

КОМПАНИЯ FREESCALE SEMICONDUCTOR

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА KINETIS И ПРОЦЕССОРЫ i.MX 6

И.Романова

Компания Freescale Semiconductor – мировой лидер в области производства полупроводниковых компонентов для встраиваемых систем и устройств телекоммуникаций для крупных и динамично развивающихся рынков. Лидирующие позиции компании в различных секторах индустрии подтверждаются следующей статистикой: компания занимает второе место по поставкам микроконтроллеров для автомобильной электроники, первое – на рынке коммуникационных процессоров и встроенных процессоров для сетевых технологий, а также Freescale – основной производитель процессоров и приложений для электронных книг (e-Readers).

Компания Freescale Semiconductor образована в 2004 году, когда компания Motorola решила выделить из своего бизнеса производство аналоговых и цифровых электронных компонентов. В настоящее время в номенклатурном портфеле Freescale Semiconductor около 14 тыс. наименований компонентов. Продукция компании Freescale: 8-, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры; ARM-процессоры и процессоры ЦОС; аналоговые компоненты и компоненты управления питанием; датчики давления, ускорения и прикосновения; ВЧ-компоненты (усилители и передатчики); средства разработки (отладочные платы и программное обеспечение). Кроме встраиваемых процессоров компания предлагает своим заказчикам (а их у компании более 10 тыс.) и комплексные решения, объединяющие аппаратное и программное обеспечение. Компания Freescale представлена более чем в 20 странах мира.

Сегодня компания выпускает около 900 различных моделей микроконтроллеров, предназначенных для очень широкого спектра приложений. Их можно представить в виде шести семейств (табл.1). Наиболее популярны 8-разрядные МК S08/RS08, 16-разрядные — S12/S12X, 32-разрядные

микроконтроллеры ColdFire для промышленных и бытовых применений. Семейства микроконтроллеров Freescale характеризуются высокой степенью интеграции, низким энергопотреблением, большим набором периферийных модулей.

СЕМЕЙСТВО МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ KINETIS НА БАЗЕ ЯДРА ARM CORTEX-M4

Это самое большое семейство микроконтроллеров Freescale, в его составе семь групп МК, ориентированных на применение в различных областях встраиваемых приложений (табл.2). Микроконтроллеры производятся по 40-нм технологии с применением памяти типа TFS (Thin Film Storage), разработанной компанией Freescale. Она отличается низким энергопотреблением и может работать в режиме EEPROM, допускает количество циклов записи/стирания до 10 млн. Ток потребления МК менее 200 мкА в рабочем режиме и около 500 нА в режиме "сна".

Особенности микроконтроллеров семейства Kinetis:

- ядро ARM Cortex-M4 с тактовой частотой от 50 до 200 МГц, интегрированным цифровым сигнальным процессором и модулем вычислений с плавающей запятой;

Таблица 1. Семейства микроконтроллеров компании Freescale Semiconductor

Название семейства	Архитектура	Применение
Kinetis, 32-разрядные	ARM Cortex-M0+/M4	Телекоммуникации, промышленная и бытовая электроника
Qorivva, 32-разрядные	Power architecture	Автомобильная электроника
Coldfire+, 32-разрядные	Freescale architecture	Телекоммуникации, промышленная и бытовая электроника
Gitai Signal Controllers, 16- и 32-разрядные	Freescale architecture	Управление электроприводом
S08/RS08/08, 8-разрядные	Freescale architecture	Телекоммуникации, промышленная и бытовая электроника
S12/S12X, 16-разрядные	Freescale architecture	Автомобильная электроника

- объем встроенной флеш-памяти от от 32 Кбайт до 1 Мбайт, СОЗУ – 0,5 Мбайт;
- высокоскоростной 16-разрядный модуль АЦП;
- 12-разрядный модуль ЦАП с внутренним источником опорного напряжения;
- экономичный модуль бесконтактной клавиатуры для вывода МК из энергосберегающих режимов;
- множество последовательных коммуникационных интерфейсов, включая Ethernet с поддержкой IEEE 1588, FS и HS USB 2.0 OTG, CAN, UART с поддержкой ISO7816;
- наличие возможности подключения внешней памяти;
- напряжение питания 1,71–3,6 В;
- порты ввода/вывода могут работать с 58 микросхемами.

