

Константин Староверов

STELLARIS – СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА ЯДРЕ CORTEX-M3



Микроконтроллеры Stellaris компании Texas Instruments вошли в историю как первые микроконтроллеры с интегрированным 32-битным процессором ARM Cortex-M3 и, несмотря на появление многих конкурирующих решений, остаются лидерами по ряду особенностей, о которых и пойдет речь в данной статье.

Линейка микроконтроллеров (МК) Stellaris изначально была создана компанией Luminary Micro, которая, несмотря на свое сравнительно непродолжительное существование в качестве самостоятельной компании, оставила заметный след в мировой электронике, став первым производителем общедоступных микроконтроллеров с интегрированным процессором ARM Cortex-M3. В этом, 2009, году Luminary Micro была поглощена гигантом полупроводниковой индустрии – компанией Texas Instruments, которая таким образом смогла в одиночку дополнить цепочку выпускаемых семейств микроконтроллеров недостающим и очень перспективным звеном. В конечном счете, компания Texas Instruments получила возможность предложить рынку самый обширный ассортимент микроконтроллеров Cortex-M3, который насчитывает 138 позиций и охватывает все наиболее массовые области применения МК. Среди областей применения – бытовая техника, автоматизированный электропривод, системы мониторинга, HVAC-системы, автоматизация зданий, преобразовательная техника, преобразователи интерфейсов, торговые терминалы, контрольно-измерительное оборудование, медицинская техника, игровые устройства и многое другое.

Несмотря на то, что процессор Cortex-M3 формально входит в семейство ARM Cortex и является одним из профилей архитектуры ARMv7 [1], с прикладной точки зрения его более правильно рассматривать как наследника процессора ARM7TDMI, который нашел широкое применение в качестве основы для построения многих других 32-битных МК. Для достижения преимуществ Cortex-M3 по сравнению с ARM7TDMI предельно следующее:

- устранены все известные узкие места, присущие процессору ARM7TDMI, в том числе
 - применен новый набор инструкций Thumb-2, который обеспечивает большую плотность кода, чем 16-битный набор инструкций Thumb процессора ARM7TDMI;
 - улучшена эффективность исполнения инструкций (предсказание переходов, однотактное умножение, деление на аппаратном уровне), что позволило повысить производительность процессора до 1,25 DMIPS/МГц (против 0,95 DMIPS/МГц процессора ARM7TDMI в режиме ARM);
 - до 12 циклов (против 24..42 циклов процессора ARM7TDMI) снижена

- интегрированы элементы, используемые операционными системами реального времени (ОСРВ), в том числе системный таймер и блок защиты памяти;
 - реализована поддержка экономичных режимов работы;
 - применено стандартизованное распределение адресного пространства памяти;
 - реализована более простая модель программирования, избавляющая от необходимости написания какого-либо ассемблерного кода, глубокого изучения процессора и его набора регистров. Кроме того, предусмотрена стандартизация программирования всех МК Cortex-M3 (стандарт CMSIS, см. www.onarm.com). Если придерживаться данного стандарта, можно добиться простоты портирования проектов между МК разных производителей.
- Кроме того, архитектура процессора Cortex-M3 оптимизирована по стоимости, благодаря чему созданные на его основе МК способны конкурировать по

К числу уникальных черт микроконтроллеров Stellaris относятся:

- доступность 28-выводных МК, способных конкурировать с 8- и 16-битными контроллерами;
- интеграция во многие МК модуля Ethernet, причем не только со встроенным MAC-контроллером, но и со встроенным трансивером;
- интеграция в некоторые МК ПЗУ со встроенной прошивкой программной библиотеки StellarisWare, которая содержит драйверы встроенных модулей ввода-вывода, функции для программирования Flash-памяти, криптографические таблицы по стандарту AES, а также функции обнаружения ошибок CRC.

задержка реагирования на прерывания за счет выполнения операций над стекком на аппаратном уровне;

- до 0,19 мВт/МГц (против 0,28 мВт/МГц процессора ARM7TDMI) снижено удельное электропотребление;
- улучшена эффективность размещения данных в памяти и выполнения операций битовой обработки;
- повышена степень интеграции и стандартизации системных ресурсов:

цене с 16-битными и даже некоторыми 8-битными МК.

