

Открытая универсальная платформа ARM-Dominator 4 DoubleGSM для GSM/GPS-мониторинга

Александр Елисеев (г. Вильнюс, Литва)

Платформа ARM-Dominator 4 DoubleGSM представляет собой модульную систему с применением микроконтроллеров семейств STR912 и STM32 фирмы STMicroelectronics. Набор интерфейсов и возможностей специально подобран для изготовления на базе платформы устройств централизованного слежения за транспортными средствами, удалённого управления технологическим оборудованием, охраны, наблюдения погоды, реализации шлюзов Ethernet-GSM/GPRS, мостов SMS-Ethernet, SMS-SMS и т.д. Особые меры предприняты для обеспечения надёжности связи.

ВВЕДЕНИЕ

Набор ARM-Dominator 4 DoubleGSM (в дальнейшем Dominator4) назван платформой потому, что он содержит не только платы с применением высокопроизводительных микроконтроллеров, но и является открытым программно-аппаратным решением, позволяющим с минимальными затратами времени реализовать специализированное устройство, оптимизированное по себестоимости и функциональным возможностям.

Платформа Dominator4 комплектуется схемой, примерами приложений для микроконтроллеров, демонстрациями эффективного использования периферии микроконтроллеров и серверным программным обеспечением для быстрого запуска глобальной сети мониторинга на базе Dominator4.

Как следует из названия платформы, в выборе микроконтроллеров автор отдаёт предпочтение микроконтроллерам на ядре ARM. Это унифицирует средства разработки, упрощая и уско-

ря программирование и отладку систем с применением ассиметричной мультипроцессорности.

Базовой технологией в Dominator4 является GSM. Глобальная связь GSM на сегодняшний день ещё может доставить много неприятных неожиданностей, и одним из способов их нейтрализации является дублирование каналов связи через разные модемы и, желательно, через разных операторов связи. В Dominator4 может быть установлено два равноправных GSM/GPRS-модема. Каждый из них может работать автономно по любому доступному каналу связи: voice, SMS, CSD и GPRS. Например, если Dominator4 установлен на автомобиле и во время движения один из модемов потерял связь с сетью GSM, остаётся возможность передавать данные с другого модема через альтернативного оператора связи.

Модемы GSM постоянно дешевеют и по стоимости приближаются к развитым микроконтроллерам. Поэтому всё более целесообразно применение нескольких модемов вместо нескольких SIM-карт для обеспечения альтернативных каналов связи.

Вторым преимуществом использования двух модемов одновременно является возможность увеличения пропускной способности логического канала связи через GSM в два раза. Возможность работы с несколькими модемами как с одним логическим каналом связи существует во всех современных операционных системах на персональных компьютерах и серверах, однако реализации могут быть разные.

В операционных системах MS Windows это реализуется через механизм виртуальных частных сетей (virtual private network, VPN). В указанном случае в настройках VPN-соединения указывается возможность multi-link-соединений. Увеличение пропускной способности повышает комфортность работы с внешними Ethernet-устрой-

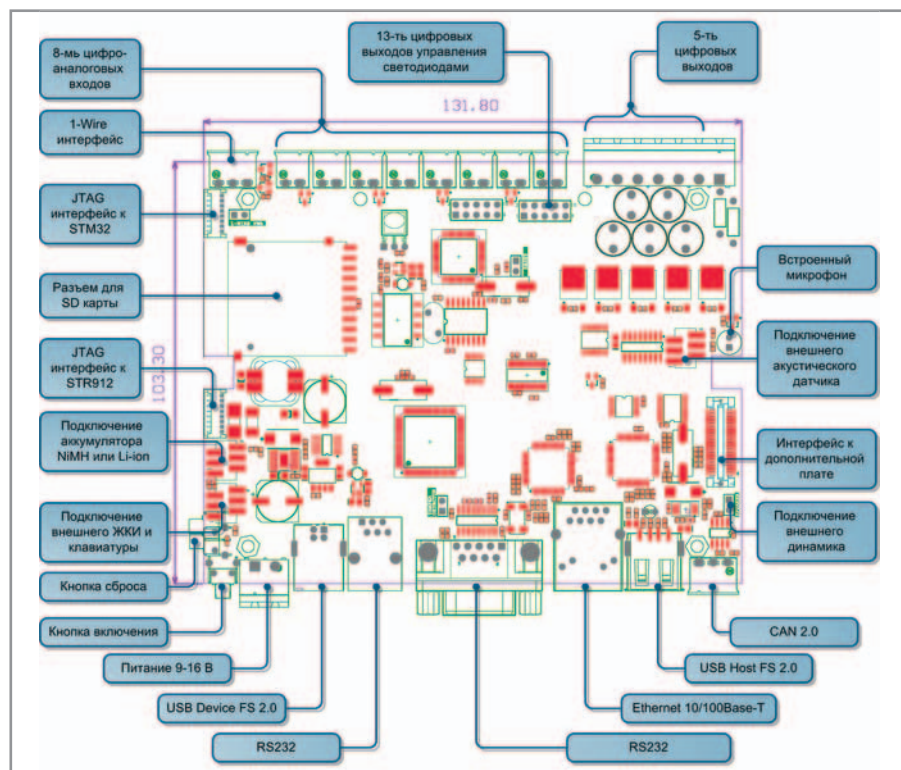


Рис. 1. Разъемы и интерфейсы на основной плате

ствами, использующими Dominator4 в качестве шлюза сети Ethernet в сеть GSM. Внешними устройствами, требующими хорошей пропускной способности, могут быть, например, интернет-видеокамеры, VoIP-телефоны или локальные группы управляемых через Ethernet устройств.

Ещё одним преимуществом связки двух модемов можно считать возможность организации мостов для передачи данных из одной сети GSM в другую. Часто в сетях GSM внутрисетевые тарифы при передаче данных, голоса и SMS значительно ниже, чем междоменные. Два модема в Dominator4 имеют возможность обмениваться между собой звуковыми сигналами, SMS и данными через промежуточный микроконтроллер. Такая технология позволяет оптимизировать расходы по передаче SMS и других данных абонентам в разных сетях, а также обмениваться SMS по сниженным тарифам.

