

Проект ARMGeoSpyder 3 для современных приложений M2M

Александр Елисеев (Литва)

В статье описывается многофункциональная плата ARMGeoSpyder3, выполненная на микроконтроллерах с ядром ARM.

Плата оптимизирована для рынка устройств и средств малой промышленной и бытовой автоматизации. Особое внимание уделено поддержке различных коммуникационных интерфейсов и работе с интернет-сервисами.

ВВЕДЕНИЕ

Проект ARMGeoSpyder3 представляет собой дальнейшее развитие идеи многофункциональной встраиваемой системы, предназначенной для быстрой разработки решений по автоматизации задач удалённого управления и наблюдения за различным оборудованием, промышленными установками, автотранспортом, бытовым оборудованием и прочими стационарными и подвижными объектами на базе современных беспроводных и интернет-технологий. Решения такого рода называют технологиями Machine-to-Machine (M2M).

В последнее время, с появлением облачных интернет-сервисов, задача развёртывания и применения M2M-технологий упрощается. Однако это не относится к устройствам, реализующим данную технологию: их комплексность неуклонно повышается, следуя за усложнением приложений, протоколов связи и увеличивающимся разнообразием локальных интерфейсов.

Плата ARMGeoSpyder3 разрабатывалась с учётом требований прозрачности внутреннего устройства контроллера M2M и высокой надёжности его работы – с одной стороны, и к поддержке современных коммуникационных протоколов и беспроводных интерфейсов – с другой.

Возможности платы ARMGeoSPYDER3

Ориентация платы на технологию M2M обуславливает наличие определённых интерфейсов: GSM/GPRS, Ethernet, RS-485 и CAN, локальных RS-232, USB и специализированного 1-Wire, а также звукового интерфейса и цифроаналоговых входов и выходов. Также предусмотрено питание от литие-

вого аккумулятора, встроенное высоконадежное зарядное устройство, гибкие средства управления потребляемой мощностью, энергонезависимые часы реального времени и возможность полного перепрограммирования собственного программного обеспечения через Интернет.

Модуль GSM фирмы Telit, применённый на плате, характеризуется высоким качеством и разнообразием функций. Особенностью модуля является наличие цифрового звукового интерфейса, позволяющего передавать сигнал в модуль и обратно без посторонних шумов, характерных для стандартных микроконтроллерных плат. Модуль оснащён полным стеком протоколов TCP/IP и такими интересными функциями, как декодирование DTMF-сигналов и выполнение пользовательских программ с использованием интерпретатора языка сценариев. Модуль сертифицирован для работы во многих странах мира, что обеспечивает беспроводной выход в Интернет практически в любом месте земного шара.

Интерфейс Ethernet 10/100Base-T выполнен на одной из самых экономичных ИС и имеет функцию автоматического распознавания типа кабеля (прямой или перекрёстный). Для связи с локальными устройствами используются интерфейсы CAN и RS485. Микросхема драйвера RS485 способна поддерживать до 256 устройств на шине и работать на скорости до 20 Мбит/с.

Для применения на подвижных объектах плата оснащена встроенным модулем GPS LEA-6S. Модуль имеет низкое энергопотребление и высокую чувствительность. Стандартный форм-фактор обеспечивает возможность обновления до совместимости с GLONASS.

Для систем сбора данных о температуре с большого количества датчиков или для систем контроля доступа или охранных систем с использованием электронных ключей iButtons используется интерфейс 1-Wire. Плата обеспечена аппаратным драйвером данного интерфейса, полностью отвечающего всем требованиям стандарта.

При разработке платы учитывалось, что нарастающая сложность современных технологий Интернет требует использования развитых операционных систем, таких как Linux, Windows, QNX и т.д. с сохранением возможности обработки полевых интерфейсов и внешних сигналов в реальном времени. Без значительных усилий по переработке программного обеспечения и нежелательных компромиссов это возможно реализовать с использованием двух или более микроконтроллеров. Плата содержит микроконтроллер LPC3250 с ядром ARM9, менеджером виртуальной памяти и большим объёмом внешней памяти, пригодным для запуска полнофункциональных операционных систем. Кроме того, на плате находится микроконтроллер серии STM32F2xx с ядром ARM Cortex-M3, адаптированный для обработки сигналов под управлением простейшей операционной системы реального времени.

Интерфейс пользователя предусматривает возможность подключения TFT-дисплея 320 × 240 пикселей с глубиной цвета до 24 бит и сенсорным экраном. Встроенный звуковой усилитель мощностью до 2 Вт обеспечивает прямое подключение громкоговорителей, а встроенный ненаправленный микрофон подключается как к центральному микроконтроллеру, так и к модулю GSM.

Такое богатое оснащение позволяет использовать плату в широком спектре приложений. Это, в первую очередь, различные системы сбора телеметрической информации, логгеры, телематические системы, программируемые логические контроллеры, охранные системы, системы контроля доступа, шлюзы для доступа внешних устройств в Интернет через полевые ши-

ны или Ethernet, информационные панели, голосовые оповещатели и др. В таблице 1 приведены основные характеристики платы ARMGeoSpyder3.

Конструкция платы

Плата ARMGeoSpyder3 имеет шесть слоёв металлизации, два из которых являются сплошными слоями питания и земли. Топология проводников оптимизирована с учётом минимизации электромагнитной восприимчивости к помехам, обеспечения электромагнитной совместимости радиочастотных модулей и отвода тепла от силовых компонентов. Габариты платы ARMGeoSpyder3 (см. рис. 1) адаптированы для размещения в алюминиевом корпусе 1455P1601 фирмы Hammond Manufacturing.

На рисунке 2 показана плата в корпусе. Алюминиевый корпус 1455P1601 обеспечивает надёжное экранирование, хороший теплоотвод и оставляет достаточно места для дополнительных плат и аккумулятора.

Архитектура платы

На рисунке 3 показана упрощённая структурная схема платы, которая содержит два микроконтроллера, связанных между собой последовательными интерфейсами SPI и UART. Микроконтроллер LPC3250, выполненный на ядре ARM9, обладает сравнительно большой вычислительной мощностью и ресурсами памяти. В нём реализуется основное приложение и пользовательский интерфейс. К этому микроконтроллеру подключены основные интерфейсы, такие как USB, Ethernet, SDIO, беспроводные модули GSM, GPS и графический дисплей через 24-битный RGB-интерфейс. В простейшем случае для разработки приложения на базе платы можно обойтись только программированием этого микроконтроллера.