Наследовав перечисленные преимущества процессора Cortex-M3, МК Stellaris были дополнены оригинальной рецептурой встроенных модулей ввода-вывода во множестве типоразмеров, благодаря чему они приобрели ряд уникальных и порой беспрецедентных среди всех выпускаемых МК Cortex-M3 черт. К числу таковых относятся:

- доступность 28-выводных МК, способных конкурировать с 8- и 16-битными контроллерами;

- интеграция во многие МК модуля Ethernet, причем не только со встроенным MAC-контроллером, но и со встроенным трансивером;

- интеграция в некоторые МК ПЗУ со встроенной прошивкой программной библиотеки StellarisWare, которая содержит драйверы встроенных модулей ввода-вывода, функции для программирования Flash-памяти, криптографические таблицы по стандарту AES, а также функции обнаружения ошибок CRC.

К числу других важных преимуществ МК Stellaris также можно отнести наличие исполнения с расширенным до 105°C температурным диапазоном; доступность бесплатной библиотеки с реализованными тестами по классу Б стандарта IEC 60730 (в РФ действует его аутентичная версия ГОСТ Р МЭК 60730-1-2002), которая существенно облегчает получение сертификата на соответствие уровня безопасности и надежности бытовой техники класса Б; наличие МК, модуль Ethernet которых поддерживает стандарт IEEE1588, позволяющий на наносекундном уровне синхронизировать удаленные контроллеры.

МК Stellaris организованы в виде серий и подсерий. Сведения по ним представлены в таблице 1. В колонке «Описание» даны лишь главные классификационные признаки серий. Общие отличия подсерий можно оценить по приведенным характеристикам максимального быстродействия ЦПУ (FCPU), объема встроенной памяти, а также типам корпусов и предельным возможностям дискретного ввода-вывода. Помимо этого, внутри подсерий МК отличаются по степени интеграции аналоговых и цифровых модулей ввода-вывода. Пользователь может рассчитывать на доступность следующих модулей ввода-вывода:

- 32-битные таймеры (до четырех каналов) с каналами захвата/сравнения (до восьми каналов);

- ШИМ-контроллер, в том числе для задач управления движением (до восьми каналов);

- интерфейс квадратурного энкодера, облегчающего введение обратных связей по положению, направлению, скорости (до двух каналов);

- 10-битный АЦП (до 16 мультиплексированных каналов, частота дискретизации 0,25, 0,5 или 1 МГц);

- последовательные интерфейсы UART, I²C, SSI (SPI) и I²S;

- аналоговые компараторы (до трех каналов);

- датчик температуры.

Кроме того, МК Stellaris оснащены всеми необходимыми системными ресурсами, облегчающими их применение.

