

Sitara AM335x — новая линейка микропроцессоров для промышленных применений с ядром Cortex-A8

Александр САМАРИН

Компания Texas Instruments (TI) является бесспорным мировым лидером на рынке микропроцессоров ARM и продолжает непрерывно расширять их ассортимент. Высокопроизводительные микропроцессоры Sitara с ядром Cortex-A8 являются ключевым продуктом компании в этом сегменте. Особенностью недавно разработанной линейки микропроцессоров AM335x семейства Sitara является архитектура с расширенным набором интегрированных аппаратных модулей, ориентированная на использование в промышленных приложениях.

Введение

Первые микропроцессоры семейства Sitara были разработаны TI еще в 2009 г. В их структуре использовались ядра ARM9 (линейка AM17/18x), которые обеспечивали производительность до 410 MIPS, работая на частотах до 465 МГц. В 2005 г. Texas Instruments приобрела первую лицензию на ARM Cortex-A8. В последующих разработках микропроцессоров Sitara стало использоваться ядро Cortex-A8,

обеспечивающее большую производительность при работе на более высоких частотах.

В настоящее время семейство высокопроизводительных микропроцессоров Sitara ARM состоит более чем из 120 модификаций с ядрами ARM Cortex-A8 и ARM9 (рис. 1).

Работая на частотах от 275 МГц до 1,5 ГГц, микропроцессоры Sitara обеспечивают широкий выбор возможностей для реализации приборов в различных секторах приложений. При этом обеспечивается полная програм-

мная совместимость среди всех членов семейства — как ARM Cortex-A8, так и ARM9.

Благодаря использованию стандартных ARM-ядер (а именно ARM9 и Cortex-A8), а также стандартного набора периферийных модулей обеспечиваются широкие возможности для переносимости программного кода в рамках семейства за счет модульности и универсальности программных компонентов, что позволяет разработчику с минимальными трудозатратами модифицировать свои продукты.

	AM18x	AM335x	AM35x	AM37x
Тип ядра процессора	ARM9 до 465 МГц	Cortex-A8 до 720 МГц	Cortex-A8 до 600 МГц	Cortex-A8 до 1 ГГц
Производительность	До 410	До 1440	До 1200	До 2000
Графика	N/A	SGX530	SGX530	SGX530
Память	LPDDR1/DDR2	LPDDR1/DDR2/DDR3	LPDDR1/DDR2	LPDDR1
Операционная система	Linux/WinCE/StarterWare	Linux/WinCE/Android/StarterWare	Linux/WinCE/Android	Linux/WinCE/Android
Базовые модули	Контроллер ЖК-дисплеев, SATA, Video In/Out, 10/100 EMAC, USB w/PHY	Контроллер ЖК-дисплеев, CAN, 10/100/1000 EMAC	Дисплейные подсистемы, Video In/Out, 10/100 EMAC, CAN, USB w/PHY	Дисплейные подсистемы, Video In/Out, функция формирования встроенных окон видеоизображения, USB, Lowest power
Приложения	Интеллектуальные измерительные модули, Wi-Fi маршрутизатор	Персональные GPS-навигаторы, домашние сети управления, промышленная автоматика	IA, промышленные контроллеры, домашние мультимедийные роутеры	Персональные GPS-навигаторы, планшетные компьютеры, PDT
Цена	От \$4,55 (10K)	От \$7,50 (10K)	От \$12,25 (10K)	От \$12,25 (10K)

Рис. 1. Характеристики линеек микропроцессоров семейства Sitara

Старшие члены семейства Sitara — микропроцессоры линейки Am38x — обеспечивают работу на частотах до 1,5 ГГц (производительность до 3000 MIPS) и предназначены для использования в медицинских приборах, приборах и системах управления промышленной автоматикой и телекоммуникационных устройствах. Операционные среды: Neutrino, Integrity, Windows Embedded CE, Linux, VXWorks, Android. Для организации пользовательского интерфейса микроконтроллеры содержат средства подключения двух дисплеев высокого разрешения. AM3894 Sitara также имеет встроенный графический ускоритель трехмерной графики SGX530.

В микропроцессорах Sitara используются два напряжения питания: 1,5/1,8 В для питания ядра и 3/3,3 В — для интегрированных периферийных устройств.

Области применения микропроцессоров Sitara:

- портативные терминалы обслуживания клиентов;
- одноплатные компьютеры;
- специализированные пользовательские интерфейсы;
- медицинские приборы;
- портативные приборы с малым энергопотреблением;
- навигационные приборы;
- автоматика для зданий и жилых помещений;
- «умные» дисплеи;
- игровые приставки.

Особенности использования микропроцессоров в секторе промышленной автоматик

Производительность важна для любых современных систем, будь то бытовая техника, телекоммуникационное оборудование или приборы систем промышленной автоматик. Практика показывает, что в настоящее время не может быть «лишней» производительности, имеет смысл лишь ее цена. Производительность определяется разрядностью, тактовой частотой, а также наличием определенных встроенных модулей аппаратного ускорения или поддержки специфических функций, характерных для определенных областей применения. Для проматоматики — это необходимость работы со специфическими стандартными интерфейсами, такими как EtherCAT или PROFIBUS. Для поддержки высокой производительности по данным интерфейсам раньше требовалось применение дополнительных заказных микросхем контроллеров и определенного программного ресурса самого микропроцессора. Новая архитектура обеспечивает на аппаратно-программном уровне поддержку промышленных интерфейсов указанных стандартов, обеспечивая высокую производительность работы промышленной шины данных, освобождая микропроцессор от ряда рутинных операций.

Члены семейства Sitara AM335x, разработанные недавно TI, имеют различные наборы встроенных модулей аппаратной функциональной поддержки, использование которых позволяет значительно повысить эффективность приборов, ориентированных на промышленный сектор.

Архитектура микропроцессоров AM335x

Микропроцессоры серии AM335x основаны на ядре ARM Cortex-A8, дополненном аппаратным встроенным модулем графического ускорителя для работы с 2D- и 3D-графикой, расширенными периферийными модулями, которые поддерживают опционально промышленные интерфейсы EtherCAT и PROFIBUS. Для всех микропроцессоров семейства можно использовать следующие операционные системы высокого уровня, которые компания TI предоставляет бесплатно: Linux; Windows CE; Android.

На рис. 2 показана архитектура микропроцессоров линейки AM335x.