Однако, большой объём разнородного программного обеспечения плохо сказывается на характеристиках, связанных с обработкой сигналов в реальном времени и на надёжности работы системы в целом. Устройства M2M нередко предназначены для обработки сигналов, исходящих от различных датчиков или приходящих с полевых шин, а также формирования ответных сигналов. С такой задачей гораздо лучше справится отдельный микроконтроллер с архитектурой, адаптированной для детерминирован-

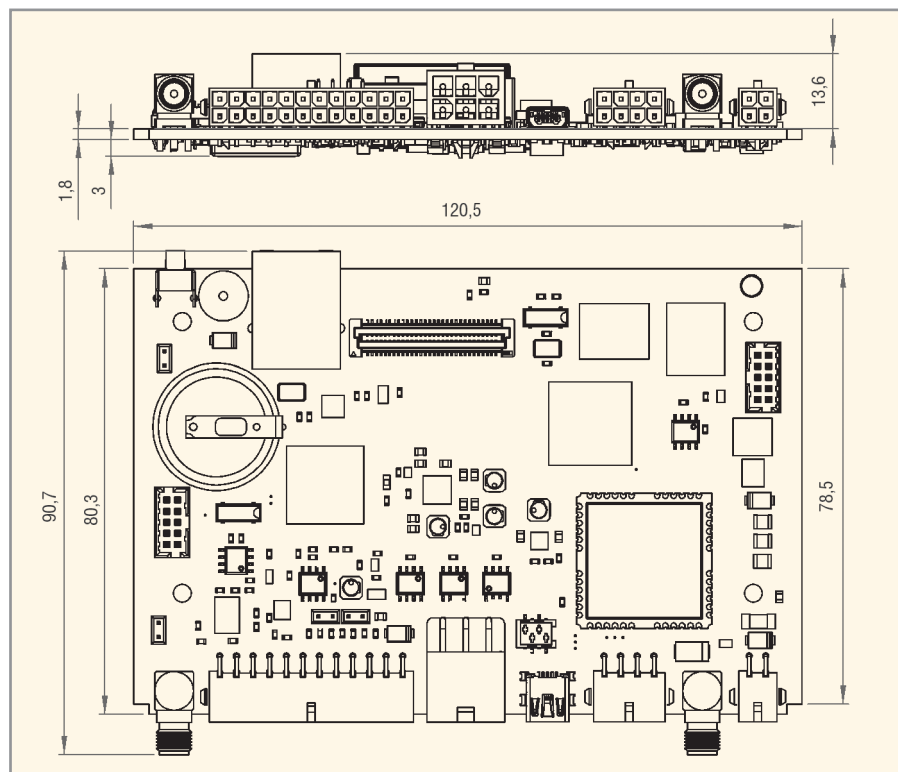


Рис. 1. Габариты платы ARMGeoSpyder3

ной обработки сигналов. В данном случае использован микроконтроллер семейства STM32F2xx с ядром ARM Cortex-M3, являющийся модернизацией популярного семейства STM32F1xx.

Микроконтроллеры семейства STM32F2xx отличаются высокой надёжностью, широким температурным диапазоном, низким потреблением, высоким быстродействием и сертифицированы для применения в бортовой

аппаратуре транспортных средств. На плате ARMGeoSpyder3 микроконтроллер STM32F205VBT6 выполняет обслуживание аналого-цифровых входов, дискретных выходов, обрабатывает сигналы с трёхосевого акселерометра, следит за поддержанием режимов разряда-заряда литиевого аккумулятора, работает с интерфейсами полевых шин RS-485 и CAN, обслуживает цифровой звуковой интерфейс модуля

GSM и содержит энергонезависимые часы реального времени. Таким образом, данный микроконтроллер снимает значительную вычислительную нагрузку с основного микроконтроллера. В дополнение к этому, микроконтроллер STM32F205VBT6 управляет всеми линиями питания микроконтроллера LPC3250. В случае необходимости он может полностью отключить питание от всей подсистемы микроконтроллера LPC3250, снизив потреб-

ление до уровня, недостижимого в обычных однопроцессорных системах на ARM9 при сохранении приемлемой функциональности. Дополнительными преимуществами использования второго микроконтроллера являются возможность защиты программного обеспечения и реализация мониторинга основного микроконтроллера.

Интерфейс UART предназначен для передачи асинхронных управляющих

сообщений между узлами. Интерфейс SPI, как более быстросействующий, может быть использован для пересылки больших объемов однородной информации с применением механизмов прямого доступа к памяти по схеме ведущий-ведомый. Это может быть необработанный поток выборок со встроенного в STM32F205VBT6 12-битного АЦП, ретрансляция цифрового звука с модуля GSM и т.п.

Особенностью платы является наличие прецизионного аппаратного монитора литиевого аккумулятора. Известно, что литий-ионные или литий-полимерные аккумуляторы очень чувствительны к режиму эксплуатации и неправильный их заряд или разряд может приводить к разрушительным последствиям. Наличие на плате аппаратного монитора, защищающего как от перезаряда, так и от переразряда, а также от перегрузок по току и напряжению, позволяет применять аккумуляторы такого типа, в том числе, без встроенной защиты.

Монитор аккумулятора на микросхеме DS2762AE+ при необходимости может полностью отключить аккумулятор от схемы, оставив незначительный ток утечки – не более 2 мкА. Но даже при полностью отключённом аккумуляторе и без внешнего питания микроконтроллер STM32F205VBT6 способен через заданный промежуток времени снова подключить аккумулятор к схеме благодаря активному модулю часов реального времени. Возобновить подачу питания от аккумулятора можно и кнопкой включения/выключения/сброса на плате. Микросхема DS2762AE+ управляется по цифровому интерфейсу 1-Wire и содержит доступные для считывания данные о токе, напряжении и текущем уровне заряда аккумулятора.