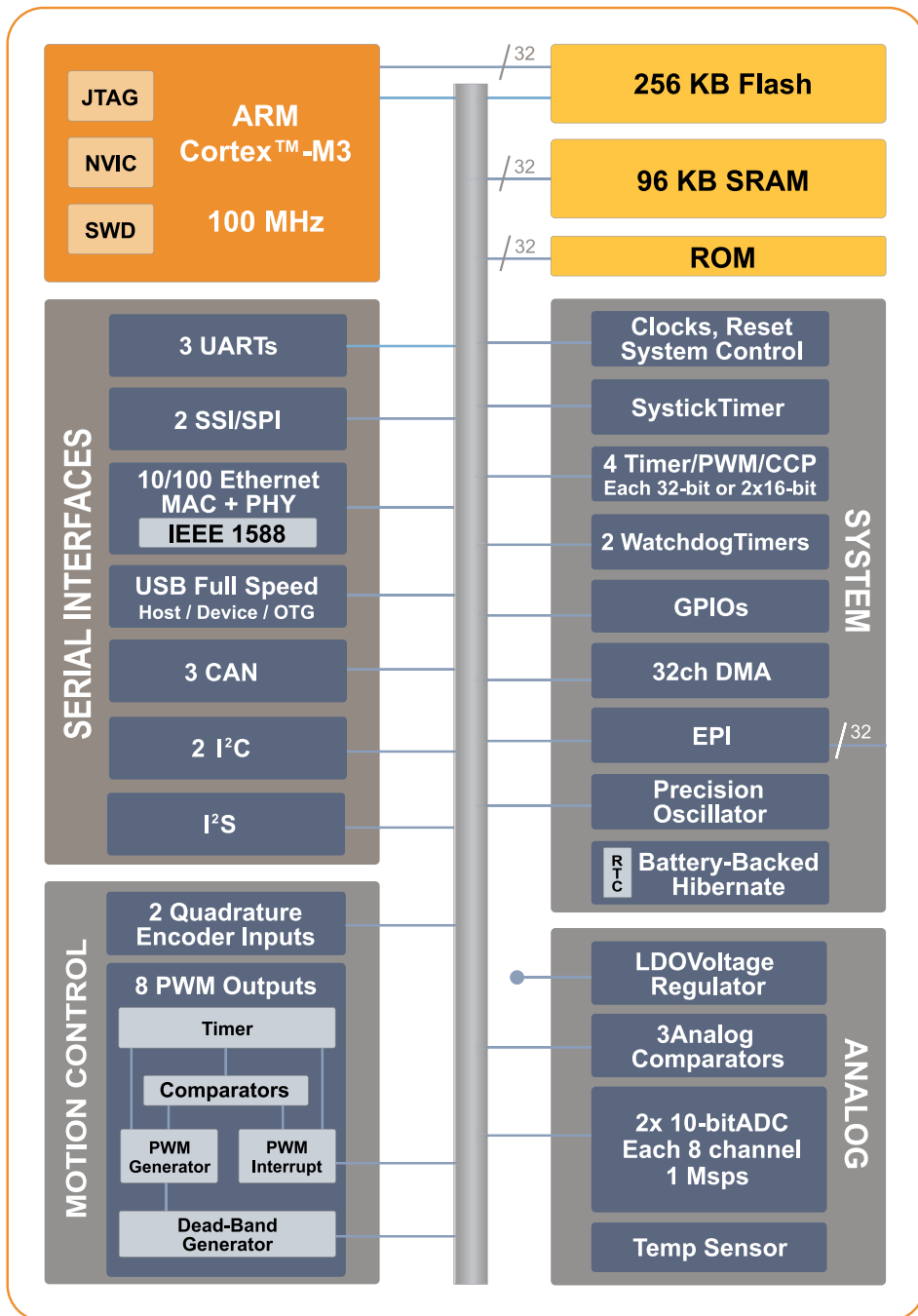


Рис. 1. Обобщенная структура микроконтроллеров Stellaris

В их число входят блок управления синхронизацией и сбросом (позволяет оптимизировать энергопотребление и исключить внешние компоненты для управления сбросом), стабилизатор напряжения LDO-типа (дает возможность питать МК одним напряжением 3,3 ±0,3 В), опциональный блок прямого доступа к памяти (DMA; минимизирует участие ЦПУ в процессах передачи данных между модулями ввода-вывода и памятью) и встроенный в новые МК RC-генератор с улучшенной до 1% точностью (исключает внешние компоненты для синхронизации МК). Рассмотренные особенности структуры МК Stellaris обобщены на рисунке 1.

Еще одно немаловажное преимущество рассматриваемых МК – высокий

уровень предлагаемой технической поддержки. Пользователю доступно множество программных и аппаратных инструментов, направленных на ускорение проектирования как устройств общего назначения, так и ориентированных на конкретные области применения. Например, использование бесплатного микропрограммного обеспечения (МПО) StellarisWare существенно упрощает программирование МК. Данное МПО состоит из нескольких библиотек и примеров их использования. Использование этих библиотек избавит пользователя от необходимости написания драйверов модулей ввода-вывода, упростит работу с интерфейсом USB, ускорит создание графических интерфейсов, добавит поддержку внутрисистемно-