Микропроцессор AM335x состоит из следующих базовых подсистем:

- микропроцессорный блок (MPU), основанный на ядре ARM Cortex-A8 с блоками программной памяти и ОЗУ;
- коммуникационные последовательные порты;

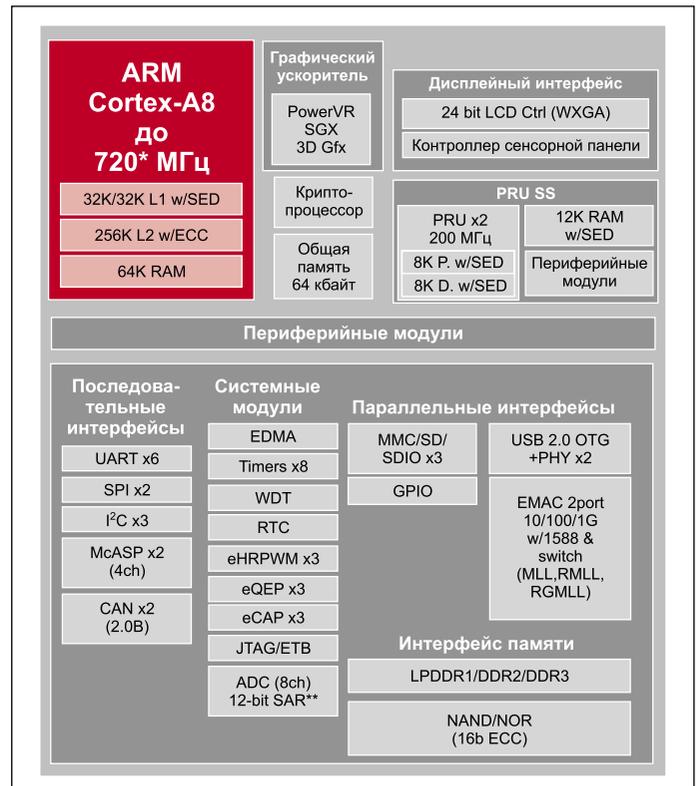


Рис. 2. Архитектура микропроцессоров линейки Sitara AM335x

- системные модули (часы реального времени, сторожевые таймеры, управление питанием, встроенные АЦП, отладочный интерфейс и т. д.);
- интерфейс памяти (DDR/DDR2, NAND/NOR, MMC/CD/SDIO);
- двухпортовый коммутатор Gigabit Ethernet;
- криптопроцессор;
- графический ускоритель SGX для ускорения операций 3D-графики, дисплейных функций и игровых эффектов;
- общая разделяемая память ОЗУ;
- дисплейный контроллер;
- контроллер сенсорной панели;
- программируемый модуль реального времени PRUSS (Programmable Real-Time Unit Subsystem);
- система внутренних шин (Interconnect).

Подсистема ускорения графики SGX реализована TI на базе ядра POWERVR SGX530 компании Imagination Technologies Ltd.

Память адресуется в гигабитном пространстве. Частота тактирования памяти до 606 МГц (DDR3).

Члены семейства AM335x имеют различные наборы модулей аппаратной функциональной поддержки. Это и определяет как цену микросхемы, так и ключевые сектора ее применений. Опциональные модули, присутствующие в структуре только отдельных модификаций AM335x:

- графический ускоритель;
- программируемый модуль ускорения процессов обработки в реальном времени.

Основные характеристики микропроцессоров AM335x ARM Cortex-A8:

- Ядро ARM Cortex-A8 с тактовой частотой до 720 МГц с поддержкой операционных систем высокого уровня, включая Linux и Android, а также многочисленных рабочих режимов энергопотребления и производительности.
- Интегрированные широкополосные коммуникационные периферийные устройства (интерфейсы USB 2.0 с поддержкой PHY, двухпортовый коммутатор Gigabit Ethernet, CAN, PRU, поддерж-

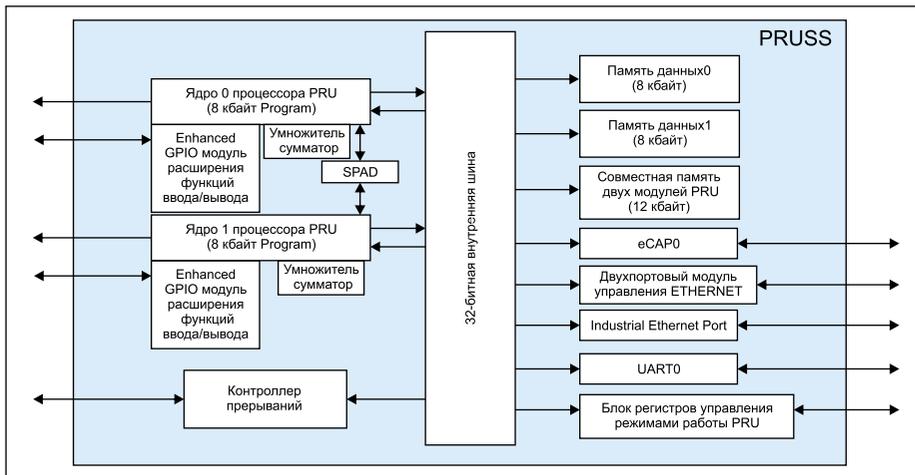


Рис. 3. Структура модуля реального времени PRUSS

мы на кристалле через шину Interface/OCF Master port. В свою очередь, хост-процессор также имеет доступ ко всем ресурсам модулей PRU. Ядра процессоров PRU программируются своей специфической системой с ограниченным набором команд. Ядра могут функционировать как совершенно независимо, так и в координации друг с другом или же с хост-процессором. Алгоритм функционирования ядер PRU определяется загружаемой в память программой при инициализации микропроцессора. Набор команд обеспечивает выполнение ряда операций, обеспечивающих значительное повышение производительности при работе с данными периферии, например портов Ethernet или UART. На UART как раз и реализуется стандарт полевой шины PROFIBUS (физический интерфейс RS-485; используется в промышленных сетях с разными протоколами, скорость обмена — до 10 Мбод).

Модуль EGP (Enhanced GPIO)

Модуль EGP поддерживает коммутацию данных порта напрямую в ядро PRU или наоборот — из ядра PRU на выходы GPIO, запись данных в регистр ядра PRU по переднему фронту тактирующего импульса, 28-разрядный сдвиг последовательных данных, а также режим управления MII_RT через входы портов общего назначения. Управление этими режимами производится через конфигурационные регистры CFG модуля PRUSS.