Организация питания платы

Плата получает питание от внешнего источника или от аккумулятора. Аккумулятор не является обязательным элементом – часы реального времени имеют собственный источник питания. Внешнее питание на плату подаётся с разъёма X2. Напряжение питания может находиться в диапазоне от 8 до 30 В. Входные цепи питания защищают плату от перенапряжения и переплюсовки. Для защиты от перегрузок по току на плате впаян плавкий предохранитель. За уровнем напряжения на входе следит микроконтроллер

Таблица 1. Основные параметры платы

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 памяти SPI Flash	До 8 Мб
Объём внешней памяти NAND Flash	До 256 Мб
Тип вспомогательного микроконтроллера	STM32F205VBT6
Тактовая частота вспомогательного микроконтроллера	До 120 МГц
Интерфейсы	
Интерфейс I ² C	1
Интерфейс SPI	1
Интерфейс CAN	1
Интерфейс RS-232	2
Интерфейс USB 2.0 host/OTG FS до 12 Мбит/с с защитой от перегрузок	1
Интерфейс 10/100Base-T	1
Интерфейс RS-485	1
Интерфейс 1-Wire	1
Интерфейс карты microSD	1
Интерфейс 24-битного TFT-дисплея с каналом управления по I ² C или SPI и сенсорным экраном	1
Интерфейс сопроцессора ввода/вывода по UART	1
Отладочный JTAG-интерфейс для LPC3250	1
Отладочный JTAG-интерфейс для STM32F205VBT6	1
Звуковой интерфейс на базе кодера WM8978GEFL/V с 5-полосным аппаратным эквалайзером, заградительным фильтром и усилителем 2 Вт	1
Энергонезависимые часы реального времени с отдельным перезаряжаемым литиевым элементом питания	1
Цифроаналоговые входы с разрешением 12 бит	7
Дискретные выходы типа общий коллектор	3
Дифференциальный драйвер для питания двухцветного светодиода	1
3-осевой акселерометр	1
Встроенный микрофон	1
Встроенный зуммер	1
GSM-модуль Telit GL865 с подключением внешней антенны	1
GPS-модуль u-Blox LEA-6S с подключением внешней антенны	1
Держатель SIM-карты	1
Интерфейс заряда литиевых аккумуляторов с датчиком температуры	1
Другие параметры	
Напряжение питания	9...30 В
Пиковая мощность при активизации всей периферии	< 3 Вт
Температура эксплуатации	-10...+40°C
Габариты	120,5 х 80,3 мм
Вес платы	86 г
Каналы автозагрузки центрального микроконтроллера	NAND flash, SPI Flash, UART, microSD
Встроенное зарядное устройство для Li-Ion аккумуляторов	3,1...4,2 В, до 4 Ач

STM32. Входное напряжение преобразуется к более низкому уровню импульсным преобразователем на ИС типа LM22676MRE-ADJ, способной выдавать средний ток до 3 А.

Выходное напряжение преобразователя (VBATT, см. рис. 3) регулируется цифровым потенциометром по шине I²C с микроконтроллера STM32. При наличии литиевого аккумулятора напряжение выставляется таким образом, чтобы обеспечить необходимый режим заряда или покоя аккумулятора, но не менее 3,3 В. Этого достаточно, чтобы сформировать основное (3 В) и вспомогательные напряжения питания системы при помощи многоканального контроллера питания на ИС TPS65024RHBT и линейного стабилизатора MCP1801T-3002. В отсутствие аккумулятора выходное напряжение преобразователя устанавливается на уровне 4,2 В. Напряжение VBATT подключено напрямую к радиоканалу модуля GSM, что ограничивает диапазон изменения данного напряжения.

Многоканальный контроллер питания TPS65024RHBT формирует весь

набор напряжений, требуемых для питания микроконтроллера LPC3250. Этот узел питания может быть полностью выключен сигналом с микроконтроллера STM32, например, при переходе в режим пониженного энергопотребления или для полного сброса LPC3250 с обесточиванием, что помогает повысить жизнеспособность системы в экстремальных условиях эксплуатации. При переводе схемы в режим сна и активном входном преобразователе минимальный ток потребления от внешнего источника составляет 4,7 мА.

Литиевый аккумулятор подключается к плате через разъём X3. Аккумулятор должен быть снабжён терморезистором с отрицательным ТКС и номиналом 10 кОм для правильного измерения температуры, которая является важным показателем, влияющим на выбор режима заряда. При определённых поправках и в отсутствие терморезистора на аккумуляторе, значение температуры можно получить с датчика температуры в микроконтроллере STM32 и датчика температуры в микросхеме DS2762AE+.

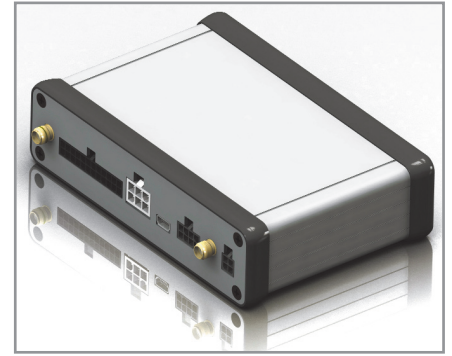


Рис. 2. Плата ARMGeoSpider3 в корпусе

Микросхема DS2762AE+ выполняет важнейшие функции защиты аккумулятора от перегрузок, перенапряжения и контроля состояния, а также управляет двумя внешними ключами на транзисторах, которые отключают или подключают аккумулятор к схеме. Микросхема имеет крайне низкое потребление в режиме сна (не более 2 мкА) и практически не разряжает аккумулятор в выключенном состоянии. Микросхема управляется по интерфейсу 1-Wire от микроконтроллера STM32, на который возложена поддержка процесса разряда-заряда аккумулятора. Такая архитектура позволяет