Таблица 1. Обзор серий и подсерий МК Stellaris

Серия	Подсерии	FCPU, МГц	Flash-память, кбайт	SRAM, кбайт	Макс. кол-во линий в/в	Корпус*	Описание
LM3S9000	LM3S9B00	80, 100	256	128	65	LQFP100	Коммуникационные интерфейсы 10/100 Ethernet, USB с функциональностью On-The-Go, Host и Device и CAN; интерфейс для расширения памяти (поддержка SDRAM, SRAM/Flash-памяти и др.), интерфейс I ² S, АЦП с возможностями одновременного преобразования в двух каналах, второй сторожевой таймер с независимой синхронизацией для критичных к безопасности применений (IEC60730) и программно-подстраиваемый прецизионный 1%-ый генератор частоты 16 МГц.
	LM3S9700	80	128	64	60, 65	LQFP100	
LM3S8000	LM3S8900	50	256	64	34...46	LQFP100	Первая серия МК ARM, в которых одновременно стали доступными интерфейсы CAN (до 3 каналов) и 10/100 Mbps Ethernet.
	LM3S8700	50	128	64	32...38	LQFP100	
	LM3S8600	50	128	32	31	LQFP100	
	LM3S8500	50	96	64	35, 36	LQFP100	
LM3S6000	LM3S6900	50	256	64	38...46	LQFP100	Первая серия МК ARM со встроенным интерфейсом 10/100 Mbps Ethernet, в т.ч. MAC-контроллер и трансивер.
	LM3S6700	50	128	64	41,46	LQFP100	
	LM3S6600	25, 50	128	32	38...46	LQFP100	
	LM3S6500	50	96	64	41	LQFP100	
	LM3S6400	25, 50	96	32	43, 46	LQFP100	
LM3S5000	LM3S6100	25	64	16	30, 35	LQFP100	Серия МК, предназначенных для работы с сетями CAN и дополненных полноскоростным интерфейсом USB 2.0 с функциональностью On-The-Go или Host/Device.
	LM3S5B00	80	256	96	71	LQFP100	
	LM3S5700	50, 80	128	128	33...71	LQFP100 LQFP64	
LM3S300	LM3S5600	50	64	32	33	LQFP64	Серия МК со встроенным полноскоростным интерфейсом USB 2.0 с функциональностью On-The-Go или Host/Device.
	LM3S3700	50	128	64	61	LQFP100	
LM3S2000	LM3S3600	50	128	32	33	LQFP64	Серия МК, предназначенных для работы с сетями CAN.
	LM3S2B00	80	256	96	60	LQFP100	
	LM3S2900	50	256	64	52...60	LQFP100	
	LM3S2700	50, 80	128	64	33...60	LQFP100 LQFP64	
	LM3S2600	25, 50	128	32	33...60	LQFP100 LQFP64	
	LM3S2500	50	96	64	48	LQFP100	
	LM3S2400	25, 50	96	32	34...60	LQFP100	
	LM3S2200	50	64	32	33	LQFP64	
LM3S1000	LM3S2100	50	64	16	40,56	LQFP100	Серия МК для работы в системах с батарейным резервированием питания. Содержат специальный модуль HIBERNATION, питание которого организовано независимо от других каскадов МК. В состав данного модуля входят часы реального времени, 256 байт ОЗУ для энергонезависимого хранения данных (за счет резервного батарейного питания), схема контроля батарейного напряжения и сигнализации о его недопустимом снижении и вход внешнего прерывания. Модулем поддерживается специальный экономичный режим HIBERNATE, выход из которого возможен по условию совпадения в часах реального времени и внешнему прерыванию. Потребляемый модулем ток составляет порядка 16 мкА и, таким образом, при питании МК от стандартной литиевой батарейки CR2032 и его нахождении в режиме HIBERNATE он способен проработать более 3 лет.
	LM3S1900	50	256	64	52...60	LQFP100	
	LM3S1800	50	256	32	56	LQFP100	
	LM3S1700	50	128	64	33, 56	LQFP100 LQFP64	
	LM3S1600	25, 50	128	32	33...60	LQFP100	
	LM3S1500	25, 50	96	64	43, 58	LQFP100	
	LM3S1400	50	96	32	46, 52	LQFP100	
LM3S1300	50	96	16	57	LQFP100		
LM3S1100	25, 50	64	16	41...52	LQFP100		
LM3S800	—	50	64	8	28...36	LQFP48	Серии 48-выводных МК, различающихся по объему памяти и быстродействию ЦПУ. Внутри серий доступен выбор МК с различной степенью интеграции аналоговых и цифровых модулей, в т.ч. 10-битный АЦП (до 8 каналов, частота дискретизации 0,25/0,5/1 МГц); модули для решения задач управления движением: ШИМ-контроллер (до 6 каналов) и квадратурный энкодер; интерфейсные модули UART (до 2 каналов), SSI, I ² C; аналоговые компараторы (до 3 каналов). МК идеальны для недорогих встраиваемых применений, где требуется реализация алгоритмов управления повышенной сложности.
LM3S600	—	50	32	8	28...36	LQFP48	
LM3S300	—	25	16	4, 2	28...36	LQFP48	Серия самых простых МК в 28-выводном корпусе; интегрируют модули UART, I ² C, SSI, таймеры с каналами захвата, 1 или 2 аналоговых компаратора; предоставляют самый дешевый доступ к освоению возможностей процессора Cortex-M3; идеальны для замены 8/16-битных МК в простых встраиваемых применениях.
LM3S100	—	20	8	2	18	SOIC28	