Система синхронизации портов PRUSS

Порт UART в PRUSS может работать с интерфейсами RS-232 или RS-485 и тактируется частотой 192 МГц, что обеспечивает высокие скорости передачи данных (10 Мбод) для интерфейса RS-485. Другие порты PRU синхронизируются частотой 200 МГц.

Контроллер прерываний (INTC)

Важным компонентом системы реального времени является контроллер прерываний. Он обеспечивает взаимную синхронизацию передачи данных по событиям реального времени как внутри структуры PRUSS, так и при обмене данными с хост-процессором. Контроллер обрабатывает и формирует как аппаратные, так и программные прерывания от ядер PRU и хоста. Через контроллер прерываний может синхронизироваться и координироваться по событиям работа обоих ядер PRU и хоста.

INTC обеспечивает поддержку прерываний по 64 событиям. Кроме того, от PRU формируются 16 программных прерываний от ядер PRU в хост и 10 со стороны хоста.

Почтовый ящик для внутрипроцессорных обменов данными

Для передачи данных или сообщений между различными асинхронно работающими устройствами микропроцессорной системы AM335x используется и механизм почтового

ка шифрования данных Crypto, производительные интерфейсы с памятью LPDDR1/DDR2/DDR3), обеспечивающие адаптируемость устройств и быструю передачу данных.

- Интегрированный контроллер трехмерной графики и сенсорного экрана, обеспечивающий возможность работы с современными графическими интерфейсами пользователя и интерфейсами сенсорного экрана.

Далее более подробно рассмотрим структуру и работу только тех модулей, которые являются особенностью архитектуры AM335x и могут быть интересны для промышленного сектора приложений. Остальные встроенные модули являются стандартными для многих микроконтроллерных архитектур.

Дисплейный контроллер

Дисплейный контроллер обеспечивает интерфейсы со следующими типами дисплеев:

- символьными;
- пассивными матричными ЖК;
- ЖК-дисплеями с активной адресацией с разрешением до WXGA (1366×768).

Контроллер сенсорной панели

Контроллер сенсорной панели обеспечивает поддержку «тачскринов», в которых используются различные топологии резистивных сенсорных панелей: четырех-, пяти- и восьмипроводные. Используется в интерактивных системах с графическим интерфейсом пользователя. В секторе промышленной автоматки может применяться в терминалах и операторских панелях, а также интеллектуальных измерительных приборах.

Двухъядерный модуль системы реального времени

Программируемый модуль реального времени PRUSS (Programmable Real-time Unit Subsystem) является, по сути, вспомогательным процессором, позволяющим разгрузить основной процессор (хост) при работе с коммуникационными портами, вы-

полняя простые операции протоколов обмена данными с внешними устройствами. Он состоит из двух 32-разрядных RISC процессорных ядер PRU (Programmable Real-Time Units), имеющих свою программную память для исполняемых команд, общее ОЗУ данных, а также встроенные периферийные модули и контроллер прерываний (INTC). Программируемая структура PRU обеспечивает как доступ непосредственно к выводам портов, так и привязку к заданным событиям реального времени, обеспечивая гибкость и максимальную скорость при обслуживании периферийных интерфейсов в реальном масштабе времени. При этом используется технология энергосбережения, заключающаяся в отключении компонентов модуля при отсутствии необходимости их активности. На рис. 3 показана структура модуля PRUSS.

Модуль PRUSS применялся ранее в предыдущих поколениях ARM микропроцессоров TI. В серии Sitara в линейке процессоров Am18x реализована структура нового поколения системы реального времени PRUSS (PRUSSv2). По сравнению с предыдущим поколением, представленным в линейках AM1x и OMAP-L13x, эта версия включает дополнительные возможности:

- больший объем памяти данных ОЗУ (8 кбайт вместо 512 байт) и памяти команд (8 кбайт вместо 4 кбайт);
- 12 кбайт RAM с общим доступом;
- расширенные порты ввода/вывода (EGPIO), обеспечивающие поддержку последовательных, параллельных интерфейсов;
- система пинов, относящихся к модулю PRU;
- сверхоперативная память (SPAD), общая для двух ядер PRU (тридцать 32-разрядных регистров);
- модуль аппаратного умножителя с сумматором (MAC);
- собственные периферийные модули (UART, eCAP, MII_RT, MDIO, и IEP).

Точно так же, как и PRU предыдущего поколения, эта система имеет доступ ко всем ресурсам основного хост-процессора систе-

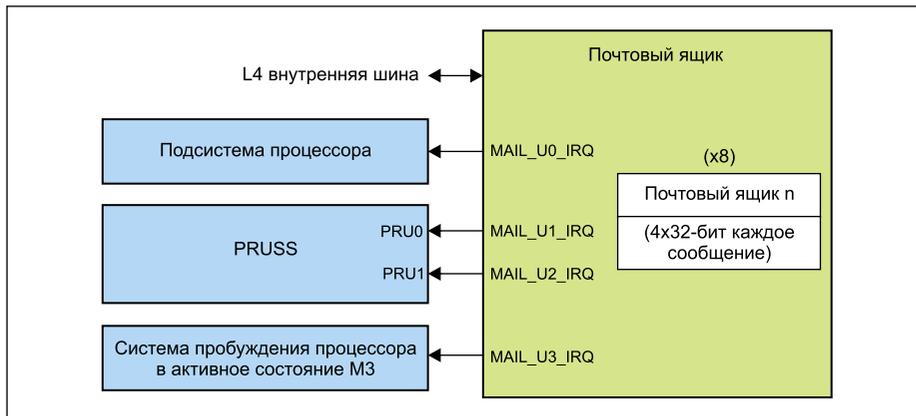


Рис. 4. Структура интерфейсов с почтовым ящиком

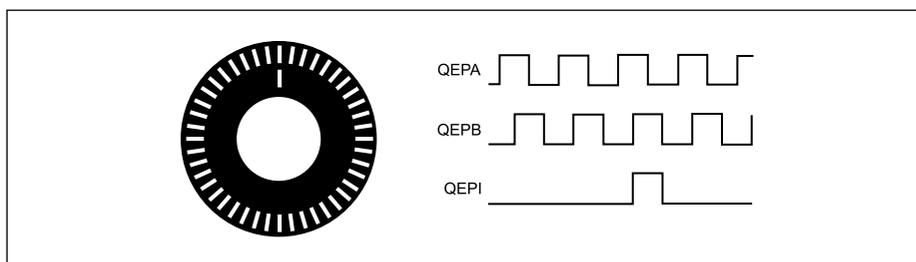


Рис. 5. Пример дискового кодера угла поворота и диаграммы сигналов с фотодатчиков

ящика (MailBox). На рис. 4 показана структура связей почтового ящика.