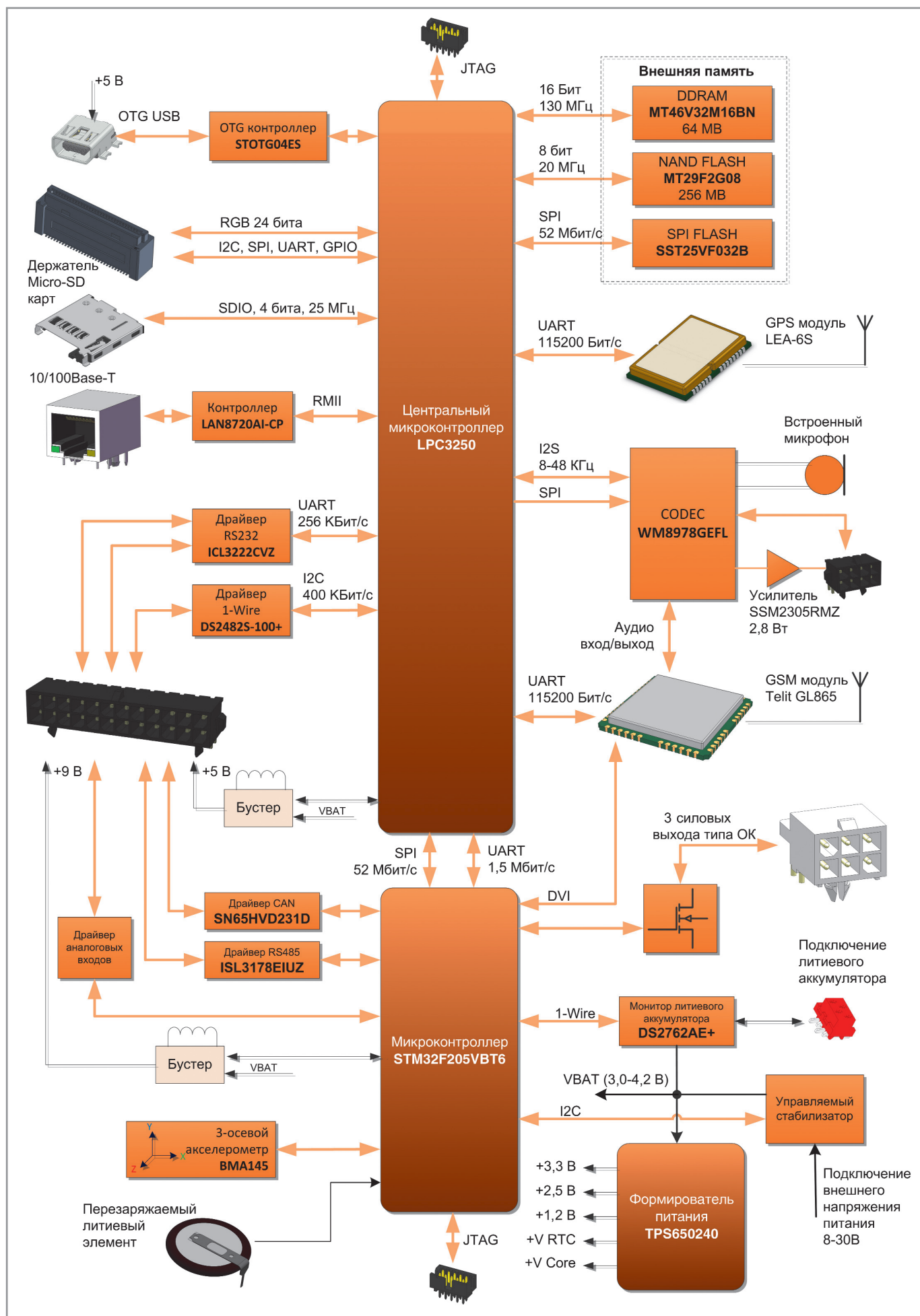


Рис. 3. Упрощённая структурная схема платы

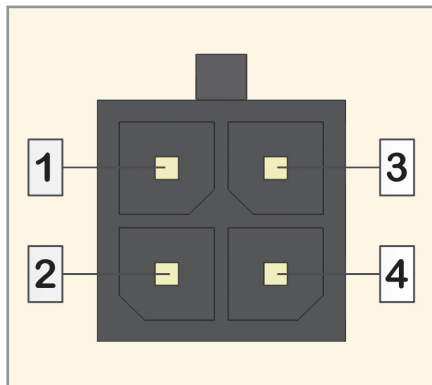


Рис. 4. Цоколёвка разъёма X2

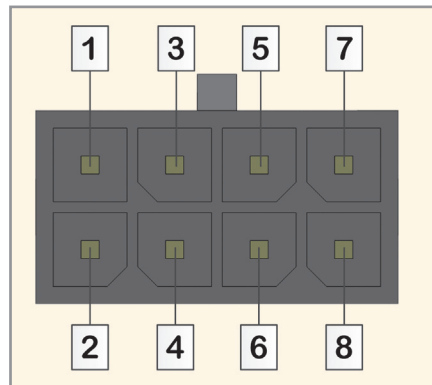


Рис. 5. Цоколёвка разъёма X4

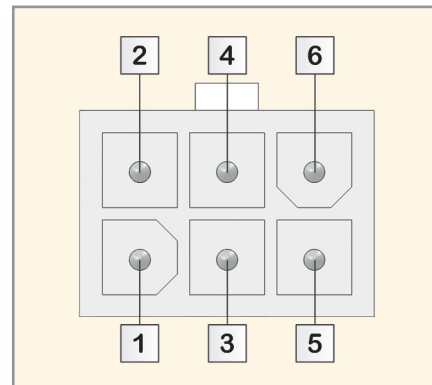


Рис. 6. Цоколёвка разъёма X9

программным способом выключать схему и включать её вновь через длительные промежутки времени, вплоть до года и более.

На плате установлена единственная кнопка, подключённая к DS2762AE+ и к микроконтроллеру STM32. Этой кнопкой в любой момент можно подключить аккумулятор к полностью отключённой схеме, а программная поддержка со стороны STM32 позволяет либо полностью отключить схему от аккумулятора, либо сделать кратковременный сброс, что зависит от длительности нажатия кнопки.

Для интерфейсов USB или RS-232 требуется питание более 3 В. Поэтому на плате установлены два повышающих преобразователя на 5 и 9 В. Напряжение 9 В выведено на внешний разъём X10 для питания внешних датчиков и устройств.

Некоторые, наиболее потребляющие, узлы платы могут быть индивидуально отключены от питания. В их числе цифровая часть модуля GSM, модуль GPS, контроллер Ethernet, повышающие преобразователи, звуковой усилитель, дисплей и центральный микроконтроллер LPC3250. Контроллер USB, драйверы CAN и RS-485, акселерометр и микроконтроллер STM32 могут быть переведены в режим сна.

Подзаряжаемый литиевый элемент на плате питает узел часов реального времени в микроконтроллере STM32. Часы реального времени микроконтроллера STM32 формируют внешний сигнал, который пробуждает микросхему DS2762AE+ и подключает аккумулятор при выводе схемы из отключённого состояния.