Примечание: * МК, доступные в корпусе LQFP100, также доступны в корпусе BGA108.

Таблица 2. Обзор инструментальных средств для проектирования

Наименование	Описание
1. Оценочные наборы	
EK-LM3S9B92	Состоит из платы с МК LM3S9B92 (порты 10/100 Ethernet и USB-OTG, разъем подключения к портам ввода-вывода (ПВВ)) и дополнительной платы отладочного интерфейса BD-ICDI.
EK-LM3S9B90	то же, но для МК LM3S9B90.
EK-LM3S8962	Плата с МК LM3S8962 (порты 10/100 Ethernet и CAN, графический OLED-дисплей 128x96, динамик, коммутационные элементы, разъем подключения к ПВВ).
EK-LM3S8965	Плата с МК LM3S8965 (порт 10/100 Ethernet, графический OLED-дисплей 128x64, динамик, коммутационные элементы, разъем подключения к ПВВ, разъем карты памяти MicroSD)
EK-LM3S3748	Плата с МК LM3S3748 (прошит программой 2-канального осциллографа, порты USB host и device, цветной LCD-дисплей 128x128, динамик, коммутационные элементы, разъем MicroSD, разъем подключения к ПВВ) и отдельный модуль USB-stick
EK-LM3S2965	Плата с МК LM3S2965 (Host-порт CAN, графический OLED-дисплей 128x64, динамик, коммутационные элементы, разъем подключения к ПВВ, порт USB для питания и отладки) и плата с МК LM3S2110 (Device-порт CAN, питание через шину CAN, коммутационные элементы, разъем подключения к ПВВ).
EK-LM3S1968	Плата с МК LM3S1968 с 256 кбайт Flash-памяти, 64 кбайт SRAM, 8 каналами АЦП, 52 ПВВ и поддержкой режима hibernate (графический OLED-дисплей 128x96, коммутационные элементы, динамик, разъем подключения к ПВВ, разъем с установленной в него 3-вольтовой батареей).
EK-LM3S811	Плата с МК LM3S811 (OLED-дисплей 96x16, коммутационные элементы, потенциометр на входе АЦП, отладка через USB).
2. Наборы для проектирования	
DK-LM3S9B96	Плата для проектирования устройств с интерфейсами Ethernet, CAN и USB OTG/Host/Device (МК LM3S9B96, 3.5" QVGA LCD-дисплей с сенсорной поверхностью, навигационный POT-переключатель, кнопки, интерфейс I2S, модуль SDR SDRAM объемом 8 Мбайт, разъем MicroSD, разъем для подключения к ПВВ, карта памяти MicroSD объемом 1 Гбайт, USB Flash-диск объемом 128 Мбайт).
DK-LM3S8xx/6xx/3xx/1xx	Содержит все аппаратные и программные компоненты, необходимые для разработки и макетирования встраиваемых применений. Набор состоит из платы для проектирования, программного обеспечения, кабелей и перемычек, документации в электронном виде. Доступные для заказа наборы: DK-LM3S101, DK-LM3S102, DK-LM3S301, DK-LM3S801, DK-LM3S811, DK-LM3S815, DK-LM3S817, DK-LM3S818, DK-LM3S828.
Дочерние платы	Дочерние платы предназначены для добавления поддержки требуемого МК в составе уже приобретенного набора для проектирования. Доступные для заказа дочерние платы: DB-LM3S101, DB-LM3S102, DB-LM3S301, DB-LM3S801, DB-LM3S811, DB-LM3S815, DB-LM3S817, DB-LM3S818, DB-LM3S828.
