

Модуль TE-STM32F103 — встраиваемое решение на основе микроконтроллера с ядром Cortex-M3

ВЛАДИМИР БРОДИН, ИГОРЬ БУЛАТОВ, «Терраэлектроника»

В статье представлен встраиваемый модуль TE-STM32F103 от компании «Терраэлектроника», выполненный на основе микроконтроллера с ядром Cortex-M3. Модуль реализует преимущества микроконтроллера из старшей линейки семейства STM32 компании STMicroelectronics: производительное 32-разрядное ядро (72 МГц), флэш-память 512 Кбайт, быстрая обработка прерываний, 12-разрядные АЦП и ЦАП. Модуль представляет собой завершенное решение, готовое для установки в изделия в качестве ядра системы управления.

Одной из главных тенденций современного развития микроконтроллерных систем управления является переход на 32-разрядные архитектуры и программирование на языках высокого уровня.

Значительный сегмент рынка 32-разрядных встраиваемых систем занимают изделия на основе микропроцессоров и микроконтроллеров (МК) с архитектурой ARM (Advanced RISC Machine). Компания ARM является разработчиком процессоров, а не производителем — по ее лицензиям собственно микросхемы выпускают ведущие микроэлектронные компании мира.

В настоящее время известны три семейства процессоров ARM — младшее семейство ARM7 (тактовые частоты 50...100 МГц), производительное семейство ARM9 (тактовые частоты около 200 МГц) и старшее семейство ARM11 (тактовые частоты до 1 ГГц).

Опыт эксплуатации первого поколения ARM7-микроконтроллеров показал, что при несомненных достоинствах этих приборов, связанных в первую очередь с универсальностью архитектуры, для решения задач управления необходимо увеличить скорость обработки прерываний и плотность кода.

В 2004 г. было объявлено о разработке 32-разрядного ядра Cortex-M3 как продукте сотрудничества компаний ARM и STMicroelectronics, а в 2007 г. на основе нового ядра появилось семейство МК STM32.

Первоначально МК с ядром Cortex-M3 позиционировались как упрощенные, бюджетные 32-разрядные приборы. Предполагалось, что они не будут конкурировать с ARM7-МК, поскольку предназначены для более низкой иерархической ниши. Однако глубокая модернизация архитектуры ARM7 и применение технологии 0,14 мкм привели к тому, что МК семейства STM32 по основным параметрам превзошли ARM7-микроконтроллеры.

Современная структура и технология производства позволили достичь показателя энергопотребления ядра Cortex-M3 микроконтроллеров STM32 в 0,19 мВт/МГц. При этом производительность по тесту Dhrystone составляет 1,25 DMIPS/МГц против 0,95 DMIPS/МГц для ARM7DMI на наборе команд Thumb. Максимальная тактовая частота МК STM32 составляет 72 МГц. Компания STMicroelectronics заявляет о способности своих МК с ядром Cortex-M3 превосходить DSP других компаний в нише целочисленных вычислений. Таким образом, МК STM32 с ядром Cortex-M3 не только экономичнее, но производительнее, чем традиционные ARM7.

В целом, семейство STM32 с ядром Cortex-M3 устанавливает новый стандарт качества среди 32-разрядных МК, а

невысокая цена позволяет рекомендовать это семейство разработчикам для перехода с 8- и 16-разрядных архитектур на 32-разрядные.

Семейство STM32 очень хорошо подходит для изучения и практического освоения современных 32-разрядных МК. Более простая, по сравнению с ARM, прозрачная для понимания структура программно-доступных ресурсов семейства STM32 позволяет войти в мир производительных МК как уже искушенным разработчикам, так и новичкам.

Структура адресного пространства ядра Cortex-M3 МК семейства STM32 представлена на рисунке 1.