Микроконтроллеры семейства Kinetis представляют собой оптимальное сочетание производительности, объема памяти, интегрированной

периферии, низкого энергопотребления и простоты использования. Это позволяет широко применять их в системах автоматизации, терминалах продажи, медицинских инструментах, тестовом и измерительном оборудовании, а также в системах, которые имеют человеко-машинный интерфейс.

Семейство МК Kinetis делится на восемь групп серий – Kinetis K, Kinetis V, Kinetis M, Kinetis W, Kinetis MINI, Kinetis EA, Kinetis E и Kinetis L (см. табл.2), каждая из которых имеет свои особенности и области применения. Рассмотрим некоторые из них.

Микроконтроллеры серии Kinetis V. Предназначены для систем управления электродвигателями и преобразователей электроэнергии с цифровым управлением.

Современные системы сенсорного и бессенсорного управления электродвигателями нуждаются в применении микроконтроллера

Таблица 2. Области применения микроконтроллеров семейства Kinetis

Обозначение серии	Архитектура	Применение
Kinetis K	ARM Cortex-M4	Телекоммуникации, промышленная и бытовая электроника
Kinetis V	ARM Cortex-M4	Управление электроприводом
Kinetis M	ARM Cortex-M0+	Учет потребляемой электроэнергии
Kinetis W	ARM Cortex-M0+/M4	Беспроводная связь
Kinetis MINI*	ARM Cortex-M0+/M4	Беспроводная связь, медицина
Kinetis EA	ARM Cortex-M0+	Автомобильная электроника
Kinetis E	ARM Cortex-M0+	Автомобильная электроника
Kinetis L	ARM Cortex-M0+	Самое низкое энергопотребление. Телекоммуникации, промышленная, бытовая, автомобильная электроника

