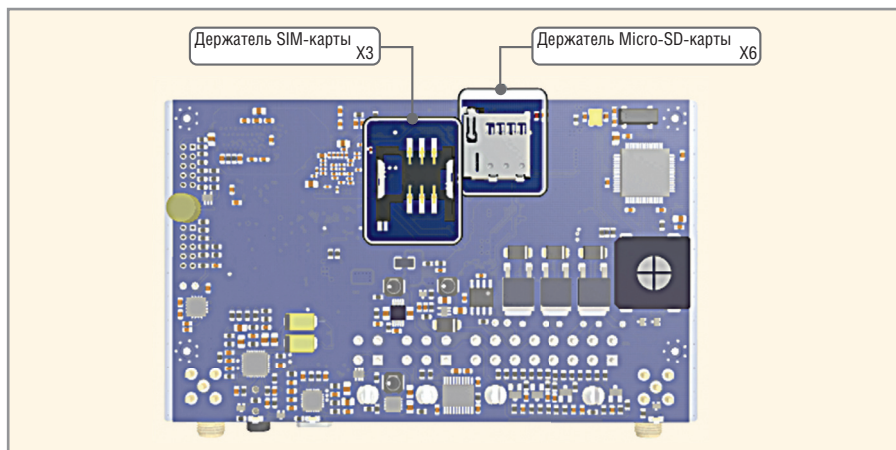


Рис. 5. Расположение разъемов на плате ARMGeoSpyder2 (вид снизу)

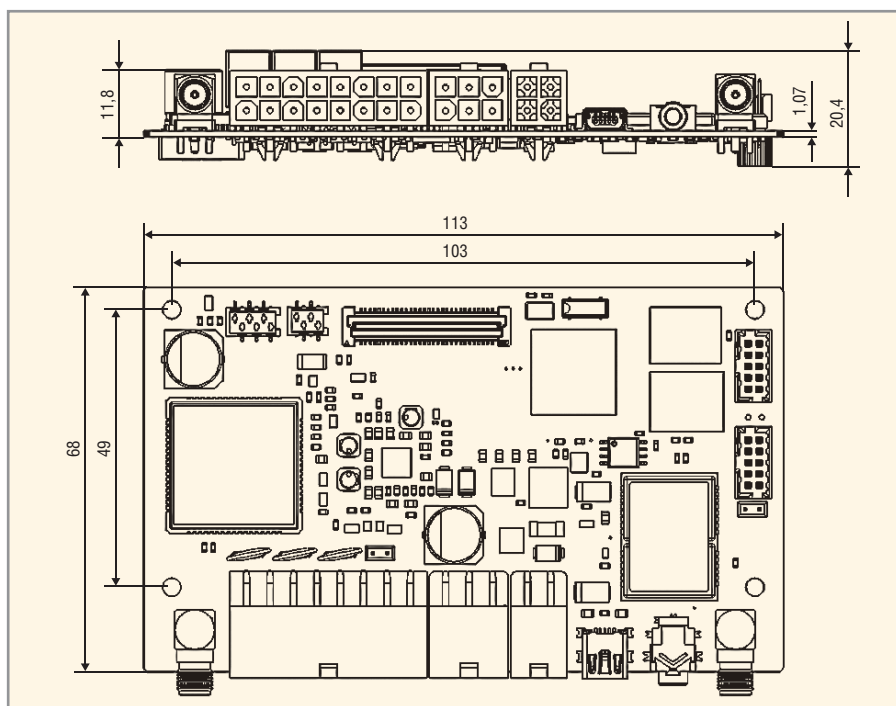


Рис. 6. Габариты платы ARMGeoSpyder2

микроконтроллером и разъёмом установлен управляемый по интерфейсу I²C приёмопередатчик STOTG04ES. На плате повышающим стабилизатором вырабатывается стандартное напряжение 5 В для внешних USB-устройств с нагрузочной способностью до 1 А. Стабилизатор защищён от перегрузок и перегрева. При работе USB-контроллера в режиме устройства стабилизатор отключается.