Другой идеей применения шлюза GSM-GSM может быть обеспечение анонимности SMS, посланных с личного телефона, т.е. своеобразный прокси-сервер (посредник) для SMS. Поскольку модемы связаны и по зву-

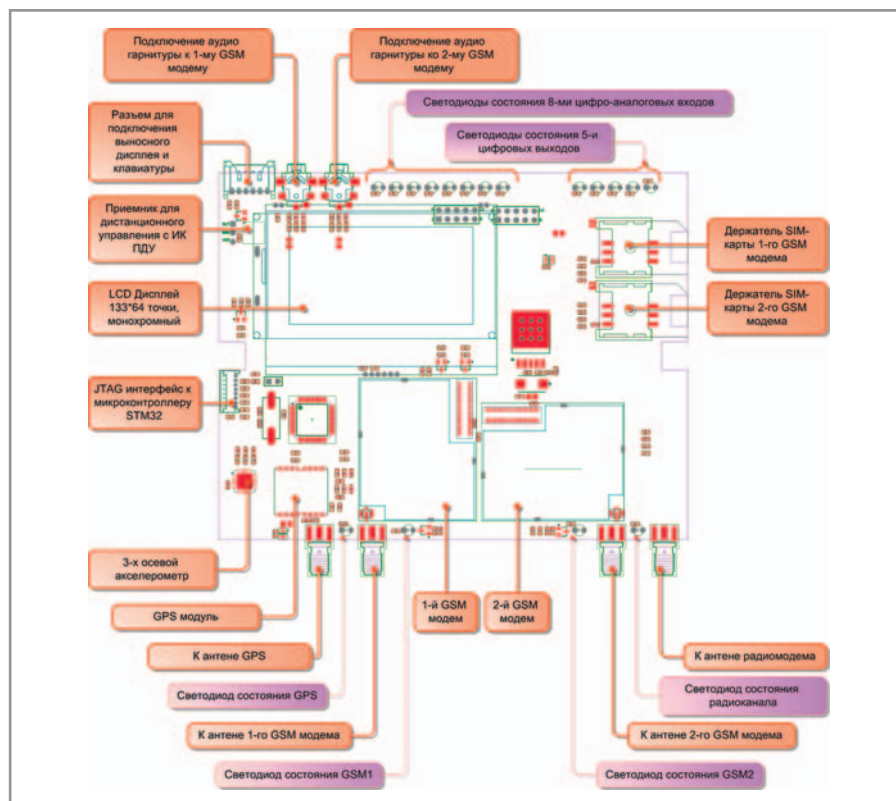


Рис. 2. Разъемы и интерфейсы на верхней плате

ковому каналу, то можно организовать «прокси-сервер» и для передачи голоса.

Платформа Dominator4 способна поддерживать полный стек TCP/IP-протоколов и прикладной уровень,

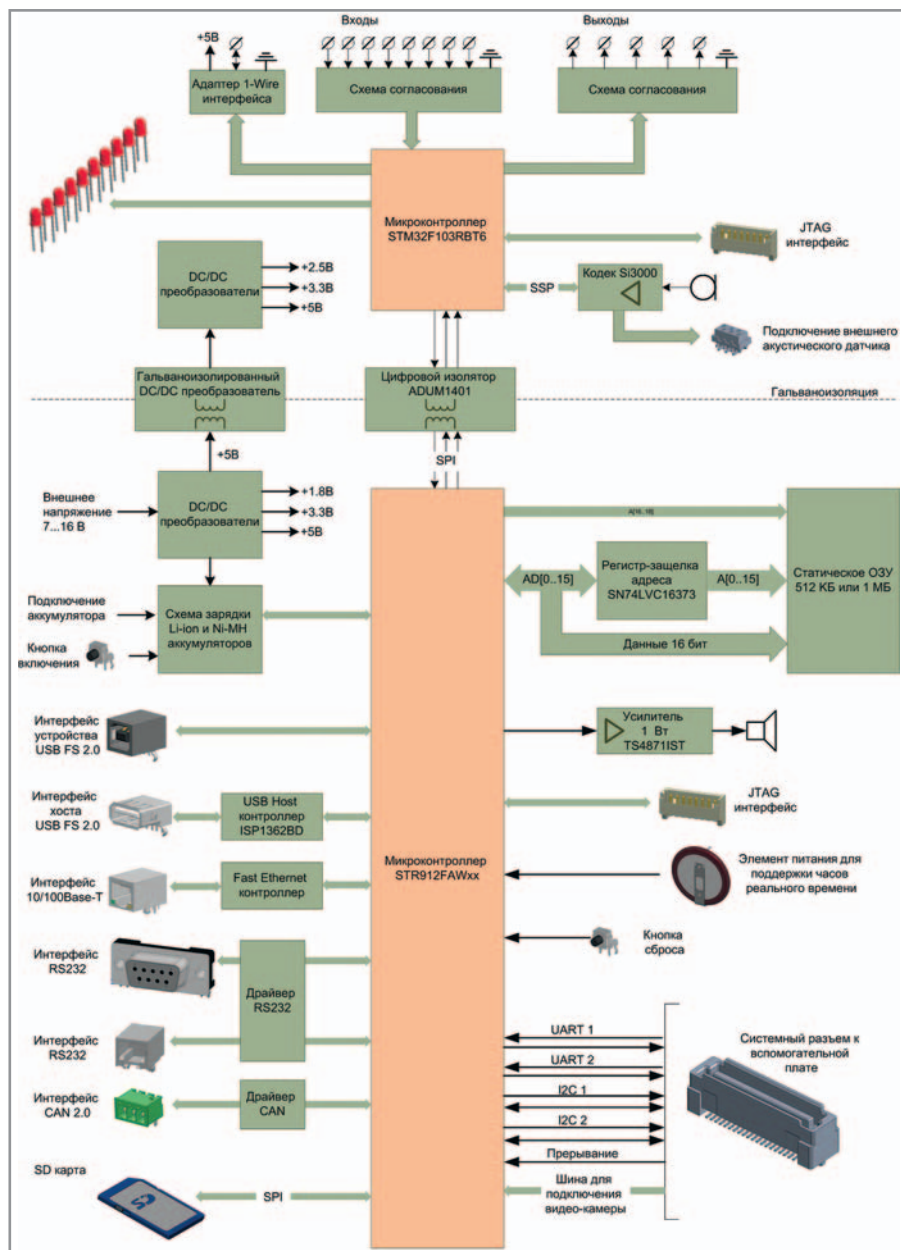


Рис. 3. Архитектура основной платы

включающий web-сервер, FTP-сервер, mail-сервер, SNMP-агент, Telnet-сервер, NAT-сервер и т.д., включая шифрование по протоколам SSL и IPSec.