Сброс и начальная загрузка

После подачи питания на плату (от аккумулятора или внешнего источника) запускается микроконтроллер

STM32, выполняя записанную в его внутреннюю флэш-память программу. Затем микроконтроллер STM32 включает питание на микроконтроллере LPC3250 и спустя некоторое время снимает сигнал сброса. В микроконтроллере LPC3250 есть внутреннее ПЗУ, содержащее код первичного загрузчика, которому передаётся управление после сброса. Этот первичный загрузчик (bootstrap) последовательно пытается осуществить загрузку пользовательской программы из четырёх разных источников: UART5, SPI Flash, внешнего ОЗУ и MLC NAND Flash.

Интерфейс UART5 выведен на разъём X10, и можно воспользоваться программами для ПК от компании NXP, чтобы загрузить в ИС свою программу. Но по умолчанию используется загрузка из SPI Flash. Первичный загрузчик переписывает код программы из SPI Flash во внутреннее ОЗУ микроконтроллера LPC3250. Поскольку объём внутреннего ОЗУ ограничен, переписывается не более 56 Кб. Далее управление передаётся по начальному адресу внутреннего ОЗУ, куда были переписаны данные. Как правило, это ещё не конечное пользовательское приложение, поскольку его объём слишком мал. На плате ARMGeoSpyder3 по умолчанию это будет вторичный загрузчик, который инициализирует ИС внешней памяти DDRAM и SLC NAND

Flash. На этом этапе программа, выполняемая во внутреннем ОЗУ микроконтроллера, переписывает программу пользователя из NAND Flash в DDRAM. По окончании перезаписи управление передаётся программе пользователя в DDRAM. На этом процесс загрузки может не закончиться, и программа пользователя, уже имеющая большие размеры и способная поддерживать файловые системы, может начать загрузку следующего уровня программного обеспечения из карты памяти SD или других каналов, например Интернет.

Первичная запись программного обеспечения в STM32 осуществляется через интерфейс JTAG, а программное обеспечение для микроконтроллера LPC3250 может быть записано посредством UART или JTAG.

Подсистема памяти

Микроконтроллер STM32 имеет внутреннюю флэш-память объёмом 128 Кб и внутреннее ОЗУ объёмом 64 Кб. Внутреннюю флэш-память при необходимости можно защитить от считывания. В семействе микроконтроллеров STM32F2xx есть совместимые по корпусу ИС с большими ресурсами памяти, вплоть до 1 Мб типа флэш, которые могут быть установлены на плате вместо STM32F205VBT6.