Звуковая подсистема контроллера реализована на микросхеме WM8978GEFL, которая содержит перенастраиваемый двухканальный кодек со встроенным усилителем и пятиполосным эквалайзером. Задачей кодека является преобразование аналогового сигнала в цифровой и обратно. Для передачи оцифрованного звука в микроконтроллер используется интерфейс I2S.

Подсистема ввода-вывода распределена между центральным и вспомогательным микроконтроллерами. Центральный микроконтроллер формирует отдельные дискретные сигналы, идущие к разъёму расширения X1, и сигналы управления внешним двухцветным светодиодом, которые усиливаются и выходят на разъём X10 (см. рис. 4). Вспомогательный микроконтроллер формирует три дискретных выходных сигнала типа открытый коллектор и принимает семь входных аналоговых сигналов с 12-битным разрешением. Размах напряжения на входах в стандартной конфигурации может достигать 30 В. Вспомогательный микроконтроллер может обрабатывать дискретные и аналоговые входные сигналы одновременно и различными способами. Выборка аналоговых сигналов может осуществляться с частотой до 1 МГц. Если сигналы обрабатываются как дискретные, то вспомогательный микроконтроллер способен измерять их длительность и период с разрешением менее 1 мкс.

Выходные дискретные сигналы также способны переключаться с высокой частотой и выдерживают продолжительный постоянный ток до 5 А и напряжение до 55 В. Выходные ключи выполнены на транзисторах IRLR3705ZPBF.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНЕШНИХ ИНТЕРФЕЙСОВ И РАЗЪЁМЫ

Конструкция платы контроллера и местоположение разъемов выбраны

для максимально удобного размещения в типовых корпусах (см. рис. 5, 6 и 7). Антенные разъёмы модулей GSM (X4) и GPS (X5) разнесены на противоположные концы, чтобы минимизировать влияние друг на друга. К плате подключаются антенны с разъёмом SMA с волновым сопротивлением 50 Ом. В таблицах 2 – 7 приведено назначение выводов всех разъёмов, кроме X1.

В таблице 8 приведено назначение выводов разъёма расширения X1. Большинство сигналов на этот разъём поступает от центрального микроконтроллера. Микроконтроллер LPC3250 обладает гибким интерфейсом для управления STN- и TFT-дисплеями. Он способен управлять дисплеями с разрешением до 1024 × 768 пикселей и глубиной цвета до 24 бит. Оптимальным разрешением дисплея является 320 × 240 пикселей – тогда весь видеобuffer может быть размещён во внутреннем ОЗУ микроконтроллера и пересылка данных в дисплей не влияет на основное приложение.

ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКОНТРОЛЛЕРА LPC2350

Главным элементом ARMGeoSpyder2 является микроконтроллер LPC2350 – наиболее мощный представитель семейства LPC32x0 фирмы NXP Semiconductors на микропроцессорном ядре ARM9EJ-S.

Микроконтроллеры семейства LPC32x0 широко доступны и сравнительно недороги. Вместе с тем, LPC32x0 – немногие ИС на ядре ARM9, имеющие в своём составе сопроцессор для вычислений с плавающей точкой, эффективно поддерживаемый компиляторами языка Си. Микроконтроллер LPC3250 содержит внутреннее ОЗУ объёмом 256 Кб, что довольно редко для ИС данной категории, как и объём кэш-памяти программ и данных по 32 Кб. Это даёт возможность реализовывать на LPC32x0 сложные алгоритмы обработки данных, которые выполняются быстрее, чем на аналогичных ИС с близкой тактовой частотой.

Другой особенностью LPC32x0 является наличие внешнего интерфейса быстродействующей оперативной памяти и модуля управления, виртуализации и защиты адресного пространства памяти (MMU – memory management unit). Это необходимые атрибуты микро-

контроллера, которые позволяют запускать на нём «тяжёлые» операционные системы, такие как Windows CE, Windows Mobile, Linux, Android, QNX, Symbian и др., после соответствующей адаптации. Частота шины внешнего ОЗУ типа DDRAM равна 130 МГц, ширина шины данных 16 бит. Архитектура контроллера памяти, встроенного в LPC32x0, обеспечивает скорость обмена с 16-битной DDRAM даже большую, чем у некоторых конкурирующих ИС с 32-битной шиной DDRAM.