Сервер FTP, в частности, значительно упрощает обновление программного обеспечения Dominator4, позволяя загрузить программный код с помощью широкораспространённых FTP-клиентов с ПК. Сервер Telnet даёт возможность работать с устройством через сеть Интернет как через локальный порт RS-232 в режиме монитора. Сервер NAT позволяет подключить через Dominator4 локальную сеть Ethernet-устройств в Интернет, используя технологию трансляции IP-адресов.

Отличительной чертой Dominator4 является то, что всё программное обеспечение выполняется во внутренней флэш-памяти микроконтроллеров и за-

щищено от считывания и записи. Кроме того, основной процессор Dominator4 имеет вход экстренного стирания содержимого внутреннего ОЗУ для обеспечения конфиденциальности данных. Это отличает Dominator4 от аналогичных по функциональности устройств, использующих более дорогие решения на операционных системах общего применения (general-purpose operating systems, GPOS), где код не может быть размещён во внутренней флэш-памяти ввиду большого объёма.

В платформу Dominator4 интегрирован GPS-модуль. Технология GPS предназначена для получения координат устройства и точного времени для выполнения устройством функций записи истории событий с привязкой ко времени, например, в спортивных соревнованиях. Точное время необходи-

мо и при работе протоколов обмена секретными ключами во время установления криптозащённых каналов связи через Интернет.

Основные узлы и интерфейсы Dominator4

Платформа Dominator4 — это логическое продолжение проекта ARM-Dominator M2M, описанного в предыдущих статьях (см. СЭ №№ 6, 7, 2007). Основным микроконтроллером системы является ИС семейства STR912. Dominator4 состоит из основной и дополнительной плат.

Компоновка основной платы приведена на рисунке 1. Плата содержит главный микроконтроллер, основные коммуникационные проводные интерфейсы и узел аналого-цифрового ввода-вывода на вспомогательном микроконтроллере.

Компоновка дополнительной платы приведена на рисунке 2. На плате находятся элементы пользовательского интерфейса: ЖК-дисплей, приёмник сигналов с ИК-пультов дистанционного управления, разъём для подключения выносных клавиатуры и дисплея по интерфейсу I²C, светодиодные индикаторы. Также на верхней плате размещены антенные разъёмы, GSM-модемы, GPS-модуль и акселерометр. Платы соединяются между собой через 40-контактный разъём с линиями последовательных интерфейсов и два 10-контактных дополнительных разъёма для подключения светодиодов состояния входов-выходов.

Модули GSM и GPS намеренно вынесены на отдельную плату, чтобы обеспечить системе большую гибкость. При необходимости можно заменой только верхней, более дешёвой платы изменить типы используемых модулей GSM и GPS. Например, заменить GPS на GLONASS или GSM/GPRS-модемы на GSM/EDGE или 3G-модемы. Размеры плат подобраны для оптимального размещения в недорогом популярном корпусе G738 фирмы GAINTEA. Конструктивные модели в формате SolidWorks проекта Dominator4 высылаются автором по запросу.

Архитектура Dominator4

Архитектура Dominator4 изображена на рисунках 3 и 4. Для связи микроконтроллеров между собой и микроконтроллеров с модулями повсеместно используются последовательные ин-

терфейсы UART, SPI и I²C. Последовательные интерфейсы сокращают количество необходимых соединений и увеличивают надёжность связи, поскольку реализуют механизмы проверки целостности данных.

Асимметричная мультипроцессорность

В Dominator4 применяется технология асимметричной мультипроцессорности. Не секрет, что современные 32-разрядные микроконтроллеры по цене вполне способны конкурировать с монофункциональными периферийными микросхемами (такими как ЦАП, АЦП, расширители ввода/вывода), мультиканальными контроллерами последовательных интерфейсов и т.д. Многофункциональное и достаточно универсальное устройство должно обладать множеством интерфейсов и линий ввода/вывода, часто гальванически изолированных. Раньше это влекло за собой применение множества периферийных микросхем, общее удорожание и ухудшение других параметров (энергопотребление, габариты, надёжность, технологичность).

С появлением недорогих микроконтроллеров на ядре ARM Cortex-M3 ситуация изменилась. Теперь добавлением одного периферийного микроконтроллера можно значительно увеличить количество доступных интерфейсов в системе, выполнить их гальваническую изоляцию, в несколько раз повысить общую производительность системы, освободить основной процессор от ресурсоёмкой предварительной обработки данных, выполнить декомпозицию задачи программирования приложения и облегчить работу программистам.

Асимметричная мультипроцессорность стремительно набирает популярность во встраиваемых системах, и многие операционные системы реального времени уже включают в себя программные модули для организации связи в мультипроцессорной среде.

Механизм связи основного микроконтроллера с микроконтроллером ввода-вывода

Основной микроконтроллер связан с микроконтроллером подсистемы ввода-вывода интерфейсом SPI, который отличается максимальной скоростью передачи данных среди доступных для межпроцессорной связи интерфейсов у выбранных ИС. Эта характеристика наиболее важна для подсистемы ввода-