* Миниатюрный корпус типа WLCSР, размер 1,9×2 мм²

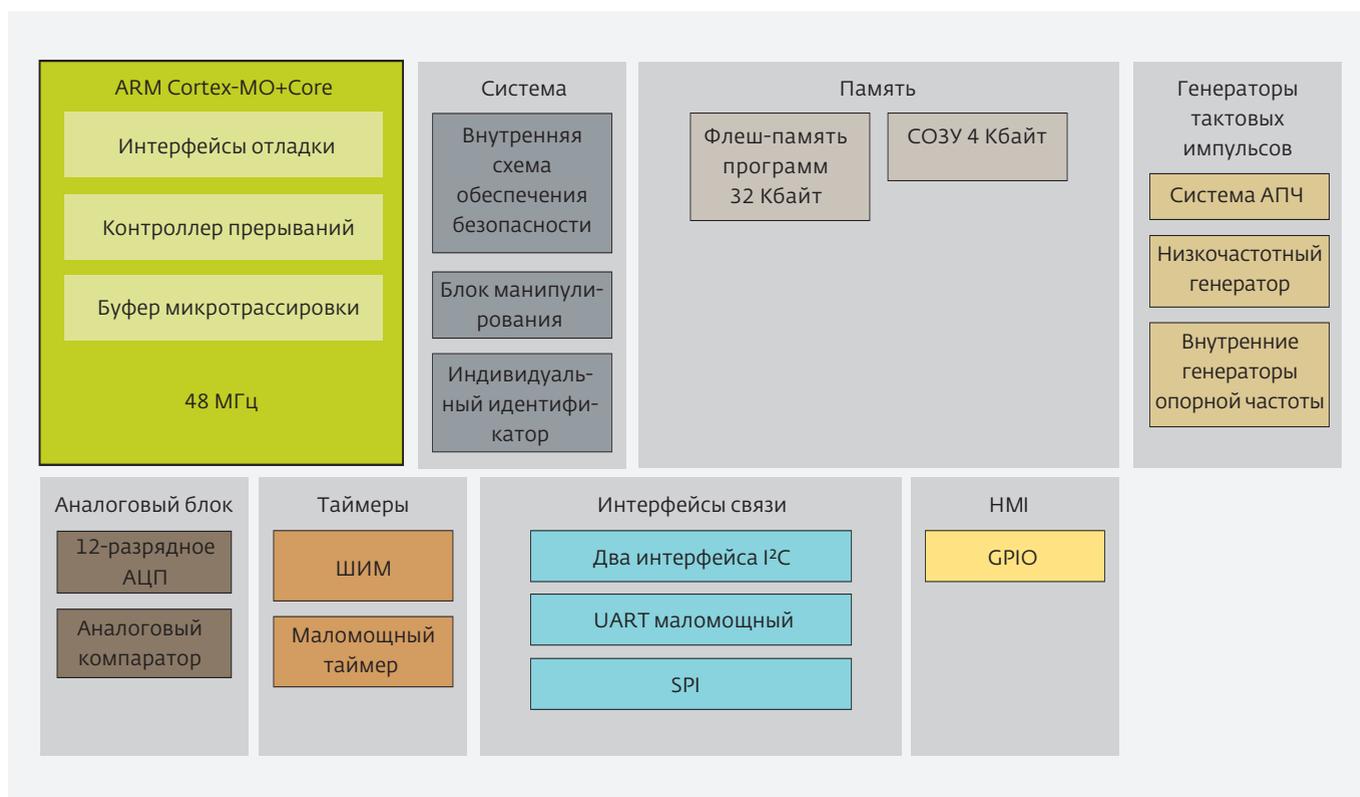


Рис.1. Блок-схема 32-разрядного микроконтроллера семейства Kinetis KL02

и требуют точного измерения скорости вращения и положения параллельно с обработкой задач общего назначения. Ресурсов микроконтроллера должно быть достаточно для поддержки широкого спектра алгоритмов управления различными электродвигателями – от обычных бесколлекторных (BLDC) до усовершенствованных вентильных электродвигателей (PMSM) и асинхронных двигателей переменного тока. Микроконтроллеры также должны иметь высокоскоростные/прецизионные АЦП и модули ШИМ для быстрого захвата сигналов и ответа на изменения контролируемых параметров. Кроме того, разработчики должны иметь доступ к интуитивно понятным программным инструментам, которые позволяют создавать и настраивать алгоритмы управления быстро и эффективно.

Микроконтроллеры серии Kinetis V включают в себя ядро ARM Cortex-M4, работающее на частоте 150 МГц, модуль вычислений с плавающей точкой и флеш-память программ объемом до 256 Кбайт с 128-битным интерфейсом доступа, который сводит к минимуму время ожидания процессора. Наличие до 30 каналов таймеров обеспечивают широкий набор функций управления

несколькими трехфазными электродвигателями. Для контроля скорости/положения могут использоваться два 12-разрядных АЦП со скоростью преобразования до 1,9 млн. выборок/с.

Микроконтроллеры серии Kinetis E. МК этой серии отличаются усовершенствованной защитой от электростатических разрядов и высокой электромагнитной совместимостью и предназначены для создания недорогих высоконадежных промышленных приложений для работы в условиях сильных электрических помех и в широком диапазоне температур от -40 до 105°C.

Модельный ряд семейства (KE02, KE04, KE06) начинается недорогими устройствами в 16-выводных корпусах с объемом флеш-памяти программ 8 Кбайт и заканчивается приборами в 80-выводных корпусах типа LQFP с объемом флеш-памяти 128 Кбайт. Серия МК KE06 дополнительно оснащена контроллером CAN-интерфейса для подключения к локальным промышленным сетям передачи данных.

Семейство микроконтроллеров Kinetis E поддерживает напряжение питания от 2,7 до 5,5 В. Серии Kinetis KE06 и KE04 совместимы по назначению выводов и программному коду с ранее анонсированными микроконтроллерами серии

Kinetis KE02, а также с 8-разрядными моделями МК семейства S08P.