Почтовый ящик содержит восемь секций, в каждой из которых расположены четыре 32-разрядных регистра для передачи сообщений между адресатами. Каждая секция обеспечивает передачу данных (сообщений) только в одном направлении и только между двумя адресатами. Каждая секция предварительно программируется. Задаются адреса сторон, участвующих в передаче данных. Уведомление о наличии сообщения для получателя обеспечивается через механизм прерывания. Этот механизм позволяет передавать параметры между различными независимыми процессами «на лету» без взаимного вмешательства и не требует синхронизации по тактированию. Почтовый ящик обеспечивает обмен данными между ядром процессора, периферийными устройствами и модулями процессоров реального времени.

Модуль квадратурного энкодера (Enhanced Quadrature Encoder Pulse, eQEP)

Во многих устройствах промышленной автоматизации, в частности, в робототехнике и станках с ЧПУ, в качестве датчиков угла положения, а также для измерения скорости вращения используются дисковые кодеры с массивом щелевых меток. На рис. 5 показан пример такого кодового диска. В структуре AM335x имеется три подобных модуля, аппаратно реализована поддержка работы с датчиком такого типа: обеспечиваются процедуры счета импульсов и преобразования в код угла положения или скорости вращения.

Технология EtherCAT

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) является стандартом для промышленных Ethernet-приложений в системах реального времени, таких как: устройства ввода/вывода, датчики, программируемые логические контроллеры (PLC).

EtherCAT расширяет возможности обычной технологии Ethernet и делает ее очень эффективной для сетей автоматизации при полной совместимости с обычной Ethernet-сетью. Структура EtherCAT (рис. 6) позволяет использовать любой стандартный компьютер в качестве EtherCAT-«мастера» для связи с устройствами сети типа EtherCAT-slave, удовлетворя-

ющими спецификации EtherCAT. Устройства master и slave EtherCAT могут применяться во всех сетевых приборах промышленной автоматизации — промышленных контроллерах, панелях оператора, удаленных терминалах и устройствах ввода/вывода, модулях датчиков, приводах и драйверах.

Усовершенствование стандартной технологии Ethernet происходит посредством реализации процессов обработки «на лету» (on-the-fly), при которой узлы сети EtherCAT могут читать данные кадров, проходящие через модуль узла. Все EtherCAT-кадры подаются из «мастера», который посылает команды и данные исполнительным (slave) узлам сети (рис. 7). А данные, которые должны быть переданы от исполнительного узла обратно «мастеру», записываются slave непосредственно в проходящий через него кадр данных. Это позволяет отказаться от использования при обмене короткими кадрами протокола «точка-точка» между ведущими и ведомыми устройствами и значительно улучшить эффективность канала обмена данными. Однако для поддержки этого в ведомом устройстве требуется реализовать два порта Ethernet, чтобы обеспечить прохождение «насквозь» кадров данных от ведущего устройства и одновременно быстрое чтение проходящего кадра и запись добавочных данных в выходной кадр, а следовательно, требуется применение специализированной аппаратной поддержки.

EtherCAT может работать в режиме как реального, так и недетерминированного времени. В режиме недетерминированного времени она совместима с архитектурой обычного Ethernet. А в режиме реального времени (EtherType) гарантирует доставку пакета данных, что вполне удовлетворяет требованиям промышленных сетей управления. «Мастер» сети (ведущее устройство) организует обмен данными циклично. Кадры Ethernet от «мастера» сети последовательно обходят все ведомые устройства, каждое из которых на лету находит свой адрес в кадре, считывает или вставляет дан-

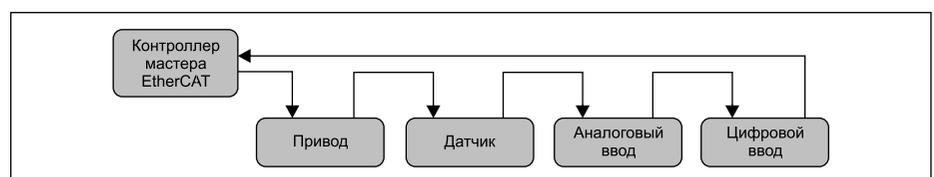


Рис. 6. Топология сети EtherCat

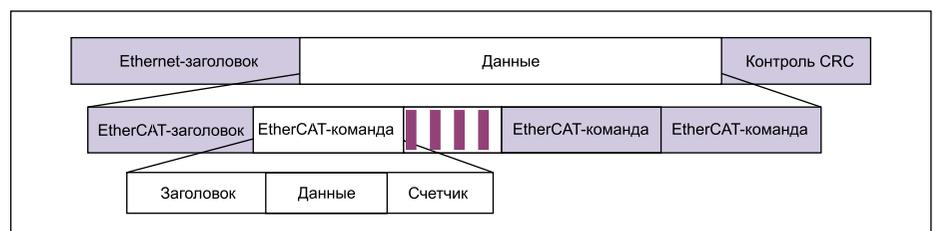


Рис. 7. Формат кадра EtherCAT

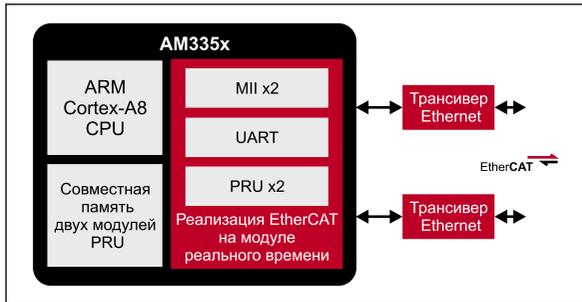


Рис. 8. Реализация порта EtherCAT-slave в микропроцессоре AM335x

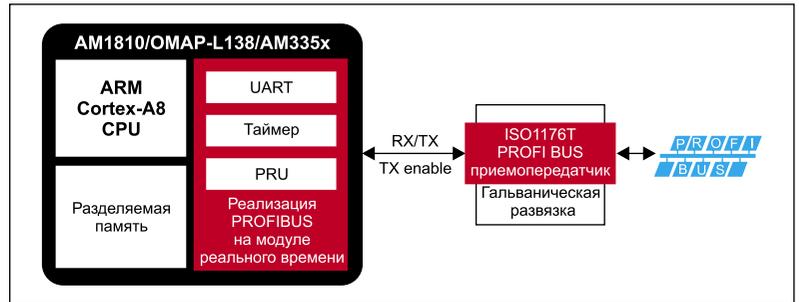


Рис. 11. Поддержка шины PROFIBUS в структуре микропроцессоров Sitara

ные (от 2 бит до 64 кбайт) и отправляет кадр дальше. Процесс чтения/записи в ведомых устройствах выполняется с помощью специального контроллера EtherCAT аппаратно.