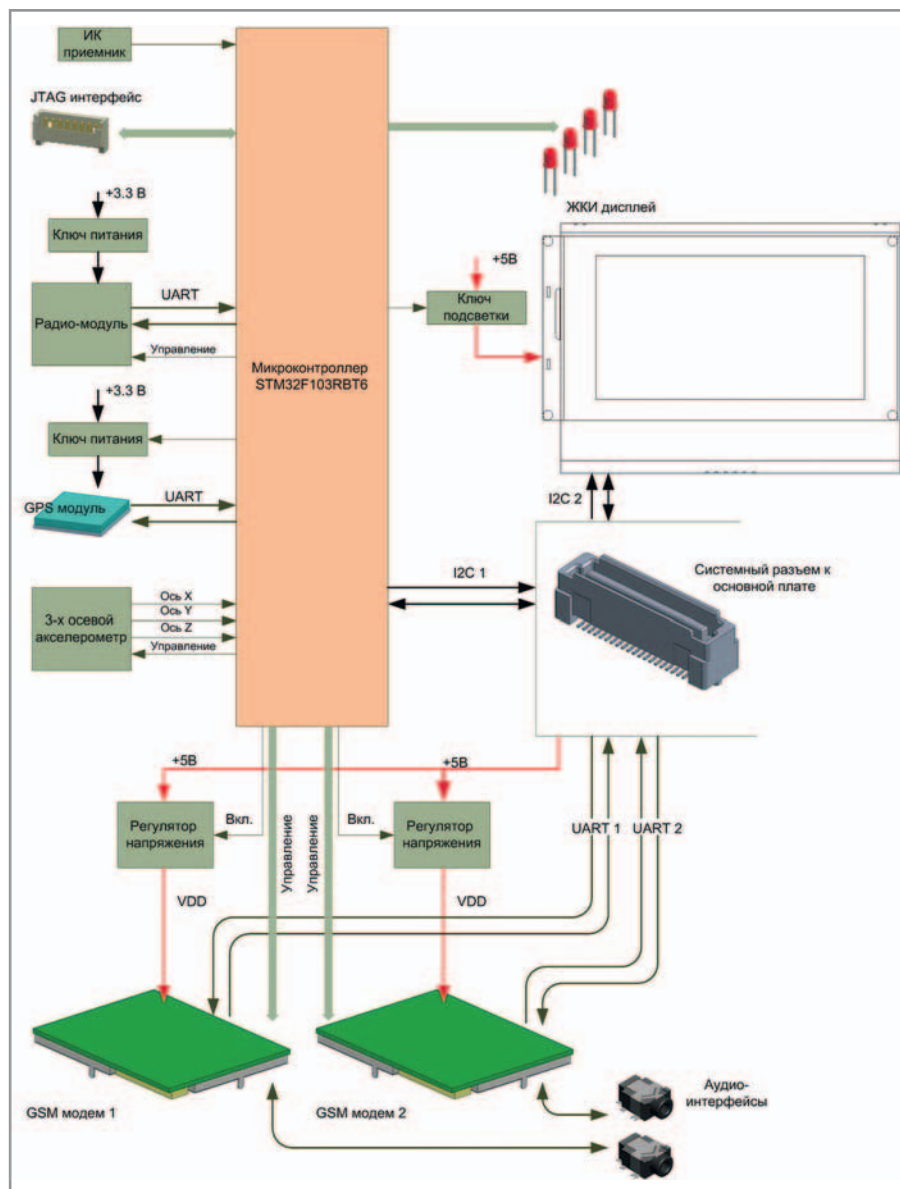


Рис. 4. Архитектура вспомогательной платы

вывода, поэтому был выбран именно SPI. Однонаправленные линии SPI делают этот интерфейс удобным для применения цифровых гальванических изоляторов.

Наличие в обоих микроконтроллерах блоков прямого доступа к памяти (direct memory access, DMA) делает возможным обмен данными в реальном времени практически без программной поддержки. Этот механизм ещё называют «отражением памяти»: программа в микроконтроллере не занимается непосредственной пересылкой данных в периферийный интерфейс, а просто записывает их в определённую область памяти и считывает из неё. Это достигается специальной настройкой DMA в микроконтроллерах и других узлах, связанных с передачей данных. В пакете программного обеспечения к Dominator4 имеется пример работы такого механизма.

Механизм связи основного микроконтроллера с микроконтроллером дополнительной платы

С микроконтроллером дополнительной платы основной микроконтроллер связан интерфейсом I²C, который требует всего две линии связи и удобен для сравнительно длинных межплатных соединений. Другим преимуществом этого интерфейса, по сравнению с SPI, является возможность обмена в мультиведущем режиме по тем же двум линиям связи, без применения дополнительных согласующих микросхем. Недостатком является низкая скорость и невозможность простой реализации механизма отражения памяти.

Учитывая перечисленные особенности интерфейса I²C, в Dominator4 на него не переложены функции всего обмена данными с модулями на вспомогательной плате. Обмен с GSM-модулями,

ЖК-дисплеем и выносной клавиатурой осуществляется центральным микроконтроллером напрямую через системный разъём. Микроконтроллер же вспомогательной платы осуществляет функции расширителя линий ввода-вывода, т.е. управляет служебными сигналами для модулей и другой периферии по командам основного микроконтроллера. Также микроконтроллер вспомогательной платы берёт на себя функции обмена с GPS-модулем, радиомодулем, обрабатывает сигналы акселерометра и инфракрасного детектора сигналов пультов дистанционного управления.

Интерфейс пользователя

Пользовательский интерфейс в Dominator4 представлен монохромным ЖК-дисплеем 133 × 64 точки, кнопками сброса и включения, выносной клавиатурой и детектором сигналов ИК ПДУ, что позволяет управлять прибором большим количеством ПДУ от разнообразной потребительской техники.

ЖК-дисплей TIC148 управляется по интерфейсу I²C в однонаправленном режиме. Это означает, что при желании

параллельно с основным дисплеем может быть подключен аналогичный выносной дисплей. Дисплей может комплектоваться подсветкой разных цветов и обладает температурной авторегулировкой контрастности.

Для платформы Dominator4 было разработано несколько вариантов выносных клавиатур, которые описаны в разделе «Дополнительные принадлежности Dominator4».

Оригинальной возможностью Dominator4 является использование в качестве клавиатуры инфракрасных ПДУ, работающих в различных стандартах. Чтобы использовать любой ИК-пульт, достаточно при помощи кнопок на пульте осуществить несложную процедуру перебора команд и записать в Dominator4 порядковый номер данного пульта в списке поддерживаемых пультов. После такой процедуры «обучения» можно на любую кнопку пульта назначить функцию, которую она будет вызывать в приборе.