Ядро Cortex-M3 использует гарвардскую архитектуру с отдельными пространствами памяти программ и данных, хорошо известную тем разработчикам, у которых имеется опыт работы с 8-разрядными приборами. Все ресурсы имеют единое адресное пространство, в котором нахо-

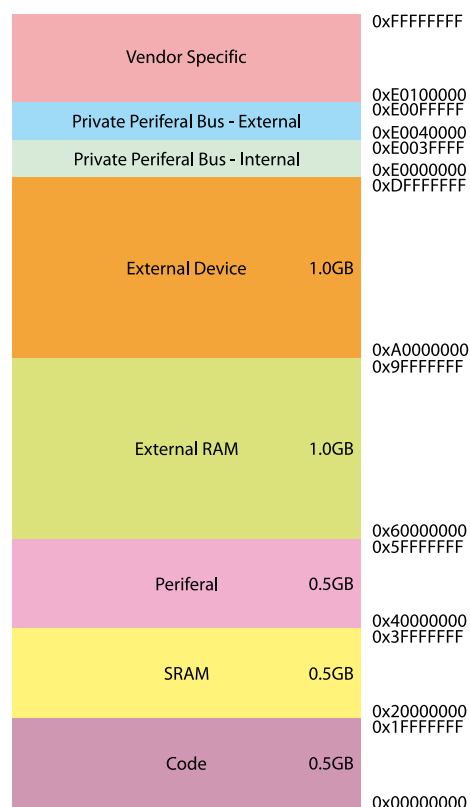


Рис. 1. Адресное пространство МК с ядром Cortex-M3

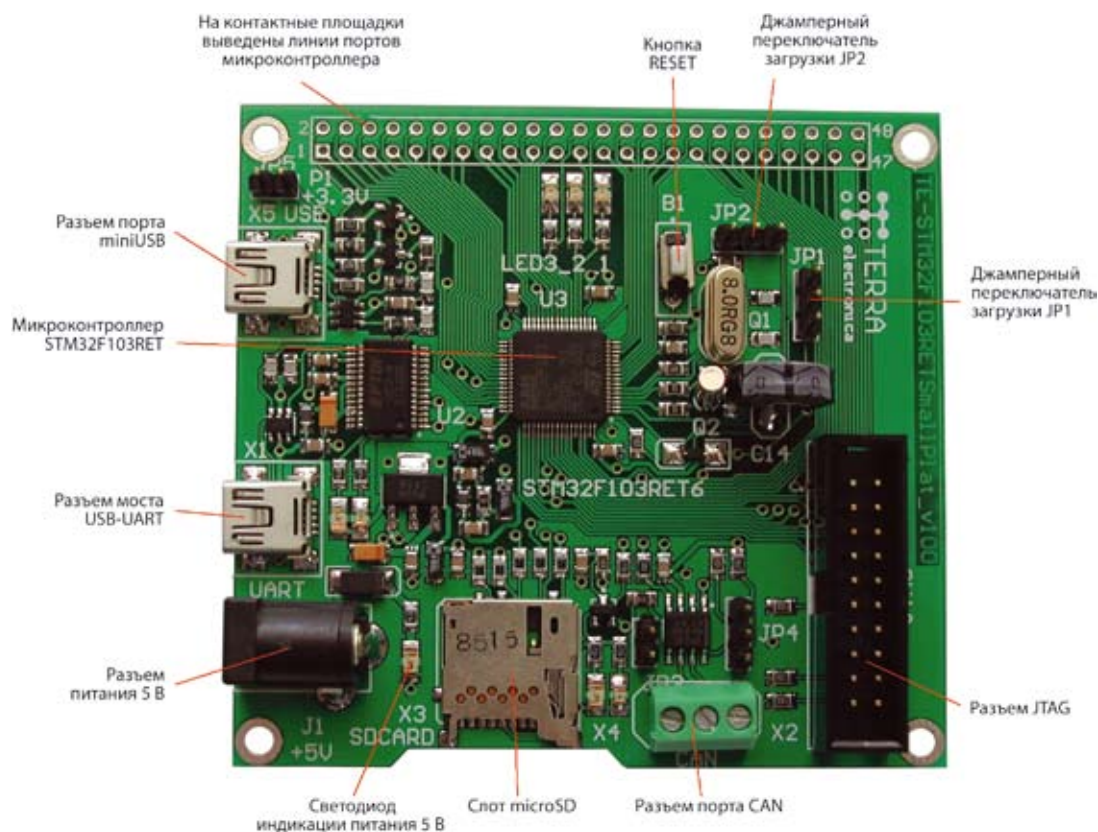


Рис. 2. Микроконтроллерный модуль TE-STM32F103

дятся, в т.ч. характерные для МК массивы ячеек с битной адресацией (два массива по 1 Мбайт каждый). Внутренняя флэш-память позволяет хранить как программы, так и данные.