Микроконтроллеры семейства LPC32x0 выгодно отличаются простотой структуры регистров периферии, которая достаточно богата, но не перенасыщена, и требует внимательного анализа возможностей применения ИС, но, с другой стороны, упрощает программирование и изучение. Архитектура внешних портов ввода-вывода может показаться плохо структурированной, но надо помнить, что в производственных микроконтроллерах на ядре ARM9 и выше на порты дискретного ввода-вывода обычно не возлагаются функции быстрого и синхронного переключения состояний или ввода данных. Их, как правило, берут на себя вспомогательные микросхемы, что демонстрирует плата ARMGeoSpyder2.

Интерфейсы USB OTG, Ethernet и интерфейс TFT-дисплея с адаптером тактильного экрана делают микроконтроллеры семейства LPC32x0

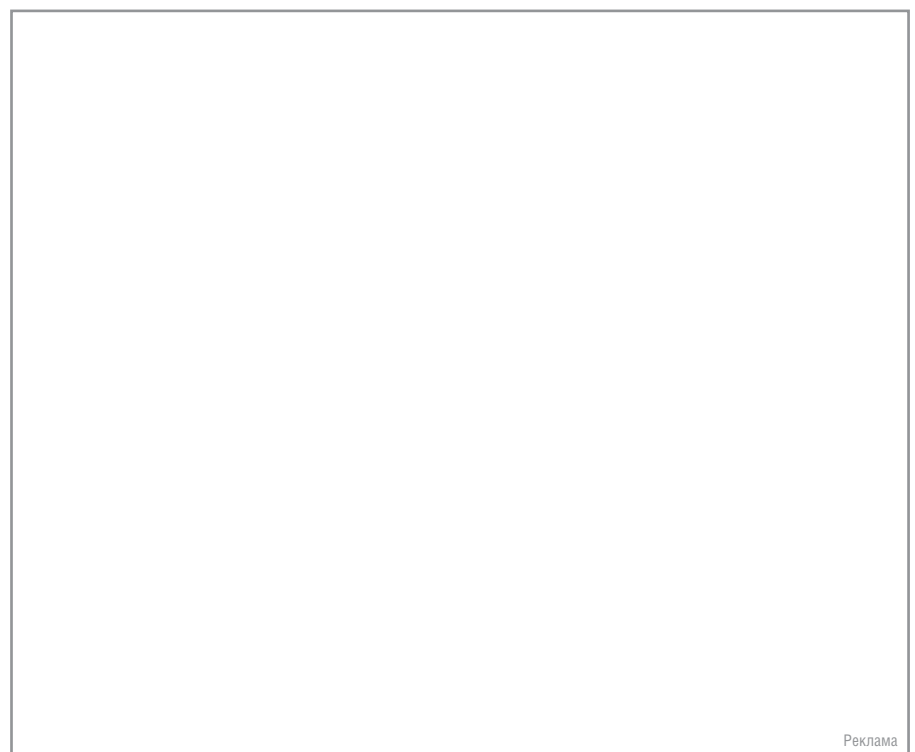


Рис. 7. Вид контроллера в корпусе на базе профилей GB 36 фирмы Fischer Elektronik GmbH

неплохими кандидатами на роль центральных процессоров устройств обработки мультимедиаинформации ограниченного объёма и устройств взаимодействия человека с машиной (HMI, human-machine interface).

ОБЗОР ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F103R4T6A

Вспомогательный микроконтроллер платы является представителем большого семейства микроконтроллеров фирмы ST Microelectronics на ядре Cortex-M3 фирмы ARM. В стандартной комплектации на плату устанавливается ИС типа STM32F103R4T6A. Это – один из самых дешёвых представителей семейства STM32 с необходимыми интерфейсами, который, однако, сохраняет все качества старших моделей, касающиеся быстродействия процессора, системы команд, скорости работы периферии и её архитек-



Реклама

Таблица 2. Разъём подачи питания X10

Номер вывода	Назначение
1	Выход 1 напряжения на внешний светодиод, с током до 32 мА и размахом напряжения до 4 В
2	Вход напряжения питания 9...30 В, ток до 1 А
3	Выход 2 напряжения на внешний светодиод, с током до 32 мА и размахом напряжения до 4 В. Комплементарен выводу 1
4	Общий

туры, отличаясь только составом периферии.