Принцип распознавания команд ИК ПДУ в Dominator4 очень простой. Микроконтроллер вспомогательной платы

просто запоминает последовательность длин импульсов, поступающих с детектора, и записывает получившуюся цепочку чисел в файл на флэш-диске (карте SD). Позже, в режиме распознавания, микроконтроллер сравнивает цепочки поступивших импульсов с импульсами, сохранёнными на диске в виде шаблонов. В цепочке может быть до 128 импульсов, и пульту можно назначить более 20 команд. Длительности импульсов могут варьироваться от долей миллисекунды до долей секунды. Dominator4 может хранить шаблоны для работы с несколькими пультами, работающими в разных стандартах.

Подсистема питания

Обычно питание Dominator4 осуществляется от нестабилизированного источника постоянного напряжения. Таким источником может быть бортовая сеть автомобиля или недорогой сетевой адаптер. При необходимости к Dominator4 может быть подключен внешний аккумулятор типа Li-ion или Ni-MH.

В Dominator4 встроен узел заряда аккумулятора. Управление зарядом осуществляется центральным микроконтроллером. Программная зарядка улучшает качество процесса заряда за счёт его адаптации к внешним условиям и предоставляет полный журнал событий процесса заряда-разряда для последующего анализа и оптимизации параметров с целью продления срока службы аккумуляторов.

Зарядное устройство построено по специальной схеме, называемой SEPIC, которая предотвращает появление мощного скачка перенапряжения на аккумуляторе при пробое силового транзистора или других неполадках в схеме. Управляющий микроконтроллер получает от схемы заряда текущие значения токов и напряжений и может их записывать в память, сохраняя «историю» аккумулятора, которая может быть использована для отображения и учёта оставшегося ресурса батареек.

Подсистема памяти

Весь программный код хранится во встроенной флэш-памяти микроконтроллеров. Внешняя ИС статического ОЗУ используется центральным микроконтроллером только для хранения данных. Шина с внешним ОЗУ является 16-битной мультиплексированной, т.е. по ней последовательно передаются адрес и данные. Такое решение экономит количество внешних сигнальных линий и незначительно уменьшает про-

Таблица 1. Основные характеристики платформы Dominator4

Основные характеристики	
Применяемые микроконтроллеры	STR912FAWxx и STM32F103RB
Производительность процессоров, MIPS	96 + 90
Разрядность процессоров, бит	32
Объём внутренней флэш-памяти в STR912FAW47, Мб	2
Объём внутреннего ОЗУ в STR912FAW47, Кб	96
Объём внешнего ОЗУ, Мб	До 1
Гальваническая изоляция между основным и периферийным микроконтроллерами, кВ	>1
Ёмкость файловой системы на внешней SD/MMC-карте (определяется ПО), Гб	До 2
Напряжение питания, В	9...16 В
Габариты платы, мм	131,8 × 103,3
Интерфейсы	Количество
Интерфейс I ² C	2
Интерфейс CAN	1
Интерфейс RS-232	2
Интерфейс Ethernet 10/100Base-T	1
Интерфейс хост/OTG USB 2.0 FS	1
Интерфейс карты SD/MMC	1
Встроенная схема заряда внешнего аккумулятора Li-ion или NiMH с ёмкостью до 7 Ач	1
Выход/вход звукового интерфейса, линейный	1
Встроенный микрофон	1
Цифроаналоговые входы (0...3 В)	8
Цифровые/семисторные выходы (0...50/~300 В)	5
1-Wire, iButton интерфейс	1
Вход датчика несанкционированного доступа с автоматическим стиранием содержимого ОЗУ микроконтроллера STR912FWxx	1
Отладочный JTAG-интерфейс для микроконтроллеров	2
Энергонезависимые часы реального времени с питанием от малогабаритного подзаряжаемого литиевого элемента ёмкостью 100 мАч	1

изводительность системы с учётом того, что программа выполняется из внутренней памяти. Частота внешней шины равна 48 МГц. Достигнутая производительность программной пересылки из внешнего ОЗУ во внутреннее составляет 21 Мб/с.

В качестве дискового накопителя в Dominator4 применяется карта SD; также может быть использована и карта MMC. В качестве интерфейса для связи с SD-картой используется SPI. Результаты тестирования показали, что при использовании соответствующего адаптера Dominator4 хорошо работает и с картами miniSD/microSD ёмкостью до 2 Гб.

Карты SD поставляются отформатированными в системе FAT; Dominator4 способен работать с картами, отформатированными как в системе FAT16, так и в системе FAT32. При этом поддерживаются длинные имена файлов и национальные кодировки.

Для платформы Dominator4 автором предоставляются примеры использования возможности установки пароля на SD-карты и работы с SD-картами, защищёнными паролем. Карты, защищённые паролем, не могут быть прочитаны на обычном ПК.

Таблица 2. Характеристики дополнительной платы Dominator4

Применяемые микроконтроллеры	STM32F103RB
Производительность процессоров, MIPS	90
Разрядность процессоров, бит	32
Габариты платы, мм	131,8 × 103,3
Интерфейсы	Количество
GSM-модем SIM300Z фирмы SIMCOM	2
GPS-модуль AC-1513 (или SC-1513) фирмы LOCOSYS Technology	1
Трёхосевой акселерометр MMA7260QT фирмы Freescale	1
Радиомодуль AC4868-250M (868 МГц, 250 мВт) фирмы AEROCOMM либо другой в соответствии с заданными требованиями	1
Приёмник сигналов ИК ПДУ IRM-3638N3 фирмы Everlight, 38 кГц	1
ЖК-дисплей TIC149, 133×64 точки, монохромный, со светодиодной подсветкой	1
Звуковой интерфейс к выносной гарнитуре с динамиком и микрофоном	2
Интерфейс I ² C к выносной клавиатуре и дисплею	1
Держатель SIM-карт	2
Антенные разъёмы для встроенных модулей	4
JTAG-разъём для микроконтроллера	1
Светодиоды индикации состояний	17

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАТФОРМЫ DOMINATOR4

Основные технические характеристики платформы Dominator4 приведены в таблицах 1 и 2. В целом платформа Dominator4 выполнена на

трёх микроконтроллерах: одном STR912FAWxx и двух STM32F103RB. В зависимости от требований к себестоимости и сложности решаемых задач, платформа может комплектоваться микросхемой ОЗУ разной ём-