Компания «Терраэлектроника» в рамках программы создания собственных микроконтроллерных средств разработала на основе МК из старшей линейки семейства STM32 встраиваемый модуль TE-STM32F103. При его проектировании решалась задача создания многоцелевого средства, способного функционировать в разном качестве в составе различных конфигураций аппаратуры. Планировались следующие основные роли.

1. Компактный бюджетный модуль на основе 32-разрядного МК с оптимальным набором интерфейсов, который можно использовать в конечном изделии и как производительный процессор смешанных сигналов, и как экономичный контроллер с минимальным интегральным потреблением энергии.

2. Отладочное средство при макетировании встраиваемых систем. Как известно, МК может служить генератором функциональных тестов для всего изделия. Модуль TE-STM32F103 имеет возможность загрузки тестовых программ через мост USB-UART и возможность отладки с использованием интерфейса JTAG.

3. Учебно-демонстрационное средство для освоения 32-разрядных МК. Небольшая цена, доступность всех портов МК на контактных площадках, расширяемый набор демо-программ являются весомыми аргументами для выбора модуля TE-STM32F103 в качестве платформы для перехода на современные производительные МК.

Модуль TE-STM32F103 (см. рис. 2) реализован на основе МК STM32F103RET6, который кроме процессорного ядра типа Cortex-M3 содержит на кристалле флэш-память объемом 512 Кбайт, ОЗУ 64 Кбайт, заключен в 64-выводный корпус LQFP и способен функционировать на максимальной тактовой частоте 72 МГц.

Структура микроконтроллеров старшей линейки STM32F103 приведена на рисунке 3.

Набор периферийных блоков МК STM32 включает до пяти интерфейсов USART, три интерфейса SPI, два интерфейса I²C, до шести 16-разрядных таймеров, тактовый генератор 4...16 МГц, встроенный RC-генератор с частотами 8 МГц и 40 кГц, 12-канальный DMA, два таймера WDT, часы реального времени. Важным преимуществом МК старшей линейки является наличие трех 12-разрядных АЦП, ЦАП, интерфейсов USB и CAN, двух таймеров PWM с тактовой частотой 72 МГц.

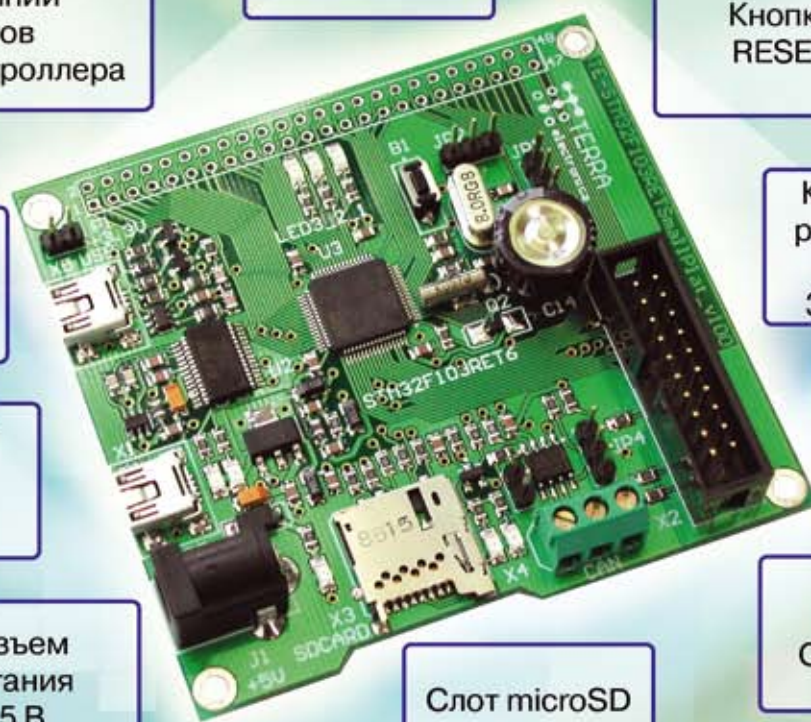
Важнейшим отличием ядра Cortex-M3 от ядра ARM7 является наличие встроенного контроллера вложенных прерываний. Его работа для программиста проявляется в том, что при возникновении запроса прерывания значения программного счетчика, регистров состояния и общего назначения автоматически помещаются в стек, а после выполнения процедуры обслуживания производится автоматическое восстановление их значения. Кроме ненужности фрагментов программы для манипуляций со стеком, важным является то, что при вложенных прерываниях вообще не требуется повторное сохранение регистров в стек, и время перехода к процедуре обслуживания вложенного прерывания сокращается до шести циклов. Контроллер обработки прерываний дополнен блоком обработки внешних прерываний, который способен преобразовывать сигналы с внешних выводов в сигналы запросов. Детекторы входных сигналов могут быть программно настроены на идентификацию фронта сигнала, спада и импульса.