Ядро микроконтроллера Cortex-M3 фирмы ARM было специально разработано для недорогих быстродействующих

Таблица 3. Разъём интерфейсов RS-232 X11

Номер вывода	Назначение
1	Входной сигнал RxD канала 1
2	Выходной сигнал TxD канала 1
3	Общий
4	Общий
5	Входной сигнал RxD канала 2
6	Выходной сигнал TxD канала 2

Таблица 4. Разъём сигналов ввода-вывода X12

Номер вывода	Назначение
1	Аналого-цифровой вход 7
2	Общий
3	Аналого-цифровой вход 6
4	Дискретный выход 1
5	Аналого-цифровой вход 5
6	Дискретный выход 2
7	Аналого-цифровой вход 4
8	Дискретный выход 3
9	Аналого-цифровой вход 3
10	Линия интерфейса CAN L
11	Аналого-цифровой вход 2
12	Линия интерфейса CAN H
13	Аналого-цифровой вход 1
14	Выходное защищённое напряжение 9 В
15	Общий
16	Выходное защищённое напряжение 3,3 В

Таблица 5. Разъём расширения локальных модулей X2

Номер вывода	Назначение
1	Выходное напряжение VBAT
2	Выходное напряжение 3,3 В
3	Линия SDA интерфейса I ² C
4	Линия SCL интерфейса I ² C
5	Входная линия прерывания на центральный микроконтроллер
6	Общий

Таблица 6. Разъём подключения аккумулятора X14

Номер вывода	Назначение
1	Положительная клемма аккумулятора
2	Вывод 1 термистора
3	Вывод 2 термистора
4	Отрицательная клемма аккумулятора

встраиваемых систем. Поэтому в задачах обработки и формирования внешних дискретных сигналов STM32 значительно превосходит LPC3250, даже учитывая более высокую тактовую частоту ядра последнего. Но приборы STM32 не обладают механизмом виртуализации памяти и лишены возможности работать с внешней памятью большого объёма. Таким образом, оба микроконтроллера гармонично дополняют друг друга, вместе реализуя возможности, какие на сегодняшний день не может предоставить ни один интегрированный микроконтроллер.

Микроконтроллер STM32F103R4T6A на плате ARMGeoSpyder2 взаимозаменяем с полутора десятками ИС семейства STM32. При этом может быть достигнута либо меньшая себестоимость платы, либо меньшее энергопотребление, либо расширены внутренние ресурсы микроконтроллера, чтобы он смог выполнять более сложные приложения, требующие большего объёма памяти.

В стандартном варианте платы ARMGeoSpyder2 вспомогательный микроконтроллер семейства STM32 обладает следующими характеристиками:

- работает на частоте до 72 МГц;
- поддерживает интерфейс CAN со скоростью обмена до 1 Мбит/с;
- снабжён АЦП с частотой выборки до 1 МГц по двум синхронным каналам;
- контролирует линию сброса основного микроконтроллера;
- имеет два независимых сторожевых таймера, что повышает надёжность собственной работы и всей системы;
- сохраняет внутреннее тактирование даже при отказе внешнего кварцевого резонатора;
- может быть перепрограммирован центральным микроконтроллером через интерфейс UART;
- имеет совершенную схему внутреннего сброса, реагирующую на аварийные режимы;

- сохраняет работоспособность до -40°C.

Большое значение имеет то, что и STM32, и LPC32x0 программируются в одной и той же среде разработки и для отладки требуют одинаковых инструментов. Это позволяет значительно экономить время на разработку и отладку программного обеспечения и сократить затраты.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ARMGeoSPYDER2

Удобство и быстрота создания программного обеспечения являлись приоритетом при разработке платы, что определило, во-первых, выбор архитектуры процессорного ядра центрального микроконтроллера на базе ядра ARM (для них существуют более десятка удобных интегрированных сред разработки, включающих компиляторы, отладчики и т.п.) и, во-вторых, выбор микросхемы центрального микроконтроллера.