Ведомые устройства в сети только выполняют команды ведущего.

Аппаратная поддержка EtherCAT в AM335x

В модуле PRUSS реализована аппаратная поддержка интерфейса EtherCAT (рис. 8). Во-первых, организовано управление двумя физическими портами Ethernet, которые необходимы для режима EtherCAT-slave. Для приема, формирования и вставки пак-

етов «на лету» используются ресурсы процессоров PRU, которые должны быть запрограммированы на выполнение процедур протокола обмена.

Архитектура программной поддержки EtherCAT в AM335x

Поддержку реализации EtherCAT-slave в микросхемах серии AM355x обеспечивают три программных компонента. Первый — микросхема, обеспечивающий функционирование Layer 2 посредством PRU; второй — прикладной стек EtherCAT-slave, который поддерживается работой программы микропроцессора ARM; третий обеспечивает поддержку кон-

кретного промышленного приложения и зависит от вида оконечного оборудования. Есть также и дополнительные компоненты, например такие, как протокол уровня адаптации, а также драйверы устройства, которые поставляются TI в составе ПО отладочного набора. На рис. 9 показана структура программной поддержки EtherCAT в AM335x.

PROFIBUS

PROFIBUS (PROcess Field BUS) — открытая промышленная сеть, использующая обмен данными между ведущим и ведомыми устройствами. Она позволяет объединять разрозненные устройства автоматизации на уровне датчиков и приводов в единую систему. Шина PROFIBUS (рис. 10) используется для соединений контроллеров с удаленными модулями ввода/вывода, датчиками, актуаторами, а также другими компонентами сети. Физический уровень шины — интерфейс RS-485.

Для реализации протокола фактически используется UART-интерфейс микропроцессора и определенная программная поддержка (формирование кадров сообщений, прием сообщений, валидация и т. п.). Чтобы разгрузить хост-процессор от обязанности заниматься обслуживанием протокола, до настоящего времени использовались вспомогательные микросхемы, реализованные на ПЛМ или ПЛИС.

Поддержка шины PROFIBUS от Texas Instruments

TI обеспечивает работу протокола шины PROFIBUS в поколениях микропроцессоров Sitara AM1810 ARM9 и AM335x ARM Cortex-A8 (рис. 11). Порты микропроцессоров подключаются непосредственно к трансиверам интерфейсов RS-485, поэтому дополнительных заказных микросхем ПЛМ или ПЛИС не требуется.

Формирователь кадра для шины PROFIBUS в реальном времени (Fieldbus Data Link, FDL) инкапсулирован в подсистеме программируемого модуля реального времени (PRU). В линейке Sitara AM335x ARM Cortex-A8 используется модуль PRU второго поколения, который обеспечивает поддержку стандарта промышленного Ethernet в дополнение к поддержке шины PROFIBUS. Работа модуля PRU обеспечивает передачу и прием кадров