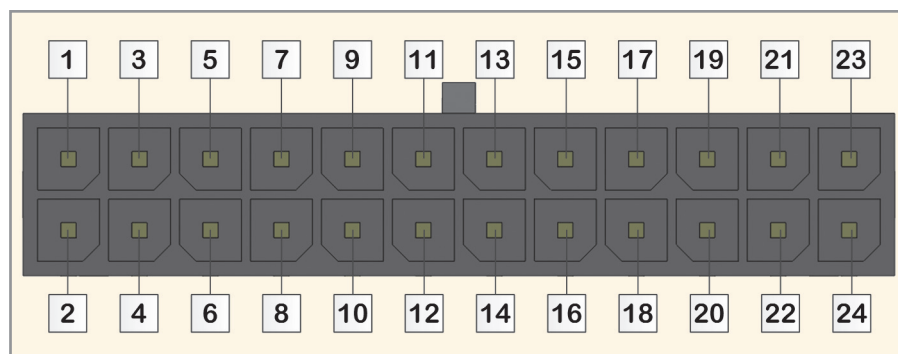


Рис. 7. Цоколёвка разъёма X10

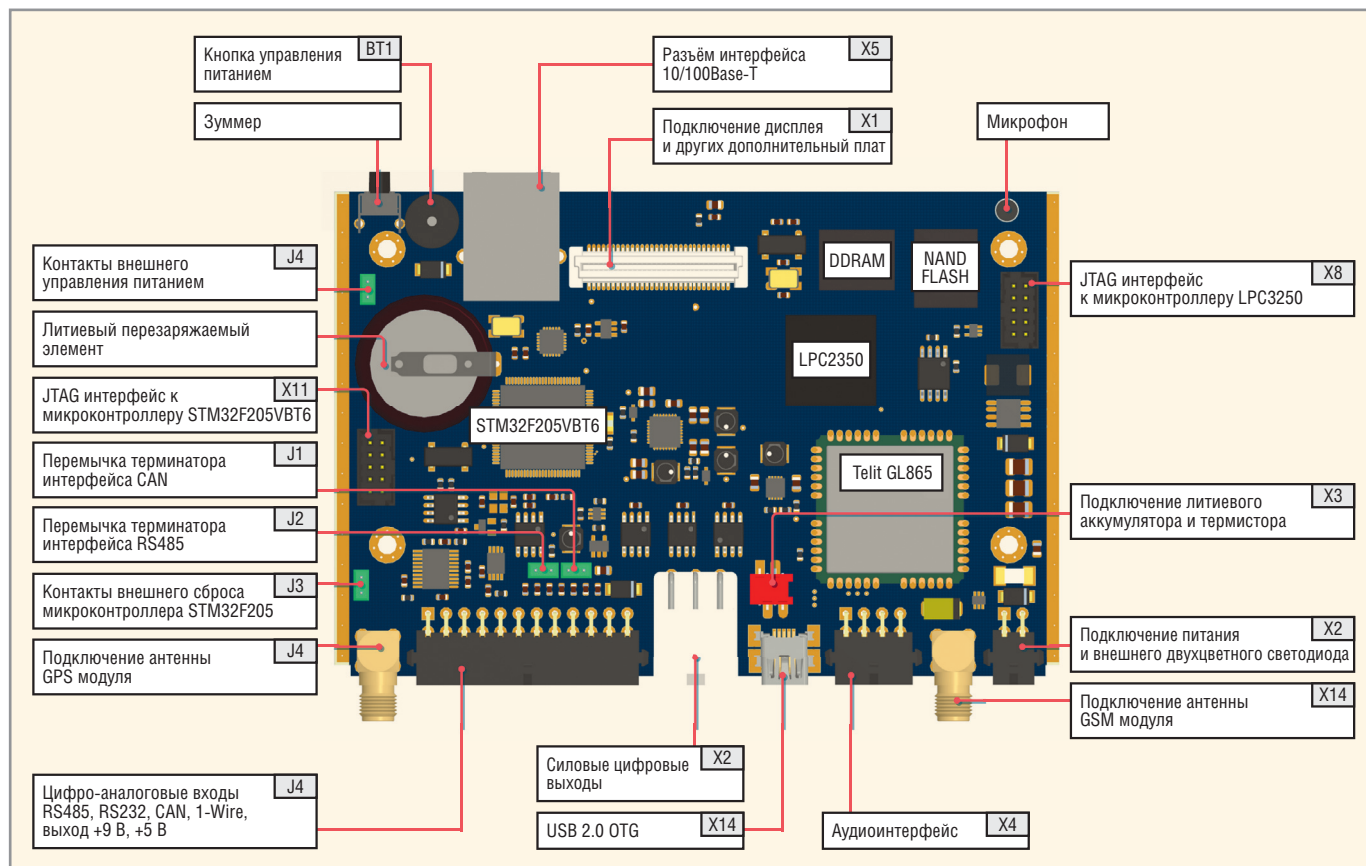


Рис. 8. Расположение разъёмов на верхней стороне платы

В микросхеме LPC3250 программа хранится во внешнем ПЗУ или ОЗУ и выполняется, чаще всего, из внешнего ОЗУ. В качестве внешнего ОЗУ использована ИС DDRAM MT46V32M16BN с 16-битной шиной, ёмкостью 512 Мбит, которая питается напряжением 2,5 В и тактируется частотой 133 МГц. Микроконтроллер LPC3250 имеет весьма эффективный контроллер памяти DDR с возможностью точной ка-

либровки длительностей управляющих сигналов, которая реализована во вторичном загрузчике платы ARMGeoSpyder3.

Для хранения программ и данных большого объёма на плате установлена микросхема NAND flash типа MT29F2G08ABAЕАН объёмом 256 Мбит, которую можно использовать для основной программы пользователя и для организации надёжных файловых сис-

тем. Микросхема имеет 8-разрядную шину, и обращение к ней происходит с частотой около 20 МГц.

Микросхема SPI flash SST25VF032 на плате ARMGeoSpyder3 содержит вторичный загрузчик. Как менее подверженная износу, эта ИС является более надёжной для хранения критических данных. При необходимости функции этой ИС может взять на себя микроконтроллер STM32, поскольку он соединён с LPC3250 той же шиной SPI.

ВНЕШНИЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ПЛАТЫ

На рисунках 4 – 7 приведены цоколёвки разъёмов платы. На рисунках 8 и 9 показано расположение разъёмов на плате, а в таблицах 2 – 8 описано назначение их выводов. Основным элементом подключения внешних устройств является разъём X10. На нём сконцентрированы интерфейсы шин CAN, RS485, RS232, 1-Wire, линии аналого-цифровых входов и выходные линии питания внешних устройств.

Интерфейс Ethernet

Интерфейс Ethernet (разъём X5) поддерживает стандарты 10/100Base-T/TX/T4 передачи данных по витой паре со скоростями 10 и 100 Мбит/с.

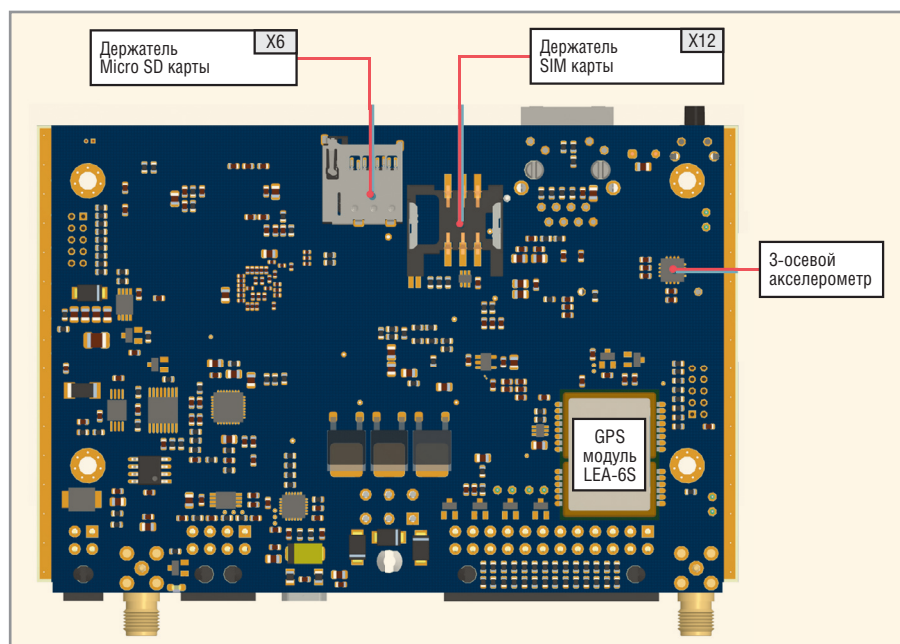


Рис. 9. Расположение разъёмов на нижней стороне платы

Разъём интерфейса интегрирован с трансформатором и снабжён светодиодной индикацией наличия и типа соединения. Контроллер физического уровня интерфейса выполнен на ИС LAN8720AI-CP, которая отличается пониженным напряжением питания 3,3 В и низким энергопотреблением. Кроме того, на плате предусмотрены средства полного отключения питания интерфейса Ethernet.

Микросхема LAN8720AI-CP связана с микроконтроллером LPC3250 специальным интерфейсом Reduced Media Independent Interface (RMII), который характеризуется уменьшенным количеством линий связи и, соответственно, меньшим уровнем электромагнитного излучения.

Интерфейс GSM/GPRS

В качестве модуля GSM/GPRS применяется модуль фирмы Telit GL865-DUAL. Основные параметры модуля:

- частотный диапазон GSM 900/1800 МГц;
- управление AT-командами по последовательному интерфейсу со скоростью до 115 200 бит/с;
- класс GPRS 10;
- напряжение питания 3,22...4,5 В;
- потребление в режиме сна 1,5 мА;
- потребление в выключенном состоянии <5 мкА.

Модуль связан с микроконтроллером LPC3250 интерфейсом UART и сохраняет работоспособность до температуры –40°C. Среди интересных особенностей модуля можно назвать:

- функция обнаружения подключения антенны;
- дешифратор сигналов DTMF;
- цифровой звуковой интерфейс;
- функция сканирования частот GSM с выдачей информации о базовых станциях, находящихся в пределах радиовидимости модуля даже без установленной SIM-карты;
- встроенный стек протоколов TCP/IP;
- встроенный интерпретатор пользовательских сценариев на языке Python;
- функция обнаружения глушения.