Известно, что производители микроконтроллеров предоставляют различную по объёму и качеству информацию, сопровождающую их изделия. Это касается и библиотек программного обеспечения для работы с периферией, и примеров работы с этими библиотеками. Закономерен успех решений на тех ИС, которые сопровождаются большим объёмом разнообразного программного обеспечения. Здесь у микроконтроллеров LPC3250 имеется преимущество, поскольку для них выпущена большая фирменная библиотека поддержки работы с периферией, а также существуют библиотеки для операционных систем Windows CE и Linux. И наконец, выбранные технологии отладки позволяют обнаруживать и исправлять большее количество ошибок за меньшее время.

Для разработки программного обеспечения на ARMGeoSpyder2 мы остановили свой выбор на интегрированной среде разработки фирмы KEIL под названием MDK-ARM (Microcontroller Development Kit). Данная среда снабжается компилятором самой фирмы – разработчика ядра ARM. Это гарантирует высокую эффективность скомпилированного кода и совместимость со всеми особенностями архитектуры. Среда MDK-ARM компилирует код как для LPC3250, так и для STM32F103.

Значительно облегчает начало работы с микроконтроллерами в среде MDK-ARM наличие в качестве примеров простых демонстрационных проектов на языке Си со всеми необходимыми процедурами начальной инициализации периферии. Среда MDK-ARM сопровождается библиотекой программного обеспечения промежуточного уровня, которая называется RealView® Real-Time Library (RL-ARM). Эта библиотека неопенима при быстром создании сложных приложений. В неё входят: операционная система реального времени, файловая система, стек протоколов TCP/IP, библиотека для работы с CAN-интерфейсом и др. Для платы ARMGeoSpyder2 было создано несколько открытых проектов, демонстрирующих использование RL-ARM.

Среда MDK-ARM является коммерческой, но скачивается бесплатно и допускает создание проектов с объёмом бинарного кода до 32 Кб без приобретения лицензии. Также среда позволяет использовать в ней вместо компилятора фирмы ARM некоммерческий

компилятор Sourcery G++ Lite, который не накладывает никаких ограничений на объём кода.

При освоении нового микроконтроллера, как правило, важно, какие усилия и шаги необходимы для запуска простейшей программы. В бюджетном варианте для этого требуется только среда MDK-ARM и карта microSD (при условии, что компьютер с установленной операционной системой Windows и считыватель карт microSD уже имеются). Из демонстрационных примеров, сопровождающих плату ARMGeoSpyder2, извлекается и компилируется подходящий проект, результирующий HEX-файл преобразуется соответствующей программой в загружаемый образ, который копируется на карту microSD. Затем карта вставляется в считывающее устройство на ARMGeoSpyder2, и на плату подается питание. Спустя пару секунд приложение начинает работать.