Разработчикам встраиваемых систем часто требуется хороший интегрированный в микроконтроллер АЦП. Микроконтроллеры старшей линейки семейства STM32 имеют в своем составе три 12-разрядных самокалибрующихся АЦП (до 21 канала) с быстродействием 1 Msps. Несколько полезных опций, таких как сканирующий опрос

TE-STM32F103 «МАХАОН»



Переключайся на **Cortex-M3**



Все линии
портов
микроконтроллера

Джамперы и
светодиоды

Кнопка
RESET

Разъем
miniUSB
порта

USB-UART
МОСТ
FT232RL

Разъем
питания
+5 В

Кварцевые
резонаторы
8 МГц и
32,768 кГц

JTAG
разъем

Разъем
CAN-порта

Слот microSD
карты памяти

- На базе микроконтроллера STM32F103RET6
- 32 разряда, 72 МГц
- Ядро Cortex-M3
- 512 КБ Flash-памяти
- 12 бит АЦП и ЦАП

СДЕЛАНО
В ТЕРРАЭЛЕКТРОНИКЕ

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С ЯДРОМ CORTEX-M3 ОТ 1 ШТУКИ С НАШЕГО СКЛАДА!

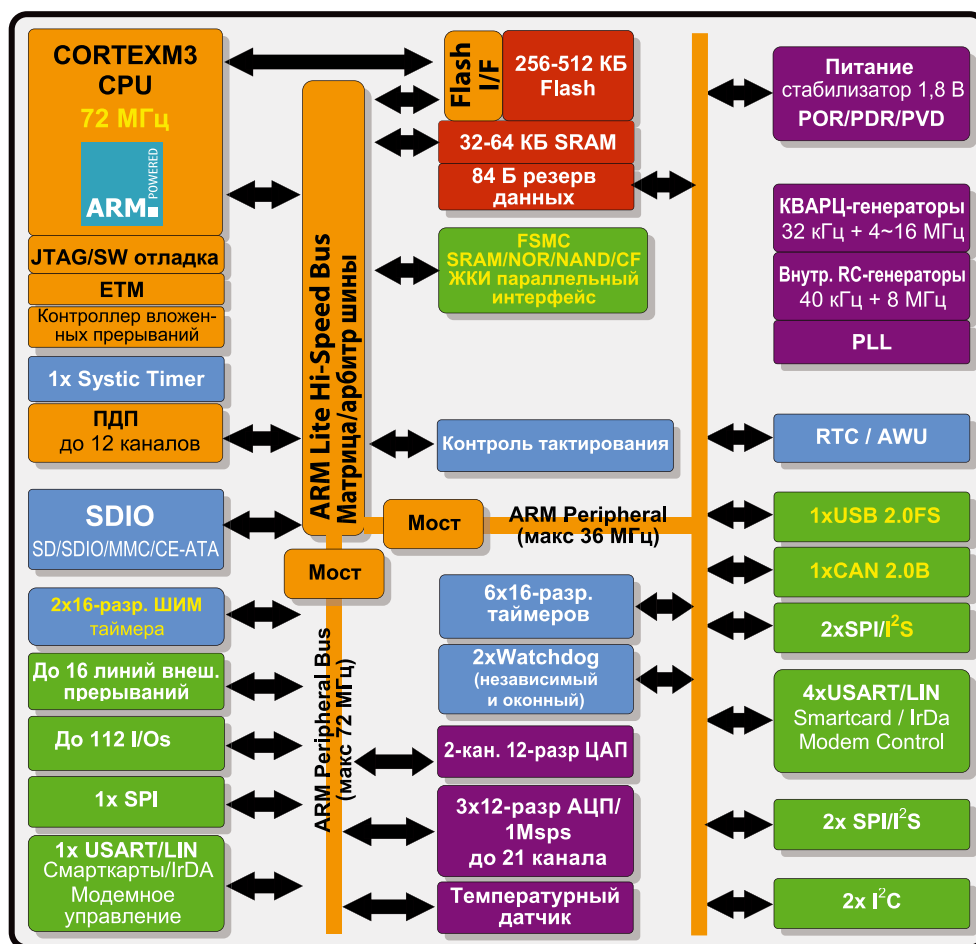


Рис. 3. Структура микроконтроллеров старшей линейки STM32F103

каналов и синхронная работа нескольких преобразователей, существенно упрощают работу. Интегрированный в кристалл датчик температуры можно подключить к АЦП, что важно для измерения режима работы основного компонента встраиваемой системы. Поскольку в составе микроконтроллеров STM32 имеется еще и 12-разрядный ЦАП, то их можно считать и аналого-цифровыми процессорами (mixed signal processors).

Большим удобством для многих применений является возможность использования в качестве источника синхросигнала внутреннего RC-генератора с частотой 8 МГц. Внешний кварцевый генератор может иметь частоту 4...16 МГц.

Преимуществом МК STM32 является большой диапазон возможного снижения энергопотребления — с 27 мА на частоте 72 МГц до 1,4 мкА в режиме работы только часов реального времени от батареи. Имеется четыре режима работы с малым энергопотреблением. Напряжение питания составляет 2,0...3,6 В, встроенный супервизор питания позволяет сократить количество схем обвязки.

МК STM32F103RET6 имеет три 16-разрядных порта с индивидуально программируемыми выводами, каждый вывод имеет несколько альтернативных функций. Все выводы портов МК на плате модуля TE-STM32F103 подключены к контактным площадкам, в отверстия которых можно установить штыревой разъем. Через контактные площадки доступны в т.ч. последовательные порты МК (UART, CAN, SPI, I2C), а также входы АЦП и выходы ЦАП. Обвязка МК включает кварцевые резонаторы на 8 МГц и 32 кГц, а также ионистор, заменяющий аккумулятор резервного питания.