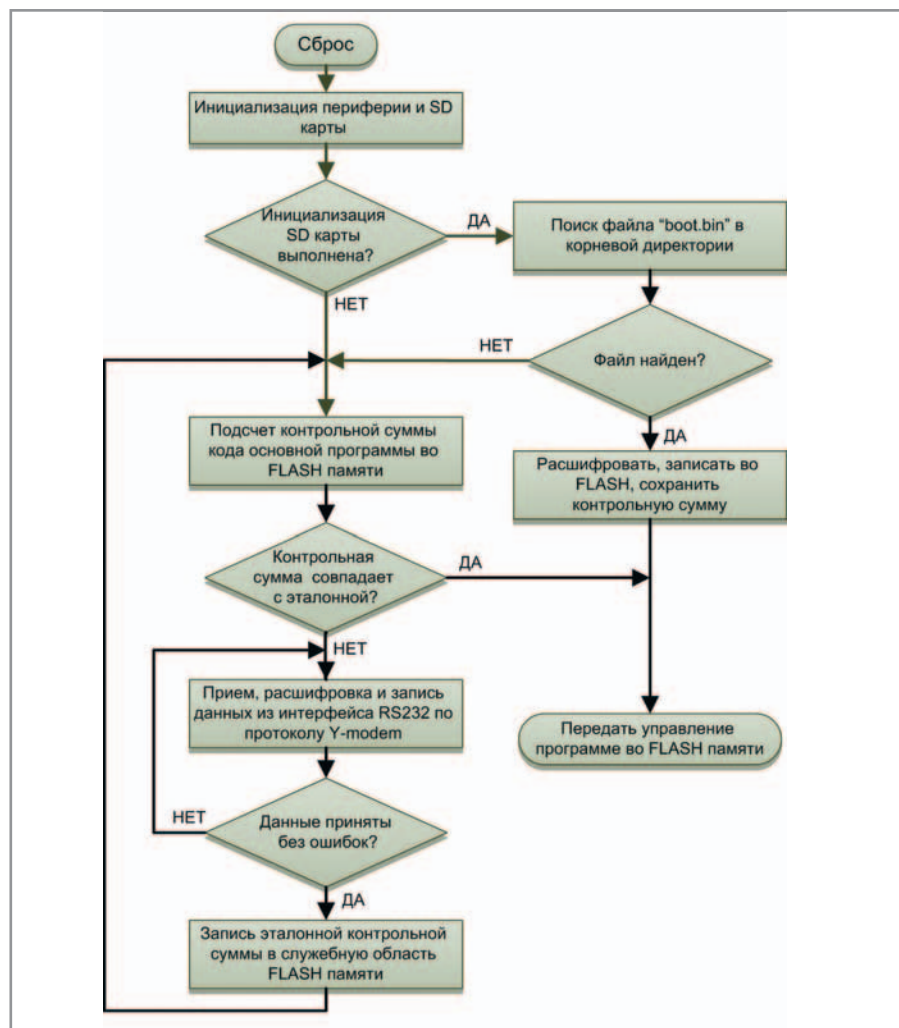


Рис. 5. Блок-схема алгоритма начального загрузчика

кости и микроконтроллером семейства STR912FAWxx с разным объемом внутренней флэш-памяти.

Общая производительность платформы может достигать 270 MIPS. Цифра получена простым сложением производительности отдельных микроконтроллеров. В данной архитектуре это вполне оправдано, поскольку разделение функций между микроконтроллерами повторяет естественную декомпозицию задач, встречающуюся в реальных приложениях: предварительная обработка данных с линий ввода-вывода для микроконтроллера STM32F103RB на основной плате, обработка сигналов в акустическом диапазоне с акселерометра и GSM-модемов для микроконтроллера STM32F103RB на вспомогательной плате, поддержка стеков коммуникационных протоколов и интерфейса пользователя для микроконтроллера STR912FAWxx. Указанные задачи вполне адекватны производительности выполняющих их микроконтроллеров, и практически производительность платформы остаётся востребованной, поскольку она не деградирует вследствие конфликта разделения про-

цессорами общих ресурсов, таких как память, шины и т.д.

Подсистема ввода-вывода

Применение микроконтроллера STM32F103RB в подсистеме ввода-вывода позволило реализовать уникальные характеристики этого узла.

Интерфейсы, входящие в состав ИС типа STM32F103RB:

- 16-канальный 12-битный АЦП со скоростью до 1 мегавыборки/с и внутренней калибровкой;
- три 16-битных таймера, каждый с четырьмя модулями захвата/сравнения с тактированием до 13 МГц;
- два интерфейса SPI со скоростью до 18 Мбит/с;
- два интерфейса I²C со скоростью до 400 Кбит/с;
- три интерфейса USART со скоростью передачи до 4,5 Мбит/с;
- один интерфейс USB со скоростью до 12 Мбит/с;
- один интерфейс CAN со скоростью до 1 Мбит/с.

В микросхеме STM32F103RB находится 128 Кб флэш-памяти и 20 Кб ОЗУ. Этого

объёма более чем достаточно для работы компактной операционной системы реального времени и различных алгоритмов цифровой обработки сигналов. Поскольку ИС типа STM32F103RB выполнены на новом ядре фирмы ARM Cortex-M3, они обладают одними из лучших в своей категории характеристиками быстродействия и компактности кода.

Входы

Цифроаналоговые входы Dominator4 выполнены по переконфигурируемой схеме и могут проводить измерения напряжения, сопротивления, токов, частоты импульсов, длительности импульсов, мощности переменного напряжения и других параметров, преобразуемых в электрические сигналы, с частотой до сотен кГц.

При измерении сопротивления через внутреннее сопротивление 10 кОм на входы Dominator4 подаётся напряжение 3,3 В. При измерении постоянных и переменных напряжений внутренний источник напряжения отключается от входов Dominator4. Максимальный уровень напряжения, подаваемого на входы, зависит от номиналов резисторов во внутреннем делителе напряжения на входе и электрической прочности входов. Предельным напряжением для конструкции Dominator4 является 75 В.

При измерении сигналов переменного тока Dominator4 способен производить одновременную оцифровку на всех восьми входах с частотой 30 кГц и более. Например, Dominator4 может одновременно декодировать DTMF-сигналы с восьми телефонных линий или анализ гармоник в низкочастотных сигналах. Благодаря тому, что встроенный АЦП состоит из двух независимых модулей, появляется возможность достаточно точного измерения активной и реактивной мощности в трёхфазных сетях переменного тока.