Особенности микроконтроллеров серии Kinetis KE06:

- 32-битное ядро ARM Cortex-M0+ с рабочей частотой до 48 МГц;
- объем флеш-памяти программ – от 8 до 128 Кбайт;
- объем памяти данных – от 1 до 16 Кбайт;
- наличие блока управления питанием (PMU) с тремя рабочими режимами (Run, Wait, Stop);
- число линий ввода/вывода общего назначения – до 71-й;
- один 12-разрядный 16-канальный (12-канальный в младших моделях) АЦП последовательного приближения;
- два аналоговых компаратора;
- коммуникационные интерфейсы – два модуля (один в младших моделях) SPI, три модуля (один в младших моделях) UART, два модуля (один в младших моделях) I²C;
- напряжение питания – от 2,7 до 5,5 В;
- напряжение записи флеш-памяти – от 2,7 до 5,5 В.

Микроконтроллеры выпускаются в корпусах: TSSOP (16 выводов), SOIC (20 выводов), 24-выводном QFN (младшие модели), LQFP (44 вывода), QFP/LQFP (64 вывода), LQFP (80 выводов).

Микроконтроллеры серии Kinetis L. Быстрый рост числа коммуникаций между устройствами и сетевых подключений сегодня приводит к тому, что даже самые простые, автономные приборы требуют все большей производительности и функциональности. Микроконтроллеры серии Kinetis L дают пользователям традиционных 8- и 16-разрядных архитектур возможность без затруднений перейти к 32-разрядным МК, т.е. значительно повысить вычислительную мощность без увеличения энергопотребления, цены и габаритов конечного решения. Такие приложения, как бытовая электроника, игровые консоли, портативные медицинские приборы, аудиосистемы, интеллектуальные приборы учета, светильники и источники питания, теперь могут использовать функциональность и масштабируемость 32-битного процессора.

Микроконтроллеры семейства Kinetis L имеют ядро ARM Cortex-M0+ с рабочей частотой до 48 МГц, высокоскоростные 12-, 16-разрядные АЦП, 12-разрядные ЦАП, высокоскоростные аналоговые компараторы, малопотребляющий контроллер сенсорного интерфейса с функцией выхода из режима ожидания по касанию, функциональный модуль таймеров для широкого спектра применений, включая управление электродвигателем.

Потребляемая мощность процессора с ядром ARM Cortex-M0+ составляет всего треть от уровня любого 8- или 16-разрядного процессора, доступного сегодня на рынке, при этом обеспечивается производительность в 2–40 раз выше. Микроконтроллеры семейства Kinetis L не уступают в энергоэффективности самому ядру и потребляют всего 50 мкА в сверхмалопотребляющем рабочем (very-low-power run – VLPR) режиме и способны быстро выйти из режима пониженного энергопотребления, обработать полученные данные и вернуться в режим сна, продлевая тем самым время работы приложения от аккумуляторной батареи. Энергосберегающая периферия обеспечивает большую производительность при меньшем потреблении, продолжая работать даже в режиме глубокого сна микроконтроллера.

Микроконтроллеры семейства Kinetis M. Предназначены для применения в интеллектуальных электросчетчиках следующего поколения. Выполнены они на ядре ARM Cortex-M0+, имеют ультранизкое энергопотребление, интегрируют специализированный аналоговый интерфейс (AFE), аппаратную систему обнаружения попыток несанкционированного доступа. Предназначены для разработки надежных 1-, 2- и 3-фазных электросчетчиков. Дополнительно компания разработала типовые аппаратные проекты 1-, 2- и 3-фазных приборов учета с комплексным метрологическим программным обеспечением, которые имеют точность измерений 0,1% и удовлетворяют всем требованиям международных стандартов.

В традиционных проектах интеллектуальных приборов учета потребляемой электроэнергии обычно используются два микроконтроллера для отделения метрологической части от основного приложения, как того требуют стандарты WELMESC, OIML и другие. Но с появлением МК серии Kinetis M для выполнения задачи учета потребляемой электроэнергии потребуется один микроконтроллер, так как он содержит и модуль защиты памяти, и защищенный контроллер прямого доступа к памяти (DMA), и модуль ввода/вывода (GPIO).