3. Наборы завершенных устройств	
RDK-Stepper	Аппаратные и программные компоненты для разработки, модернизации и интеграции устройств управления шаговым двигателем. Силовой каскад выполнен на основе драйверов и MOSFET-транзисторов Fairchild Semiconductor. Состоит из основной платы управления, шагового двигателя NEMA23, сетевого источника питания с выходом 24 В, USB-кабеля, Windows-программы графического интерфейса.
RDK-ACIM	То же, но для управления асинхронным электродвигателем, находящий широкое применение в бытовой технике. Укомплектован 3-фазным двигателем Selni (0-20000 об./мин.).
RDK-BLDC	То же, но для управления безщеточным двигателем постоянного тока (BLDC).
RDK-BDC	Модуль управления щеточным двигателем постоянного тока (12 В, 40 А) и оценочный набор EK-LM3S2965 в качестве консоли управления через шину CAN. В комплект входит двигатель RS-555PH-3255 (Mabuchi; 5000 об./мин, 12В, 3А).
RDK-S2E	Набор основан на миниатюрном модуле MDL-S2E, который предназначен для интеграции в систему в качестве преобразователя протоколов UART/RS-232-Ethernet. Дополнен кабелями Ethernet, DB9 и USB, а также документацией на CD.
RDK-IDM	Набор для разработки интеллектуальных графических интерфейсов. Основан на модуле цветного ЖК-дисплея (2.8», QVGA, 240x320) с сенсорной поверхностью (модуль MDL-IDM), который поддерживает технологию электропитания Power-over-Ethernet (PoE). В наборе этот модуль дополнен источником питания с выходом 24В, кабелем Ethernet, адаптером отладочной системы и документацией на CD.
RDK-IDM-L35	Аналогичного назначения набор, но выполненный на основе другого модуля цветного ЖК-дисплея (3.5», QVGA, 320x240) с сенсорной поверхностью (MDL-IDM-L35). Питание организовано через входящий в комплект кабель USB-TTL, который также соединен с UART0, установленного на плате МК LM3S1958.
RDK-IDM-SBC	Аналогичного назначения набор и тем же 3,5-дюймовым дисплеем, но уже в составе другого модуля MDL-IDM-SBC. Этот модуль выполнен на основе более высокоуровневого МК LM3S9B92. Модуль представляет собой готовый одноплатный компьютер с графическим интерфейсом. В комплект также входят модуль MDL-ADA2, USB flash-диск (128 Мбайт), источник питания с выходом 24 В, кабель Ethernet, динамик, документация на CD.
4. Модули	
MDL-STEPPER, MDL-ACIM, MDL-BLDC, MDL-BDC, MDL-S2E, MDL-IDM, MDL-IDM28, MDL-IDM-L35	Отдельно взятые модули из соответствующих наборов завершенных устройств.
MDL-ADA2	Модуль адаптера 10-выводного (mini-JTAG) и 20-выводного портов JTAG, выполненный на основе гибкого шлейфа.