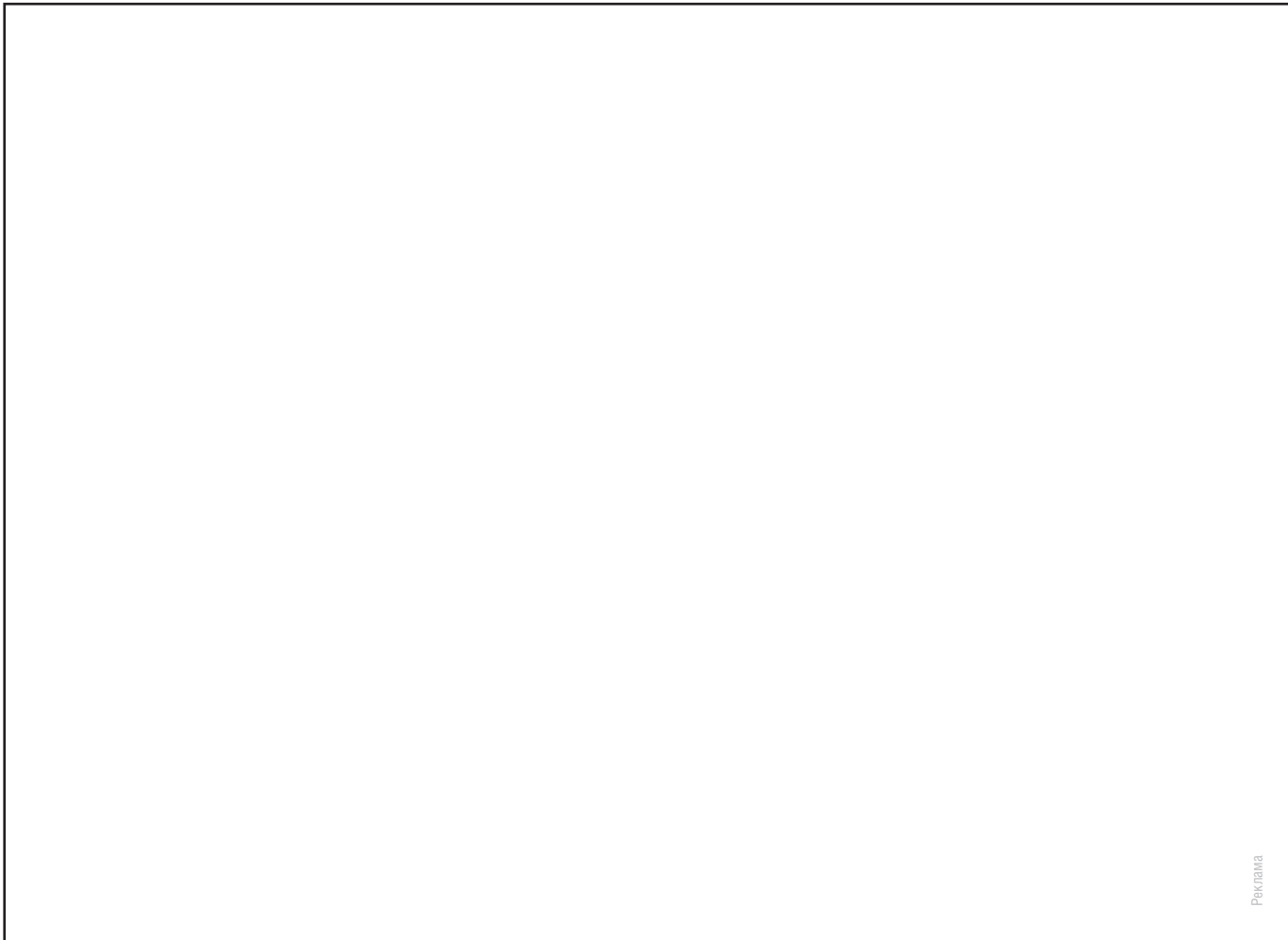
Опытным разработчикам такой подход не предоставляет должной гибкости в выборе места хранения кода программы, скорости запуска

Таблица 7. Разъёмы JTAG-интерфейса X7, X13

Номер вывода	Назначение
1	Общий
2	Вход сигнала TRST
3	Выход сигнала TDI
4	Вход сигнала TMS
5	Вход сигнала TCK
6	Выход сигнала RTCK
7	Вход сигнала TDO
8	Вход сигнала RESET (сброс процессора)
9	Выход напряжения 3,3 В для питания драйверов адаптера JTAG
10	Общий

и способа отладки. В плате ARMGeoSpyder2 код программы может храниться в памяти NAND-Flash, SPI-Flash и на карте microSD. Наиболее быстрый запуск кода осуществляется из NAND-Flash, менее быстрый запуск – из SPI-Flash; самый медленный запуск происходит с карты microSD, поскольку она содержит собственный процессор, требующий времени на внутреннюю инициализацию карты.