На плате ARMGeoSpyder аналоговый звуковой интерфейс модуля подключен к аудиокодеку, а цифровой интерфейс – к микроконтроллеру STM32. Такое разделение позволяет гибко коммутировать различные звуковые каналы на плате и снижать общую нагрузку на микроконтроллер, частично перемещая обработку звукового сигнала в STM32.

Интерфейс GPS

Модуль GPS LEA-6S фирмы u-blox является малопотребляющим и высокочувствительным приёмником сигналов

GPS. Модуль выполнен в стандартном форм-факторе и может быть заменён на модули LEA-5 или LEA-4. Модуль совместим с технологией A-GPS, которая

Таблица 2. Разъём X2. Подача питания

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

Таблица 3. Разъём X4. Звуковой интерфейс

Номер вывода	Назначение
1	Вывод сигнала LIP дифференциального микрофонного входа кодека
2	Вывод сигнала LIN дифференциального микрофонного входа кодека
3	Аналоговая земля микрофонного входа
4	Земля линейных выходов
5	Вывод сигнала OUT3 кодека
6	Вывод сигнала OUT4 кодека
7	Вывод сигнала OUT– дифференциального выхода усилителя низкой частоты мощностью 2,8 Вт на нагрузку 4 Ом
8	Вывод сигнала OUT+ дифференциального выхода усилителя низкой частоты

Таблица 4. Разъём X9. Дискретные выходы

Номер вывода	Назначение
1	Общий выхода OUT1
2	Открытый сток выхода OUT1
3	Общий выхода OUT2
4	Открытый сток выхода OUT2
5	Общий выхода OUT3
6	Открытый сток выхода OUT3

Таблица 5. Разъём X10. Интерфейсы и аналоговые входы

Номер вывода	Назначение
1	Вход сигнала RxD интерфейса RS-232, подключённый к UART1 LPC3250
2	Выход сигнала TxD интерфейса RS-232, подключённый к UART1 LPC3250
3	Земля интерфейса RS-232
4	Земля интерфейса RS-232
5	Вход сигнала RxD интерфейса RS-232, подключённый к UART5 LPC3250
6	Выход сигнала TxD интерфейса RS-232, подключённый к UART5 LPC3250
7	Линия В интерфейса RS-485
8	Линия А интерфейса RS-485
9	Земля интерфейса RS-485
10	Земля интерфейса CAN
11	Линия L интерфейса CAN
12	Линия H интерфейса CAN
13	Земля интерфейса 1-Wire
14	Линия данных интерфейса 1-Wire
15	Цифроаналоговый вход 7
16	Цифроаналоговый вход 6
17	Цифроаналоговый вход 5
18	Цифроаналоговый вход 4
19	Цифроаналоговый вход 3
20	Цифроаналоговый вход 2
21	Цифроаналоговый вход 1
22	Земля цифроаналоговых входов
23	Выход напряжения 9 В. Выходной ток не более 800 мА
24	Выходное напряжение 5 В. Выходной ток не более 1 А

Таблица 6. Разъём X1. Интерфейс RGB и дополнительных расширений

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	GPI19 от LPC3250
26	Сигнал RGB интерфейса RED7
27	GPO23 от LPC3250
28	Сигнал RGB интерфейса RED6
29	GPI03 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 I2C
53	Общий
54	Сигнал SDA интерфейса I2C
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

при поддержке GPRS резко уменьшает время от включения модуля до начала поступления информации о координатах.

На плате модуль питается от напряжения 3 В и может быть полностью отключен внешним транзистором. Модуль оснащён узлом питания активной антенны и детектором подключения антенны. Связь модуля с микроконтроллером LPC3250 осуществляется по интерфейсу UART. Модуль работает при температуре до -40°C .

Интерфейс USB

Интерфейс USB выведен на разъём X7. Интерфейс выполнен по спецификации OTG, т.е. может работать и как хост, и как устройство, в зависимости от программных настроек. Скорость интерфейса до 12 Мбит/с. Физический уровень интерфейса реализован на ИС STOTG04ES, которая питается напряжением 3 В и сохраняет работоспособность до температуры -40°C . Конфигурирование ИС осуществляется через интерфейс I²C от микроконтроллера LPC3250. Передача данных между LPC3250 и STOTG04ES производится по специализированному последовательному интерфейсу. При работе в режиме хоста питание 5 В для интерфейса формируется повышающим преобразователем.

Интерфейс RS-485

Интерфейс RS-485 выведен на разъём X10. Интерфейсом управляет микроконтроллер STM32. Драйвер физического уровня выполнен на ИС ISL3178EUIZ. Этот низковольтный, скоростной драйвер способен поддерживать до 256 аналоговых устройств на шине и работать на скорости до 20 Мбит/с. Драйвер соответствует стандартам RS-485 и RS-422 и обеспечен защитами от коротких замыканий и плавающих состояний.

Интерфейс CAN

Интерфейс CAN выведен на разъём X10. Интерфейсом управляет микроконтроллер STM32 в соответствии со спецификацией CAN 2.0B. Максимальная скорость интерфейса составляет 1 Мбит/с. Контроллер интерфейса CAN в микроконтроллере STM32 имеет 28 гибко конфигурируемых банков фильтров и дополнительно оснащён функцией работы в режиме жёсткого реального времени с разделением вре-

мени (Time Triggered Communication option).

Драйвер физического уровня интерфейса CAN выполнен на микросхеме SN65HVD231D, которая питается напряжением 3 В. В спящем режиме ИС потребляет не более 40 нА. Драйвер поддерживает до 120 аналоговых устройств на шине без необходимости использования повторителей сигнала.

Интерфейс 1-Wire

Интерфейс 1-Wire выведен на разъём X10. Интерфейсом управляет микроконтроллер LPC3250 через микросхему DS2482S-100+, которая является мостом между шинами I²C и 1-Wire. По шине I²C микросхема подключается к LPC3250. Такое решение избавляет микроконтроллер от необходимости формирования довольно точных временных диаграмм для шины 1-Wire и при этом обеспечивает полное соответствие спецификации 1-Wire. Внешний коммутирующий ключ на шине 1-Wire позволяет решить проблему скачков потребления в шине для некоторых 1-Wire-устройств и использовать двухпроводное подключение.