Микроконтроллеры серии Kinetis M имеют ядро ARM Cortex-M0+ с рабочей частотой до 50 МГц; встроенную флеш-память 64 или 128 Кбайт, 16 Кбайт ОЗУ; контроллер сегментного ЖК-индикатора с режимом пониженного энергопотребления и механизмом обнаружения неисправности сегментов. МК могут работать в нескольких режимах пониженного энергопотребления.

Самой важной частью микроконтроллеров Kinetis M является аналоговый интерфейс, обеспечивающий высокие рабочие характеристики

и производительность интеллектуальных счетчиков. В него входят: четыре немультимплексированных 24-разрядных сигма-дельта АЦП для одно-временного измерения напряжения и тока; два маломощных усилителя с программируемым коэффициентом усиления; 16-разрядный АЦП (до 12 входов) последовательного приближения для точного измерения фазового напряжения в 3-фазных приложениях; прецизионный источник опорного напряжения с минимальным температурным дрейфом; компенсатор фазового сдвига, упрощающий точные измерения потребляемой мощности.

Выпускаются МК в корпусах типа LQFP (64 и 100 выводов) и типа LGA (44 вывода).

Микроконтроллеры семейства Kinetis W. Это микроконтроллер с самым малопотребляющим 32-разрядным ядром для беспроводной связи субгигагерцового диапазона. МК Kinetis W на основе ядра ARM Cortex-M0+ идеально подходит для создания сетей интеллектуальных измерительных приборов и сетей управления датчиками. Компания Freescale Semiconductor расширила линейку популярных микроконтроллеров Kinetis, представив устройство для беспроводной связи Kinetis KW01 для применения в сетях Smart Grid. Сегодня на международном уровне появляются протоколы для наружных и внутренних сетей датчиков, требующих надежной связи и низкого энергопотребления. МК серии Kinetis W удовлетворяют этим требованиям благодаря качественному приемопередатчику со скоростью до 600 Кбит/с, использующему сложные схемы модуляции сигнала (GFSK, MSK, GMSK и OOK). При этом устройство рассчитано на несколько диапазонов частот от 290 до 1020 МГц (290–340 МГц, 424–510 МГц и 862–1020 МГц), поддерживая стандарты ISM, принятые в Японии, США, Европе, Китае, Индии, Бразилии, Мексике и других странах. Кроме того, для обработки многочисленных сетевых протоколов применяется эффективная, малопотребляющая процессорная система. Микроконтроллер Kinetis W предназначен для работы с различными коммуникационными протоколами, от внутренних (SMAC) до общемировых стандартных (IEEE 802.15.4)

Kinetis W создан на основе процессора ARM Cortex-M0+, работающего на тактовой частоте до 48 МГц. МК имеет флеш-память (128 Кбайт) и СОЗУ (16 Кбайт), в типичных условиях потребляет всего 40 мкА/МГц. Система и периферия спроектированы таким образом, чтобы в режиме ожидания потребление энергии составляло 1,7 мкА, а возвращение к состоянию нормального функционирования

происходило за 4,3 мкс. Устройство потребляет менее 100 нА в режиме останова. Эти особенности позволяют продлить срок работы от аккумулятора в портативных системах.

Микроконтроллеры семейства Kinetis KL02. В 2013 году компания Freescale Semiconductor продемонстрировала уникальный микроконтроллер Kinetis KL02 (рис.1). Его габариты 2x1,9 мм. А в начале 2014 года компания выпустила МК Kinetis KL03 с размерами 2x1,6 мм, т.е. он занимает на 15% меньшую площадь по сравнению с Kinetis KL02.

Конечно, миниатюрный компьютер размером в среднюю спичечную головку не претендует на звание самого мощного компьютера в мире и на него не установишь операционную систему Windows 8. Он будет выполнять совсем другие задачи и предназначен он для применения в разных сверхкомпактных решениях. Например, в миниатюрном медицинском оборудовании (в крошечных диагностических медицинских компьютерах, рассчитанных для приема пациентами внутрь), портативных устройствах потребительской электроники, носимых компьютерах и других устройствах в рамках концепции "Интернета вещей". Новый микроконтроллер Kinetis KL03 позволит разработать абсолютно новые категории продуктов, которые смогут изменить мир. Имея богатый набор периферии,

контроллеры KL02 и KL03 могут стать основой для "умных" вещей (например, находясь в обуви, вычислять пройденное расстояние по количеству шагов и передавать информацию в Интернет).