Для подключения к компьютеру или другому host-устройству модуль TE-STM32F103 имеет два разъема miniUSB. Один из них связан с портом USB-device микроконтроллера, а другой является принадлежностью моста USB-UART. Мост выполнен на базе микросхемы FT232RL, позволяет загружать код программы во внутреннюю память МК. Для программирования и отладки имеется разъем JTAG стандартного для ARM-микроконтроллеров формата 2x10 выводов.

Для подключения к сети CAN предусмотрены клеммный соединитель типа DB-09B. Драйвер выполнен с использованием микросхемы SN65HVD230.

Накопление информации и ее перенос производится с использованием карт microSD. Для этого на плате установлен слот с функцией обнаружения вставленной карты.

Питание модуля TE-STM32F103 может осуществляться от внешнего источника 5 В, порта miniUSB, моста USB-UART. Все источники разделены диодами и могут быть подключены одновременно.

Сбалансированный набор перечисленных выше аппаратных средств модуля размещен на компактной плате небольших размеров (72x77 мм), которая имеет по углам крепежные отверстия.

Для модуля TE-STM32F103, как и для других модулей от «Терраэлектроники», разработан и выполняется комплекс мероприятий по сопровождению производства и эксплуатации. Для модуля TE-STM32F103 создан набор тестирующих программ, который используется для контроля при производстве. Исполняемые коды программ передаются вместе с модулем разработчику; применение тестирующих программ описано в руководстве пользователя. На прилагаемом к модулю компакт-диске имеется программа

Flash Loader Demonstrator для загрузки программ во флэш-память МК STM32. Таким образом, модули могут быть проверены как в процессе разработки системы, так и в процессе ее эксплуатации.

Для облегчения освоения МК семейства STM32 в состав документации модуля TE-STM32F103 включены проекты демо-программ (с исходными текстами на языке Си), работающих с важнейшими аппаратными компонентами модуля. На текущий момент это две программы. Одна из них демонстрирует инициализацию процессорного ядра и контроллера прерываний, после этого в программе обслуживания таймера зажигает светодиоды. Вторая программа реализует на порте микроконтроллера класс USB CDC (Communication Device Class), осуществляет прием данных от компьютера через виртуальный COM-порт модуля и передачу данных через интерфейс USB модуля.

Комплект поставки модуля TE-STM32F103 включает все необходимое для быстрого начала работы. Кроме собственно модуля, в комплект входит кабель miniUSB, компакт-диск с программами и технической документацией, руководство пользователя в печатном виде.