Микроконтроллер LPC2350 не может выполнять программы непосред-



Реклама

Таблица 8. Назначение выводов разъёма расширения X1

Номер вывода	Назначение
1	Выход напряжения 3,3 В
2	Общий
3	Выход напряжения 3,3 В
4	Общий
5	Выход напряжения VBAT
6	Общий
7	Выход напряжения VBAT
8	Общий
9	Сигнал RGB интерфейса BLUE7
10	Сигнал RGB интерфейса GREEN7
11	Сигнал RGB интерфейса BLUE6
12	Сигнал RGB интерфейса GREEN6
13	Сигнал RGB интерфейса BLUE5
14	Сигнал RGB интерфейса GREEN5
15	Сигнал RGB интерфейса BLUE4
16	Сигнал RGB интерфейса GREEN4
17	Сигнал RGB интерфейса BLUE3
18	Сигнал RGB интерфейса GREEN3
19	Сигнал RGB интерфейса BLUE2
20	Сигнал RGB интерфейса GREEN2
21	Сигнал RGB интерфейса BLUE1
22	Сигнал RGB интерфейса GREEN1
23	Сигнал RGB интерфейса BLUE0
24	Сигнал RGB интерфейса GREEN0
25	GP119 от LPC3250
26	Сигнал RGB интерфейса RED7
27	GPO23 от LPC3250
28	Сигнал RGB интерфейса RED6
29	GP103 от LPC3250
30	Сигнал RGB интерфейса RED5
31	SYSRES от LPC3250
32	Сигнал RGB интерфейса RED4
33	TST CLK2 от LPC3250
34	Сигнал RGB интерфейса RED3
35	LCDCLKIN от LPC3250
36	Сигнал RGB интерфейса RED2
37	OE_ACD от LPC3250
38	Сигнал RGB интерфейса RED1
39	HSYNC от LPC3250
40	Сигнал RGB интерфейса RED0
41	LCDON от LPC3250
42	LCDLE от LPC3250
43	UART5 TX
44	VSYNC от LPC3250
45	UART5 RX
46	LSCLK от LPC3250
47	Сигнал CLK интерфейса SPI
48	LCD_CS от LPC3250
49	Сигнал MOSI интерфейса SPI
50	LCD_MISC от LPC3250
51	Сигнал MISO интерфейса SPI
52	Сигнал SCL интерфейса I ² C
53	Общий
54	Сигнал SDA интерфейса I ² C
55	AUX_IN
56	Общий
57	Сигнал сенсорного экрана Y2
58	Сигнал сенсорного экрана Y1
59	Сигнал сенсорного экрана X2
60	Сигнал сенсорного экрана X2

ственно из памяти NAND- или SPI-Flash, поэтому для запуска программа должна быть скопирована во внутреннее или внешнее ОЗУ. Этим занимается встроенный в LPC2350 фирменный начальный загрузчик, который находится в небольшой области постоянной памяти микроконтроллера, недоступной для изменения обычными средствами.

Начальный загрузчик всегда исполняется после сброса или подачи питания на микроконтроллер. В его обязанности входит определение, какие внешние ИС подключены к микроконтроллеру и в какой из них находится код, пригодный к исполнению. Если загрузчик обнаружил исполняемый код, то он переписывает его во внутреннее ОЗУ микроконтроллера и передаёт ему управление.

Чтобы код был идентифицирован как исполняемый, он должен быть записан на внешней ИС с расположением служебной информации по соответствующим адресам. Среда разработки MDK-ARM предоставляет для записи исполняемого кода во флэш-память плат сервис подключаемых модулей-программаторов. Для каждой платы требуется свой модуль-программатор, поскольку он должен учитывать специфику именно тех ИС, которые установлены на плату. Для ARMGeoSpyder2 предоставляется два модуля-программатора: для записи в SPI-Flash и для записи в NAND-Flash. Процесс программирования в среде MDK-ARM осуществляется через JTAG-интерфейс. Соответственно, для прямого программирования ИС на плате ARMGeoSpyder2 необходимо иметь JTAG-адаптер. Список поддерживаемых JTAG-адаптеров для программирования можно найти в документации MDK-ARM. Некоторые из них можно собрать самостоятельно.