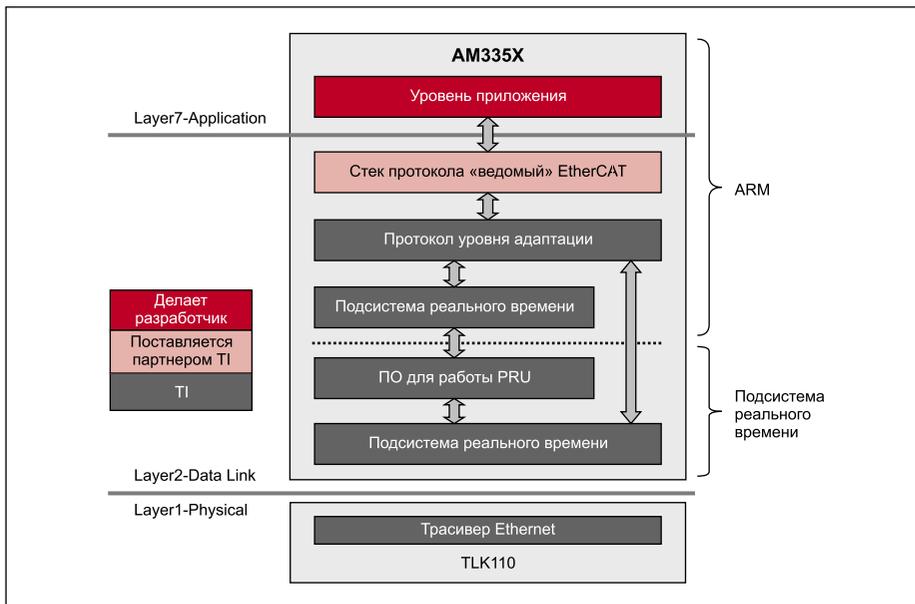


Рис. 9. Структура программной поддержки EtherCAT, реализованной в AM335x

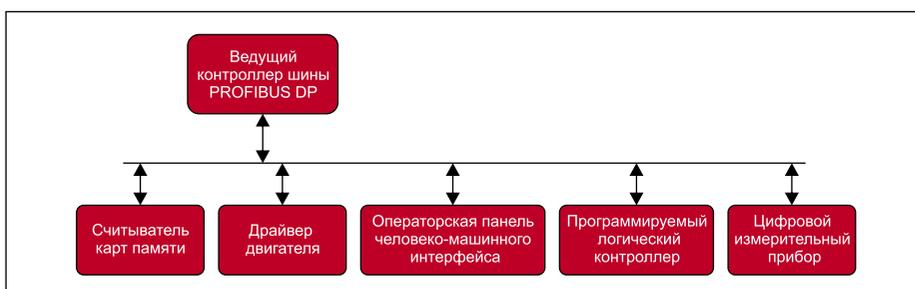


Рис. 10. Топология шины PROFIBUS DP Master

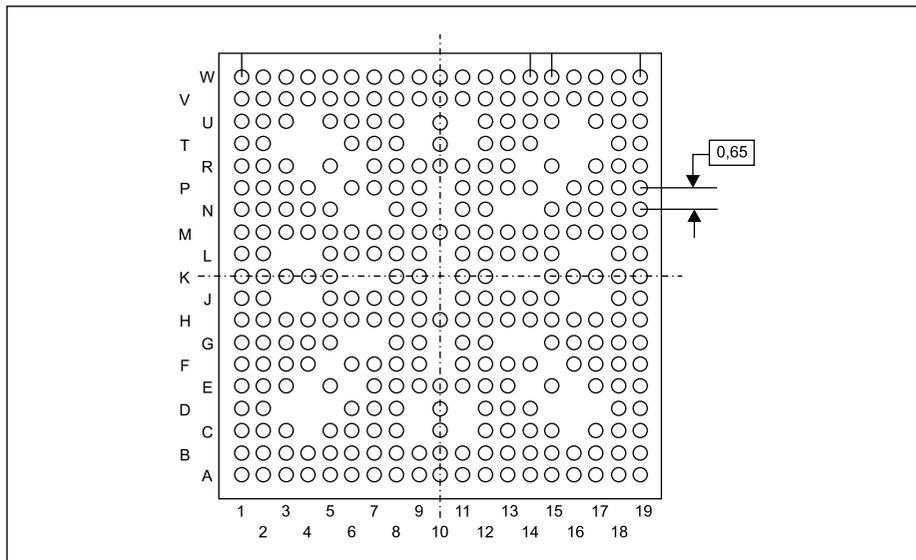


Рис. 12. Топология размещения шариков для корпуса ZCE

сообщений протокола PROFIBUS, проверку кадров и прием/передачу сообщений к процессору ARM и от него. Для коммуникации между PRU и хостом используется память данных с общим доступом (Shared Memory).

Типы и особенности корпусов

Микросхемы линейки AM335x поставляются в пластиковых BGA-корпусах двух типов: ZCE и ZCZ. Корпус ZCZ размером 15,1×15,1 мм имеет 324 вывода. Высота корпуса при монтаже всего 1,4 мм, шаг шариков 0,8 мм. Корпус используется для модификаций процессоров с расширенным числом портов ввода/вывода.

Корпус ZCE — 298-выводной пластиковый BGA (NFBGA). Он имеет меньшие габариты: 13,1×13,1×1,3 мм. Шаг шариков 0,65 мм. Более компактный корпус предназначен для исполнений, в которых не требуется расширенное число портов и более важно место на плате. Для упрощения разводки сигнальных цепей на печатной плате в этом корпусе применена специальная топология выводов шариков Via Channel (рис. 12).

Наличие распределенных пустых зон внутри матрицы выводов обеспечивает возможность разместить переходные отверстия в печатной плате и тем самым упростить разводку соединений. Для разводки сигнальных проводников достаточно всего два слоя металлизации (при общем числе слоев 4).

Модификации линейки AM335x и система обозначений

Имеются различные по производительности и по цене модификации микропроцессоров. Частота работы процессорного ядра задается в суффиксе названия при заказе (рис. 13). Есть три исполнения для температурного диапазона:

- без буквы — коммерческий (0...+90 °C)
- D — промышленный (-40...+90 °C);
- A — расширенный (-40...+105 °C).

Компания TI использует гибкую ценовую политику для оптимизации выбора нужной конфигурации микропроцессора из линейки AM335x (табл. 1). Цена микросхем линейки разная и зависит от диапазона рабочих частот процессора и наличия активных встроенных модулей:

- графического ускорителя;
- модуля PRU;
- поддержки PRU интерфейса EtherCAT.

Ускоритель криптопроцессора, контроллер сенсорной панели и дисплейный контроллер входят в штатную комплектацию всех членов семейства и не являются опциями. Однако, если эти модули не требуются в приложениях, они могут быть легко отключены для уменьшения энергопотребления.

Исходя из требований конкретного приложения, можно обеспечить оптимальный выбор микропроцессора с подходящей производительностью и набором встроенных периферийных модулей. Для реализации промышленных терминалов и операторских панелей, в которых используется графический интерфейс пользователя, нужно выбирать модификации микросхем с модулем графического ускорителя (AM3354/58/59). Для контроллеров датчиков и исполнительных устройств может потребоваться поддержка интерфейса EtherCAT (AM3357/59).

Все микропроцессоры являются совместимыми по выводам корпуса и программному обеспечению, что позволяет выбрать микропроцессор, максимально соответствующий требованиям промышленного приложения:

- Драйверы и устройства ввода/вывода. Специально разработанные для подключения сенсоров, исполнительных механизмов, драйверов двигателей, коммуникационных модулей, микропроцессоры AM3356/57 имеют сравнительно низкую рабочую частоту 275 МГц. Эти два устройства не требуют внешней памяти или какой-либо операционной системы, что делает их простыми и компактными.
- Промышленные программируемые логические контроллеры. Предоставляя высокую производительность и рабочую частоту до 720 МГц, микропроцессоры из линейки AM335x идеальны для применения в высокопроизводительных программируемых логических контроллерах, от которых требуется управление в реальном времени сетью устройств ввода/вывода в системах автоматизации.
- Системы человеко-машинного интерфейса HMI. Микропроцессоры AM3354/58/59 имеют встроенный ускоритель 3D-графики, который совместно с контроллером сенсорного экрана позволит создать интуитивный и высококачественный пользовательский интерфейс.

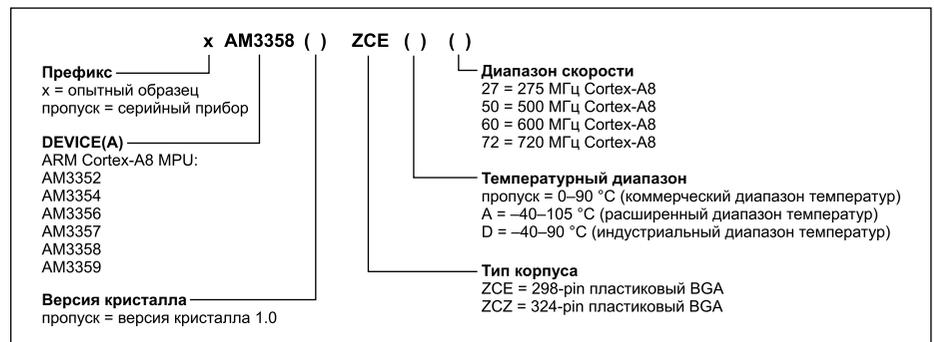


Рис. 13. Система обозначений при заказе микросхем семейства AM335x

Таблица 1. Основные отличительные параметры линейки микропроцессоров AM335x

Модель	AM3352	AM3354	AM3356	AM3357	AM3358	AM3359
Наличие PRU	нет	нет	есть	есть	есть	есть
Поддержка PRU интерфейса EtherCat	—	—	нет	да	нет	да
Ускоритель графики	нет	есть	нет	нет	есть	есть

Инструментальные программные средства (SDK) для разработки

SDK (Software Development Kit) — это пакет инструментов для разработчиков. Главное его предназначение — тестирование приложений с возможностью их отладки в реальном времени, что значительно упрощает разработку. Начинаящим пользователям система SDK позволяет ознакомиться с возможностями операционной системы и приложений, что весьма полезно на стадии выбора нового устройства.