Также никакой проблемы для Dominator4 не составляет измерение сигналов нелинейных датчиков с последующей линеаризацией результатов. В микросхеме STM32F103RB встроен внутренний датчик температуры, значения которого доступны для основного контроллера системы и могут использоваться для корректировки измерений.

Выходы

Выходы Dominator4 могут быть сконфигурированы индивидуально в одном из двух вариантов. В первом варианте на выходе устанавливается мощный МОП-

транзистор, который может коммутировать постоянный ток до 5 А (значение ограничено предохранителями, но может быть до 10 А) с напряжением до 50 В.

Во втором варианте на выходе устанавливается семистор, который может коммутировать переменный ток до 5 А (значение ограничено предохранителями, но может быть до 8 А) с напряжением до 300 В (ограничено электрической прочностью платы).

Платформа Dominator4 может выполнять функцию плавной регулировки мощности в цепях переменного тока, используя дополнительный сигнал синхронизации сетевого напряжения, вход которого выведен на колодку выходов.

Канал связи ввода-вывода с основным микроконтроллером

Связь осуществляется на скорости 5 Мбит/с. В данном случае фактором ограничения скорости является цифровой изолятор ADUM1401. В случае применения цифрового изолятора с лучшими динамическими характеристиками скорость можно увеличить в несколько раз. Однако и такой скорости достаточно, чтобы в реальном времени обмениваться данными и командами между основным

процессором и контроллером ввода-вывода. Следует также учесть, что модуль ввода-вывода не должен отдавать «сырые» данные центральному процессору: информация предварительно обрабатывается, результаты усредняются, прореживаются, анализируются и передаются центральному процессору в агрегированном виде или в качестве сигналов реакции на пересечение заданных границ.

Индикация состояния сигналов

Светодиодной индикацией состояния входных и выходных сигналов занимается микроконтроллер подсистемы ввода-вывода. Этим снимается нагрузка с центрального процессора и изолируется задача обработки входов-выходов. Мощности микроконтроллера STM32F103RB вполне достаточно, чтобы индивидуально задавать переменную яркость светодиодам с помощью ШИМ-модуляции, повышая качество отображения.

Потребляемая мощность

Пиковая потребляемая мощность Dominator4 при всех включенных модулях и включенной подсветке ЖКИ составляет около 3 Вт. Наиболее потребляющими узлами являются: под-

светка ЖКИ (более 100 мА от 5 В), Ethernet-контроллер (около 100 мА от 3,3 В), модуль GPS (около 100 мА от 3,3 В), центральный микроконтроллер.

Однако благодаря применению ключей питания, центральный процессор может селективно отключать ту или иную периферию. Контроллеры Ethernet и USB переводятся в режим пониженного потребления с помощью собственных механизмов. Модули GSM, GPS и RF отключаются от питания внешними ключами, которые также полезны для вывода этих модулей из нештатных состояний, поскольку эти модули сами содержат микроконтроллеры и подвержены тем же неисправностям, что и вся электронная техника.

Начальный загрузчик Dominator4

Для Dominator4 разработан криптозащищенный начальный загрузчик. Блок-схема алгоритма загрузчика приведена на рисунке 5. Начальный загрузчик позволяет без использования специальных инструментов (JTAG-адаптер и др.) обновить программное обеспечение в устройстве. Начальный загрузчик первым получает управление после подачи питания или сброса основного микроконтролле-



Рис. 6. JTAG-отладчик Y-Link с интерфейсом USB



Рис. 7. Сенсорная клавиатура с подсветкой, ЖК-дисплеем и 8 светодиодами состояния

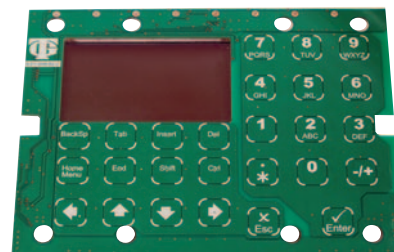


Рис. 8. Сенсорная клавиатура с ЖК-дисплеем и 8 светодиодами состояния для размещения в корпусе G738

ра. Программа загрузчика инициализирует только необходимую для работы периферию, включая SD-карту, и переводит порты ввода-вывода в непротиворечивое с внешней схемой состояние.

Если загрузчик обнаруживает на SD-карте файл boot.bin, то производится расшифровка и запись этого файла во внутреннюю флэш-память программ центрального микроконтроллера. Если файл не обнаружен, то загрузчик пытается определить целостность уже записанного во флэш-память программного кода. Для этого во флэш-памяти есть служебная область, где хранятся эталонные данные программного кода, включающие контрольную сумму и размер. При обнаружении рабочего программного кода управление передается ему; в противном случае запускается процедура получения данных посредством интерфейса RS-232 по

протоколу Y-modem. Протокол передачи файлов Y-modem поддерживает множество терминальных программ для ПК, в частности, штатную терминальную программу MS Windows (HyperTerminal).

Загрузчик способен работать с SD-картами в формате FAT16 или FAT32. Сам зашифрованный загрузочный файл генерируется специальной утилитой на ПК из HEX-дампа программы, генерируемого компиляторами, которая поставляется вместе с документацией на Dominator4.

Дополнительные принадлежности Dominator4

Платформа Dominator4 нашла применение во многих устройствах и с течением времени приобрела некоторое количество дополнительных принадлежностей. В первую очередь, это JTAG-адаптер (рис. 6). Все микроконтролле-

ры на платформе Dominator4 могут быть запрограммированы с помощью этого адаптера. Другая основная функция адаптера — отладочная. К персональному компьютеру адаптер подключается через интерфейс USB.

С недавних пор в приборных интерфейсах пользователя стали популярными сенсорные бесконтактные клавиатуры. Для Dominator4 представлены два варианта клавиатур. На рисунке 7 изображена выносная сенсорная бесконтактная клавиатура со светодиодной подсветкой и монохромным ЖК-дисплеем 133 × 64 точки. На панели клавиатуры сверху расположены восемь светодиодов для отображения различных состояний. Клавиатура подключается к Dominator4 через интерфейс I²C.