Маленькие размеры – не единственное преимущество микроконтроллера Kinetis KL03, он еще отличается высокой энергоэффективностью. В основе микроконтроллера лежит 32-разрядный процессор ARM Cortex-M0+, работающий с частотой 48 МГц при рабочем напряжении 1,71–3,6 В. В конфигурацию микроконтроллера входит флеш-память объемом 32 Кбайт, ОЗУ 2 Кбайт и часы реального времени. В составе периферии следует выделить 12-разрядный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), быстродействующий компаратор, а также маломощные модули UART, SPI и I²C. Микросхема рассчитана на работу в диапазоне температур от -40 до 85°C.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ СЕМЕЙСТВА i.MX 6 НА БАЗЕ ЯДРА ARM CORTEX-A9

Мультимедийные процессоры i.MX компании Freescale (рис.2), построенные на базе ARM-ядер, имеют высокий уровень интеграции компонентов. Процессоры i.MX ориентированы, в первую очередь, на рынок портативных ручных устройств, где критичны время работы от батарейки и размер устройства. Низкое энергопотребление обеспечивает

i.MX 6SoloLite	i.MX 6Solo	i.MX 6DualLite	i.MX 6Dual	i.MX 6Quad
<ul style="list-style-type: none"> • Одно ядро ARM Cortex-A9, 1 ГГц • Кэш-память L2, 256 Кбайт, блоки Neon, VFPv16, Trustzone • 2D-графика • Микропроцессор памяти DDR3 (32 бит), LPDDR2 (400 МГц) • Интегрированный микроконтроллер управления EPD 	<ul style="list-style-type: none"> • Одно ядро ARM Cortex-A9, 1 ГГц • Кэш-память L2, 512 Кбайт, блоки Neon, VFPv16, Trustzone • 3D-графика, один шейдер • 2D-графика • Микропроцессор памяти DDR3, (32 бит), LPDDR2 (400 МГц) • Интегрированный микроконтроллер управления EPD 	<ul style="list-style-type: none"> • Два ядра ARM Cortex-A9, 1 ГГц • Кэш-память L2, 512 Кбайт, блоки Neon, VFPv16, Trustzone • 3D-графика, один шейдер • 2D-графика • Микропроцессор памяти DDR3, (64 бит), LPDDR2 (32 бит, 400 МГц) • Интегрированный микроконтроллер управления EPD 	<ul style="list-style-type: none"> • Два ядра ARM Cortex-A9, 1,2 ГГц • Кэш-память L2, 1 Мбайт, блоки Neon, VFPv16, Trustzone • 3D-графика, четыре шейдера • Два блока 2D-графики • Микропроцессор памяти DDR3 (64 бит), LPDDR2 двухканальный (32 бит, 533 МГц) • Интегрированный интерфейс SATA-II 	<ul style="list-style-type: none"> • Четыре ядра ARM Cortex-A9, 1,2 ГГц • Кэш-память L2, 1 Мбайт, блоки Neon, VFPv16, Trustzone • 3D-графика, четыре шейдера • Два блока 2D-графики • Микропроцессор памяти DDR3 (64 бит), LPDDR2 двухканальная (32 бит, 533 МГц) • Интегрированный интерфейс SATA-II
 <p>Бытовая электроника</p>	   <p>Электроника бытовая, промышленная, автомобильная</p>	  <p>Электроника бытовая, промышленная</p>	   <p>Электроника бытовая, промышленная, автомобильная</p>	   <p>Электроника бытовая, промышленная, автомобильная</p>

Рис.2. Развитие семейства микропроцессоров i.MX 6. Красным цветом выделены отличия от предыдущих моделей

длительное время работы от батарейки, а высокая интеграция позволяет сократить общий размер устройства. Кроме того, отказ от дополнительных внешних микросхем ведет к снижению стоимости устройства в целом. Высокая производительность ARM-ядра и специализированные аппаратные модули, такие как мультимедиа-ускорители, позволяют сохранить возможность обработки аудио и видео с хорошим качеством. По мнению производителя, процессоры серии Freescale i.MX 6 найдут применение в планшетных компьютерах, смартфонах, электронных книгах, автомобильных системах и других электронных устройствах.