Starter Ware

Программная среда Starter Ware 9, предоставляемая бесплатно TI, обеспечивает поддержку платформ на базе процессоров ARM9 и ARM Cortex-A8, не использующих операционные системы. Starter Ware содержит библиотеки для поддержки абстрактного уровня приборов, а также примеры программирования периферийных устройств — Ethernet, графики и интерфейса USB, и примеры приложений на уровне готовых модулей. Starter Ware может использоваться как независимо, так и в составе RTOS.

Основные характеристики Starter Ware:

- программирование периферийных интерфейсов;
- примеры приложений для каждого периферийного устройства для демонстрации приемов программирования и применения периферии;
- портируемость программ для всех приборов, использующих данный тип периферии;
- инструментарий для отладки программ на C;
- поддержка платформ Windows и Linux;
- поддержка компиляции программ Open Source (gcc) для ARM, а также компиляторов TI (TMS470) и IAR для ARM;
- графическая библиотека и стек USB (с конкретными примерами);
- среда Doxygen для разработки пользовательских интерфейсов (API) в комплекте с руководством.

Отладочная среда Linux EZ Software Development Kit

Отладочная среда Linux EZ Software Development Kit (EZ SDK) обеспечивает поддержку Sitara ARM Cortex-A8 and ARM9. Она проста в освоении и позволяет разработчикам быстро приобрести опыт работы с микропроцессорами ARM TI. Запуск демо-программ, программ тестирования и прикладных программ обеспечивается под графическим интерфейсом пользователя (GUI). Среда Sitara Linux EZ SDK также позволяет начать быструю разработку своего собственного приложения и облегчить его отладку.

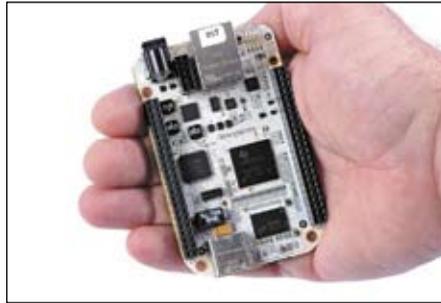


Рис. 14. Оценочный модуль BeagleBone

Отладочные (оценочные) наборы

Для облегчения и ускорения разработки на базе микропроцессоров AM335x компании Texas Instruments предоставляет собственные оценочные наборы и отдельные модули, а также разработанные фирмами-партнерами. Среди них есть оценочные платы с ценой менее \$200: модули Crane (\$195) или Beagle-XM (\$149). Есть и более дорогие оценочные наборы, включающие в себя дополнительные прикладные библиотеки и расширенный набор подключаемых периферийных устройств, таких как модуль TFT ЖК-дисплея — например, модуль оценочной платы AM35x EVM (\$999) или AM/DM37x (\$1495). Кроме того, разработка приложений на базе Sitara AM335x может осуществляться при помощи недорогой и полнофункциональной отладочной платформы BeagleBone от BeagleBoard.org (рис. 14).

Для разработки и отладки промышленных систем автоматизации компания выпускает два отладочных набора:

- TMDXIDK3359 — AM3359 Industrial Development Kit (IDK) — полнофункциональная высокоинтегрированная отладочная платформа, которая предназначена для промышленных коммуникационных приложений и систем управления электродвигателями. В состав платформы входят:

внешняя память DDR2 512 Мбайт, два драйвера для подключения двигателей, цифровые линии ввода/вывода, микроконтроллер Piccolo C2000 с интегрированными АЦП и ЦАП, микроконтроллер Stellaris Cortex-M3, USB, Ethernet, SPI, I²C и многое другое.

- TMDXICE3359 — AM3359 Industrial Communications Engine (ICE) — компактный оптимизированный отладочный инструмент для коммуникационных приложений.

Отладочный набор TMDXIDK3359 IDK для промышленных приложений

Отладочный набор TMDXIDK3359 IDK (рис. 15, 16) специально разработан для помощи в разработке промышленных приложений, таких как промышленные интерфейсы (EtherCat, CAN, RS-485), программируемые логические контроллеры (PLC) и управление приводами. В программное обеспечение комплекта IDK входят ядро реального времени SYS/BIOS, разработанное TI, а также драйверы EtherCAT и примеры реализации прикладного стека EtherCAT. Плата включает оптимизированный под EtherCAT трансивер, отладочный интерфейс, интерфейс карт SD/MMC, Ethernet, UART и CAN.