На рисунке 8 изображена клавиатура, построенная по схожему принципу, но без подсветки. Размеры клавиатуры таковы, что она может быть помещена в один корпус с основной платой платформы Dominator4.

Сенсорные клавиатуры отличаются надёжностью и простотой установки, поскольку не имеют изнашивающихся механических частей и не требуют механической обработки лицевых панелей. Клавиатуру устанавливают под диэлектрическую лицевую поверхность толщиной 1...4 мм, на которую может быть нанесено изображение кнопок. Клавиатура работает на емкостном принципе и чувствительна к прикосновению пальцев к лицевой панели. Поскольку непосредственного контакта пальцев с поверхностью не требуется, клавиатура срабатывает и от нажатия пальцев в перчатках. Клавиатура и дисплей выдерживают температуру до -20°C.

Организация распределённого управления с использованием канала GSM

Схематично принцип организации связи платформы Dominator4 через канал GSM показан на рисунке 9. Устрой-

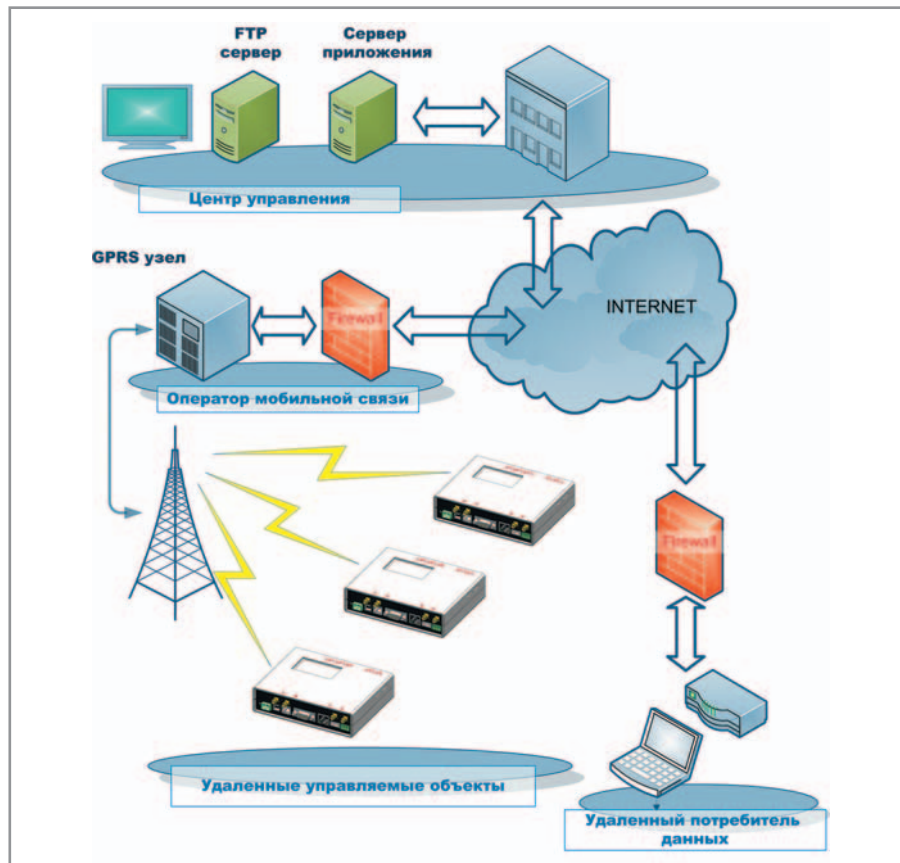


Рис. 9. Организация управления через канал GSM

ства на платформе Dominator4 способны обмениваться информацией с любыми серверами в сети Интернет и между собой.

Концепция Dominator4 предусматривает использование его как в корпоративных решениях, так и индивидуальными пользователями, поэтому показанная схема связи включает межсетевые экраны (файрволы), характерные для соединений с недорогими prepaid-картами. Файрволы не допускают инициализации соединения к мобильному устройству извне по протоколу TCP и этим значительно усложняют передачу данных напрямую между мобильными устройствами.

Предполагается, что у пользователя не будет специальной SIM-карты, которая предоставляет фиксированный публичный IP-адрес или иное специальное соглашение с оператором GSM-связи, дающее возможность мобильным устройствам напрямую обмениваться данными.

Все принципы преодоления ограничений файрволов или сервера преобразования сетевых адресов (network address translator, NAT) основаны на использовании стороннего сервера в

публичной сети. Для платформы Dominator4 существует простая серверная программа, позволяющая создавать постоянные виртуальные туннели между устройствами и одновременно служащая центральным менеджером сети управления устройствами.

СЕРВЕРНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ DOMINATOR4

Программа UMAN написана для платформы Dominator4 и предназначена для организации глобальной сети управления устройствами через GSM. Программа размещается на компьютере, имеющем выход в Интернет. Работа программы проверена с операционными системами MS Windows XP/Vista, Windows Server 2003/2008. Для работы программы компьютер должен иметь хотя бы один порт, открытый для инициализации соединений извне. Если интернет-провайдер не предоставляет такой возможности, то в Сети всегда можно найти сервисы, дающие возможность получить открытые порты, использующую технологию VPN.

Серверная программа содержит базу данных устройств, входящих в сеть. Уст-

ройства идентифицируются уникальными именами. Каждое устройство в базе данных может обладать уникальным набором параметров. В распределённую сеть могут входить устройства с различными характеристиками, построенные на платформе Dominator4 и выполняющие разные функции. С помощью программы можно считать любой параметр с удалённого устройства и записать любой параметр обратно в устройство либо передать любую команду на исполнение устройством. Программа, кроме всего прочего, является транслятором команд.

Для быстроты и удобства инсталляции серверная программа не использует для своей работы никаких SQL-серверов и базируется на технологии хранения данных, встроенных в операционную систему Windows. При этом программа обладает возможностью гибкой настройки перенаправления данных от устройств на любой внешний SQL-сервер, расположенный на том же компьютере или в сети Интернет.

На сайте автора проекта <http://www.aly-lab.eu> можно найти дополнительные материалы, связанные с проектированием встраиваемых систем и их программированием.