Как следует из описания работы фирменного начального загрузчика, он переписывает исполняемый код ограниченного размера только во внутреннее ОЗУ микроконтроллера. Реальные приложения для LPC3250 требуют гораздо большего объёма памяти для своего кода. Поэтому пользователь должен позаботиться о создании вторичного загрузчика, который продолжил бы загрузку всего объёмного приложения во внешнее ОЗУ. Для ARMGeoSpyder2 такой

загрузчик уже создан и называется GSBoot.

Вторичный загрузчик GSBoot выполняет гораздо больше функций, чем какой-либо известный загрузчик для плат такого класса. Достаточно сказать, что он может найти и загрузить защищённые шифрованием образы пользовательской программы с удалённых FTP-серверов, используя каналы связи GPRS. Также он может загружать образы операционных систем Windows CE или Linux и заменять собой штатные загрузчики этих операционных систем, такие как Uboot и Windows boot. Загрузчик GSBoot инициализирует внешнюю память DDRAM, подсистему тактирования микроконтроллера, карту microSD и другие важные подсистемы, поэтому пользовательской программе не приходится повторно выполнять эти действия.

Благодаря GSBoot, пользователь освобождается от изучения инициализации таких сложных узлов, как DDRAM и подсистема тактирования микроконтроллера LPC3250. Загрузка пользовательских программ с карты microSD также производится под непосредственным управлением GSBoot, который занимает объём около 1,5 Мб и может размещаться как в памяти SPI-Flash, так и в NAND-Flash. Пользователь при желании может блокировать работу GSBoot, переписав содержимое этих ИС.

При создании надёжного программного обеспечения может потребоваться очень часто загружать и включать в отладочном режиме пользовательские приложения. Чем быстрее загружается приложение, тем большее количество загрузок можно произвести. Поскольку отладка программного обеспечения – это итеративный процесс, важна экономия даже нескольких секунд. В этом случае будут полезны профессиональные USB-JTAG-адаптеры с высокой скоростью загрузки. Наиболее известными приборами такого класса являются USB JTAG-адаптеры J-Link фирмы Segger. Эти адаптеры для учебных целей продаются весьма недорого (примерно за 50 евро) и полностью совместимы со средой MDK-ARM. С помощью адаптера J-Link программу с высокой скоростью можно загрузить непосредственно во внутреннее ОЗУ микроконтроллера или во внешнюю память DDRAM.

Загрузка в ОЗУ производится гораздо быстрее, чем во флэш-память, поскольку не требует процедуры программирования данных. При этом не уменьшается ресурс количества перезаписей флэш-памяти. С помощью этого же адаптера может быть запрограммирован и вспомогательный микроконтроллер.

Архитектура контроллера ARMGeoSpyder2 обладает таким объёмом ресурсов, который, с одной стороны, позволяет отказаться от трудоёмких оптимизаций по скорости и объёму кода при разработке приложений, работающих в жёстком реальном времени, с другой стороны – обойти ограничения операционных систем типа Windows CE по реактивности, предлагая вспомогательный микроконтроллер для обслуживания быстрых сигналов.

Для контроллера ARMGeoSpyder2 одинаково хорошо подходят и сертифицированные операционные системы реального времени, такие как uCOS-II, и операционные системы общего применения вроде Linux. Контроллер легко программируется и без применения операционных систем, поскольку его аппаратная часть «прозрачна» и полностью документирована.

В дополнительных материалах, поставляемых с платой, можно найти следующие демонстрационные проекты:

- тесты производительности микроконтроллера Whetstone, Dhrystone, CoreMark;
- тест чтения, стирания и записи SPI-Flash;
- тест работоспособности и быстродействия DDRAM;
- тест модуля MMU микроконтроллера;
- тест памяти NAND-Flash с выдачей списка плохих блоков;
- тест скорости переключения внешнего дискретного сигнала;
- оптимизированный драйвер для работы с картой microSD;
- пример работы с 24-битным TFT-дисплеем с сенсорным экраном;
- пример работы операционной системы из библиотеки RL-ARM.

Более подробную информацию о микроконтроллере ARMGeoSpyder2 и другие демонстрационные примеры можно найти на интернет-странице производителя www.indemsys.ru.