Кабель miniUSB позволяет подключить модуль к контроллеру, подать от него питание 5 В и выполнить загрузку программ во внутреннюю флэш-память.

На компакт-диске имеются папки Demo program, Documentation, Driver, Schematic, Software, TESTs. В папке Demo program находятся проекты демонстрационных программ, подготовленные для трансляции в среде IAR Workbench Kickstart. В папке Driver находится драйвер микросхемы FTDI232RL моста USB-UART. В папке Schematic можно найти принципиальную схему модуля в формате .pdf, а в папке Documentation — описания типа Data Sheet основных компонентов схемы. В папке Software находятся установочные файлы бесплатных версий среды программирования IAR Workbench Kickstart и загрузчика Flash Loader Demonstrator. В папке TESTs хранятся загрузочные модули тестовых программ.

Ядро Cortex-M3 принадлежит к новому поколению 32-разрядных архитектур, а семейство микроконтроллеров STM32 воплощает его структурные новации с использованием новейшей микроэлектронной технологии. Затраченные усилия по освоению нового ядра с лихвой окупаются возможностью просто, быстро и эффективно решать современные задачи. Все это позволяет рекомендовать семейство STM32 и модуль TE-STM32F103 для реализации перспективных встраиваемых систем, а также для перехода с 8- и 16-разрядных микроконтроллеров на 32-разрядные.

НОВОСТИ ИЗ МИРА ДИСПЛЕЕВ

| LG DISPLAY ПРИСТУПИТ К ПРОИЗВОДСТВУ 30-ДУЙМОВЫХ OLED-ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ | LG Display, входящая в состав LG Group, планирует приступить к производству 30-дюймовых светодиодных (OLED) панелей для телевизоров в 2012 г., — сообщает TradingMarkets со ссылкой на заявление главного исполнительного директора компании Квон Ян Су (Kwon Young-soo). Производство телевизионных OLED-панелей должно стать новым источником дохода компании. До конца 2009 г. планируется нанять 1,7 тыс. сотрудников для исследовательских работ и разработки OLED-технологий.

На днях компания заявила о намерении, в связи с возрастающим спросом, инвестировать 2,5 млрд. долл. в строительство дополнительной линии по производству ЖК-панелей восьмого поколения в Корее. Массовое производство панелей на этой линии планируется запустить во 2-й половине 2010 г.

www.russianelectronics.ru

СОБЫТИЯ РЫНКА

| ПРИБЫЛЬ LG DISPLAY УПАЛА НА 60% | Руководство входящей в LG Group компании LG Display, одного из ведущих производителей дисплеев, объявило о падении прибыли на 60% во II кв. 2009 г. Снижение выручки произошло, несмотря на рекордное число продаж, — сообщает Associated Press.

С апреля по июнь прибыль компании LG Display составила 237 млн. долл., тогда как в том же периоде 2008 г. выручка составляла 543 млн. долл. Кроме того, руководство LG сообщило о том, что убытки компании в I кв. этого года составили 18 млн. долл. В то же время уровень продаж продукции компании по сравнению с прошлым годом вырос на 16%. «У нас рекордное число продаж в этом году, а спад прибыли связан со срочным открытием новых производственных линий и адаптацией рыночных операций к требованиям заказчика», — отметил руководитель компании Квон Ян Су (Kwon Young-soo).

LG Display получила ряд предписаний комиссии Евросоюза, связанных с необходимостью устранить нарушения компанией антимонопольных правил ЕС. Сотрудники комиссии Евросоюза считают, что LG Display договорилась об установке единой цены на мониторы со своим главным конкурентом — Royal Philips Electronics NV. В прошлом году LG Display и его подразделения в США — LG Display America Inc — выплатили 400 млн. долл. в качестве штрафа за нарушения антимонопольного законодательства этой страны в период с 2001 по 2006 гг.

www.russianelectronics.ru

СОБЫТИЯ РЫНКА

| ОСЕННИЙ ФОРУМ INTEL | С 22 по 24 сентября в Сан-Франциско компания Intel проведет традиционный осенний Форум Intel для разработчиков. Ожидается, что будут представлены детальные спецификации мобильной платформы Calpella для ноутбуков, а также платформы Moorestown для MID-устройств. Возможно, компания даже продемонстрирует инженерные образцы продуктов на базе Moorestown. Также на этом IDF могут появиться новые сведения о платформе Medfield, выход которой ожидается в 2011 г.

www.russianelectronics.ru