Рис. 15. Отладочный набор IDK для AM3359

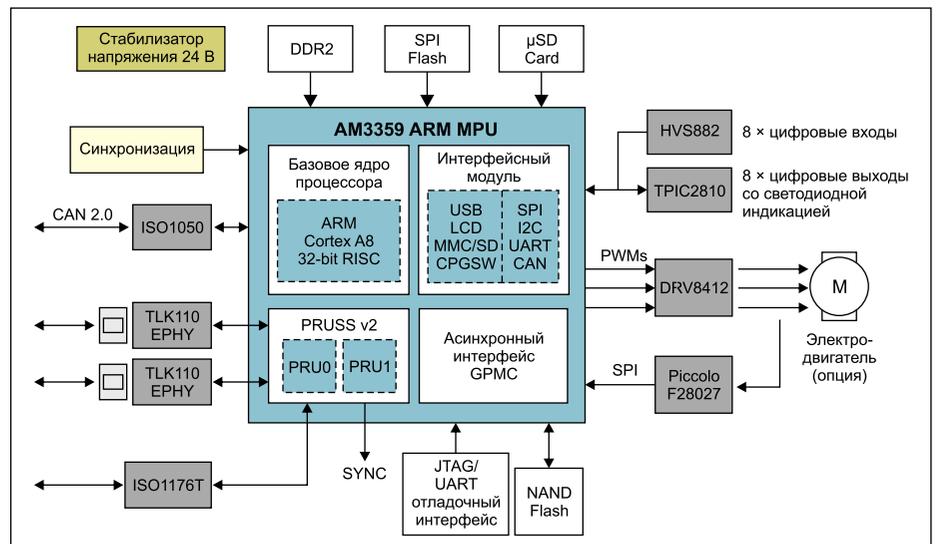


Рис. 16. Блок-схема отладочного модуля AM3359 IDK

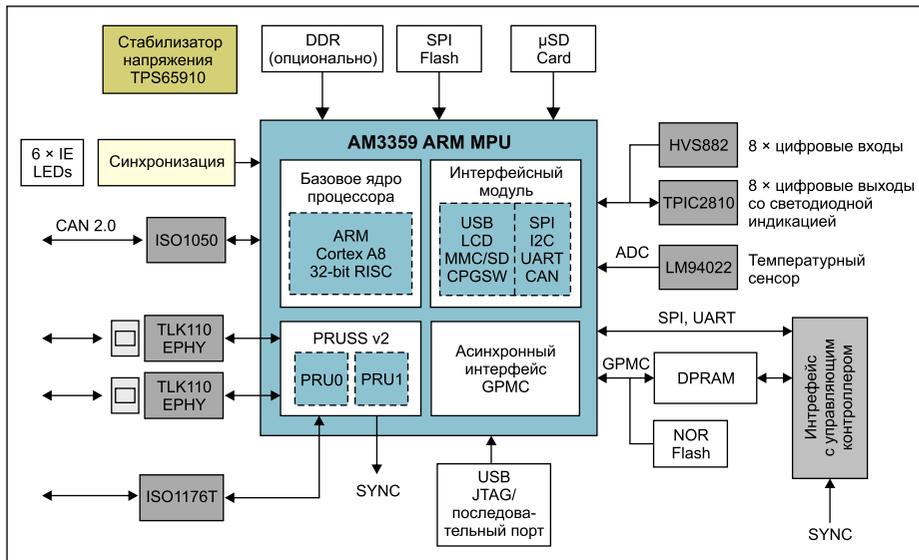


Рис. 17. Блок-схема отладочного модуля TMDXICE3359 (ICE)



Рис. 18. Комплект оценочного набора AM335x (EVM)

Отладочный набор TMDXICE3359 ICE

Аппаратные средства ICE (рис. 17) и программное обеспечение предназначены для помощи в разработке промышленных коммуникационных интерфейсов:

- коммуникационных модулей;
- коммуникационных интерфейсов для датчиков устройств ввода/вывода;
- шлюзов ввода/вывода;
- приводов с интегрированным интерфейсом управления;
- систем обратной связи для двигателей.

Стоимость AM3359 ICE всего \$99.

Оценочный модуль AM335x (EVM)

Оценочный модуль AM335x (EVM) (рис. 18, табл. 2) обеспечивает платформу для начальной работы по освоению AM335x-процессоров (AM3352/54/56/58). Он позволяет быстро приступить к разработке пользовательских приложений, таких как

GPS-навигаторы, игровые терминалы, контроллеры для домашних систем автоматизации, а также систем автоматизации зданий.

Также для разработки и отладки приложений может использоваться оценочный модуль TMDXEVM3358. В нем есть все необходимые аппаратные средства для разработки таких приложений, как портативные игровые устройства, системы автоматизации зданий, портативные навигационные системы. В со-

став модуля включена дополнительная память DDR2, ЖК-дисплей с сенсорным экраном, богатый набор коммуникационных интерфейсов, включая модуль Wi-Fi/Bluetooth.

Области применения микропроцессоров линейки AM335x:

- промышленные контроллеры;
- промышленные весы;
- торговые автоматы;
- домашняя автоматизация;
- автоматизация зданий;
- бытовая электроника;
- медицинские приборы;
- принтеры;
- консоли систем обучения;
- интеллектуальные игрушки;
- игровые терминалы.

Заключение

Высокопроизводительные 32-разрядные микропроцессоры Sitara AM335x на базе ядра Cortex-A8 предназначены для создания высокоэффективных, многофункциональных приложений и встраиваемых систем, портативных устройств с питанием от батарей.

Полная программная совместимость линейки нового поколения микропроцессоров семейства Sitara AM335x ARM Cortex-A8 с более ранними микропроцессорами позволяет проводить быструю модернизацию приборов, в которых применяются микропроцессоры ранних разработок Sitara на базе ARM9, путем замены их на более производительные AM335x, обладающие расширенными возможностями. Расширение функций производится за счет наличия в архитектуре AM335x встроенного ускорителя 3D-графики, контроллера сенсорных панелей, более производительных интерфейсов Gigabit Ethernet, расширения возможностей коммуникационных интерфейсов и практически без удорожания прибора и увеличения энергопотребления.

Наличие эффективных и недорогих средств разработки и отладки, предоставляемых TI, может обеспечить быстрый вывод новых продуктов на рынок. Для разработки достаточно использовать простую в работе аппаратную платформу с открытым исходным кодом, стоимость которой составляет \$89, и бесплатный комплект разработки программных средств, поддерживающих Android, Linux и Windows Embedded Compact 7.

Литература

1. TI AM335x Microprocessors Featuring ARM Cortex-A8. Technical Overview. Texas Instruments. December 2011.
2. AM335x ARM Cortex-A8 Microprocessors (MPUs). Technical Reference Manual.
3. PROFIBUS on AM335x and AM1810 Sitara ARM Microprocessors.
4. Лопухов И. Сети Real-Time Ethernet: от теории к практической реализации // СТА. 2010. № 3.

Таблица 2. Основные параметры оценочного модуля AM335x

Аппаратные средства	Операционная среда	Интерфейсы
<ul style="list-style-type: none"> • AM3358 микропроцессор ARM; • ОЗУ 512 Мбайт DDR2; • стабилизатор питания TPS65910; • ЖК-дисплей 7" с сенсорной панелью; • модуль беспроводной связи Wireless (Wi-Fi/Bluetooth) WL1271 	Linux EZ SDK Android	<ul style="list-style-type: none"> • 10/100 Ethernet (1) • UART (4) • Wi-Fi/Bluetooth (1) • SD/MMC (2) • USB 2.0 OTG/HOST (1/1) • Audio In/Out JTAG CAN (2)