го программирования, а также обеспечит совместимость со стандартом IEC 60730. МПО совместимо со средами для проектирования компаний Keil (MDK-ARM), IAR (Embedded Workbench), Code Red Technologies (RedSuite), Code Sourcery (SourceryG++), а также GNU-инструментами для проектирования. Выпускаемые аппаратные средства поддержки проектирования разделяются на четыре группы: оценочные наборы, наборы для проектирования, наборы завершенных устройств и модули. Их обзор представлен в таблице 2.

Заключение

Семейство Stellaris составляет множество микроконтроллеров, выполненных на основе процессора ARM Cortex-M3 с передовыми для своего класса характеристиками. Семейство разделено на серии и подсерии, в которые входят МК различного класса и отличающиеся по степени интеграции.


Используемые в МК встроенные модули ввода-вывода делают возможным их применение в разнообразных по уровню сложности приложениях: от простых, которые обычно выполнялись на основе продвинутых 8-битных МК, до высококачественных встраиваемых систем с широкими коммуникационными возможностями (Ethernet, CAN,

USB) и интеллектуальным пользовательским интерфейсом.

Все МК Stellaris, оснащенные интерфейсом Ethernet, интегрируют не только MAC-контроллер, но и трансивер. Данное предложение является беспрецедентным для всей группы МК Cortex-M3 (кроме Texas Instruments МК Cortex-M3 выпускает еще пять производителей) и достаточно редким среди других выпускаемых МК.

МК поддерживаются обширным набором аппаратных и программных инструментов, способствующих ускорению освоения как конкретной модели МК, так и определенного применения. В число таких применений входят управление электродвигателями, интеллектуальные графические интерфейсы и преобразователи UART-Ethernet.

Литература

1. Староверов К.С. Микроконтроллеры на основе ядра ARM Cortex M3// Новости электроники, №1, 2008. — С. 9-15. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: mcu.vesti@compel.ru

TI анонсирует новый изолированный CAN-трансивер ISO1050

Компания **Texas Instruments** объявила о выпуске первого изолированного трансивера с интерфейсом CAN. Устройство **ISO1050** объединяет в себе интерфейс CAN и технологии изоляции TI, что помогает сократить число необходимых компонентов и упрощает проектирование плат для промышленной автоматизации, управления электродвигателями и медицинского оборудования. Время задержки в петле сокращено на 34%, что дает разработчикам возможность использовать более длинные сетевые кабели, чем в обычных решениях для интерфейса CAN с изоляцией. Устройство ISO1050 снижает потребление мощности на уровне системы на 38% по сравнению с решениями для оптронной развязки. Корпус шириной 6,1 мм сокращает площадь монтажа на плате на 30%, что крайне важно для высоковольтных приложений, требующих минимального зазора. В дополнение к этому сверхнизкий уровень электромагнитного излучения (ЕМЕ) позволяет использовать устройство в чувствительных аналоговых приложениях, например, промышленных датчиках.

Дополнительные функциональные возможности и преимущества

- Емкостная технология изоляторов TI обеспечивает гальваническую развязку при напряжении до 4000 В и прогнозируемый срок службы более 25 лет
 - Отвечает требованиям стандарта ISO 11898
 - Отвечает требованиям по синхронизации для стандартов DeviceNet и CAN
 - Широкий температурный диапазон от -55°C до 105°C отвечает требованиям разнообразных промышленных применений
 - Заказчики могут сократить сроки выхода изделий на рынок, используя совместимые устройства компании TI, в том числе для развязки по цепям питания DCR010505, а также микроконтроллеры серий Piccolo™, Delfino™ и Stellaris®
- ISO1050** в настоящее время поставляется в 8-контактном корпусе DUB; 16-контактный корпус SOIC будет доступен в конце 4-го квартала 2009 года.



EKI-LM3S9B92

Отладочный модуль для микроконтроллеров Stellaris





- Микроконтроллерная плата с Ethernet-, USB OTG- и CAN-интерфейсами
- Плата отладочного интерфейса BD-ICPI

Имеется на складе КОМПЭЛ в Москве

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru



Компэл
www.compel.ru