Отображение

Интерфейс RGB для подключения TFT-дисплеев выведен на разъём X1. Интерфейс формируется микроконтроллером LPC3250. К интерфейсу можно подключать дисплей с разрядностью до 24 бит и разрешением до 1024×768 пикселей. От дисплея не требуется наличие встроенной памяти. Videобуфер дисплея располагается либо во внутреннем ОЗУ микроконтроллера, либо во внешней памяти DDRAM. Кроме сигналов RGB, на разъём X1 выведены сигналы для работы с сенсорным резистивным экраном и сигналы управляющих интерфейсов SPI, UART, I²C, GPIO, которые могут понадобиться для управления дисплеем и другой периферией на дополнительной плате. Конструктив разъёма X1 выбран таким образом, что подбором ответных частей можно получить точные расстояния между платой ARMGeoSpyder3 и дополнительной платой, подключаемой к X1. В частности, это расстояние может составить 15, 16 или 17 мм.

Звук

Звуковой интерфейс на плате ARMGeoSpyder3 отличается гибкостью. Интерфейс выполнен с использованием

микросхемы кодека WM8978GEFL/V, которая подключается к микроконтроллеру LPC3250 по цифровому двуправленному интерфейсу I2S и поддерживает частоту дискретизации до 48 кГц.

Кодек содержит два цифроаналоговых преобразователя (отношение С/Ш 98 дБ), два аналого-цифровых преобразователя (С/Ш 95 дБ), несколько регулируемых усилителей и мультиплексоров для коммутации каналов, пятиполосный эквалайзер, входной перестраиваемый заградительный фильтр, входной низкочастотный фильтр.

Линии аналоговых сигналов кодека выведены на разъём X4. Они включают один псевдодифференциальный вход, к которому можно подключать микрофон; два линейных выхода, которые можно сконфигурировать как один псевдодифференциальный выход, и дифференциальный выход усилителя класса D мощностью до 2,8 Вт на 4-омную нагрузку.

Кроме этого, на плате расположен микрофон с широкой диаграммой направленности, подключённый к кодеку. Два входа и один выход кодека подключены к GSM-модему. Один из входов подключен к линии зуммера модема. Такая архитектура позволяет реализовать на базе платы ARMGeoSpyder3 диктофон, речевой информатор, удалённое прослушивание (через Интернет), абонентский переговорный модуль, детектор звуковых сигналов, автоответчик и другие приложения, связанные с обработкой звука.

Цифровые выходы

Плата ARMGeoSpyder3 снабжена тремя силовыми дискретными выходами, выполненными на n-канальных МОП-транзисторах IRLR3705ZPBF по схеме с открытым стоком. Выходы защищены от перенапряжения TVS-диодами SMAJ28A. Транзисторы управляются напряжением амплитудой 5 В и в открытом состоянии имеют сопротивление не более 11 мОм. Рекомендуемый средний ток через транзисторы при перегреве платы, не превышающем 10°C, не должен быть выше 3 А. Силовыми выходами управляет микроконтроллер STM32 через линии GPIO, которые одновременно являются универсальными выходами многофункциональных модулей таймеров микроконтроллера. Это позволяет, в част-

ности, формировать на выходах скоростные частотно-модулированные сигналы. Наибольшая частота, достижимая на выходах GPIO микроконтроллеров семейства STM32F2xx, равна 60 МГц.

Аналого-цифровые входы

На разъём X10 выведено семь аналого-цифровых входов. Каждый вход обеспечен резистивным делителем, схемой защиты от перенапряжений и цепью подачи напряжения смещения. При определённой конфигурации входы могут выполнять функции низковольтных дискретных выходов. Входы обслуживает микроконтроллер STM32; 12-разрядный АЦП микроконтроллера обеспечивает выборки с частотой до 2 МГц. Благодаря цепям смещения, входы могут служить как для измерения токов и напряжений, так и для измерения сопротивлений. В частности, к входам можно подключить измерительные терморезисторы. По умолчанию входы сконфигурированы для измерения напряжения до 30 В. Микроконтроллер STM32 имеет два встроенных АЦП, поэтому некоторые пары входов могут обрабатываться синхронно.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Средства разработки и отладки платы ARMGeoSpyder3 аналогичны инструментам, применяемым для предыдущей версии платы ARMGeoSpyder2, и достаточно подробно описаны в СЭ № 2, 2011.

В связи с появлением дополнительного интерфейса Ethernet было модифицировано приложение универсального загрузчика GSBoot. Теперь загрузчик с кодовым названием GSBoot12 способен загружать программное обеспечение одновременно и по Ethernet, и по каналам связи GPRS.

Плата комплектуется программным обеспечением с открытым исходным кодом для обоих микроконтроллеров. В состав программного обеспечения входят:

- проект комплексного тестирования узлов платы с исходными текстами для среды KEIL MDK-ARM v4.22;
- проект модуля программирования SPI Flash на плате для среды KEIL MDK-ARM;
- проект модуля программирования NAND Flash на плате для среды KEIL MDK-ARM;

Таблица 7. Разъём X8.

Интерфейс JTAG микроконтроллера LPC3250

Номер вывода	Назначение
1	Общий
2	TRST (сброс JTAG)
3	TDI
4	TMS
5	TCK
6	RTCK
7	TDO
8	RESET (сброс микроконтроллера)
9	Выход +3 В
10	Общий

Таблица 8. Разъём X11.

Интерфейс JTAG микроконтроллера STM32F205

Номер вывода	Назначение
1	Общий
2	TRST (сброс JTAG)
3	TDI
4	TMS
5	TCK
6	RTCK (не используется)
7	TDO
8	RESET (сброс микроконтроллера)
9	Выход +3 В
10	Общий

Таблица 9. Разъём X3.

Подключение аккумулятора

Номер вывода	Назначение
1	Подключение к плюсу аккумулятора
2	Подключение терморезистора
3	Подключение терморезистора
4	Подключение к минусу аккумулятора

- проект приложения для микроконтроллера STM32F205. Приложение работает на базе операционной системы реального времени, выполняет основные функции управления питанием системы, обрабатывает сигналы на входах и выходах и управляется с основного микроконтроллера LPC3250 приложением GSBoot12. Проект сопровождается исходными текстами и выполнен в среде KEIL MDK-ARM v4.22;
- двоичный образ приложения GSBoot12 с подготовленной структурой данных, записанный на карту памяти на microSD.

В приложении к статье (см. www.soel.ru) приведена принципиальная схема платы и сборочный чертеж.