Линейка Freescale i.MX 6 включает в себя три модели процессоров: Solo, Dual и Quad, которые различаются количеством ядер (рис.2). Каждое ядро имеет архитектуру ARM Cortex-A9, может работать на частоте 1,2 ГГц. Производительность процессоров Freescale i.MX 6 в пять раз превосходит производительность существующих процессоров, а их энергопотребление находится на очень низком уровне. Время автономной работы устройств, базирующихся на Freescale i.MX 6, может достигать 24 ч в режиме воспроизведения HD-видео или 30 дней в режиме ожидания.

Cortex-A9 – процессорное ядро, представленное в 2007 году, поддерживает высокую производительность в условиях ограниченной мощности и предназначено для применения в процессорах смартфонов, мобильных ПК, информационно-развлекательных автомобильных комплексов, разнообразного встраиваемого и производственного оборудования. На базе ядра Cortex-A9 можно реализовать как наращиваемые многоядерные, так и традиционные одноядерные процессоры. Cortex-A9 полностью совместим с другими процессорными ядрами подсемейства и популярными ARM MPCore, что позволило процессорам на основе Cortex-A9 унаследовать прикладные возможности ранних процессорных устройств, а разработчикам снизить стоимость создания и внедрения решений на их базе за счет использования существующего программного обеспечения.

Возможности процессора открывают перспективы для использования в планшетах и других портативных устройствах, в ТВ и игровых приставках, в ресурсоемких применениях и в специализированных устройствах, где лучше всего раскрываются его мультимедийные функции.

Особенности процессоров серии i.MX 6:

- архитектура ARMv7 и блок обработки данных с плавающей запятой VFPv3, до 32 увеличено число регистров подсистемы вычислений с плавающей запятой;

- блок Neon для обработки медиа-данных и сигналов;
- модуль Trust Zone обеспечивает сохранение конфиденциальности данных и управление правами доступа к данным мобильных телефонов, карманных компьютеров, телевизионных приставок, работающих с открытыми ОС;
- набор поддерживаемых интерфейсов отвечает требованиям современного высокотехнологичного рынка: HDMI 1.4, USB 2.0, Gigabit Ethernet, Wi-Fi и BlueTooth, SATA, PCI Express и FlexCAN.

Контроллеры памяти поддерживают память DDR2, DDR3 и LPDDR2. LPDDR (Low Power DDR) – это тип оперативной памяти для смартфонов и планшетов. У DDR3 уменьшено потребление энергии по сравнению с модулями DDR2, что обусловлено пониженным (1,5 В по сравнению с 1,8 В для DDR2 и 2,5 В для DDR) напряжением питания ячеек памяти.

Имеется последовательный интерфейс обмена данными с накопителями информации – SATA (Serial ATA). SATA является развитием параллельного интерфейса ATA (IDE), который после появления SATA был переименован в PATA (Parallel ATA).

* * *

Если говорить о будущих моделях, то должны появиться новые поколения микропроцессоров семейства i.MX: i.MX7 и i.MX8. Образцы процессоров i.MX7 ожидаются в третьем квартале текущего года, а их производство запланировано на начало 2015 года. Модель i.MX8 сейчас в стадии разработки, ее запуск в производство намечен на начало 2016 года. В микроконтроллерах i.MX новых поколений будет повышена производительность графической подсистемы и процессорного ядра, усилена безопасность, появятся дополнительные сетевые интерфейсы, будет добавлена поддержка ряда промышленных протоколов и др. И, разумеется, для них будет разработано новое программное обеспечение.

По материалам сайта www.freescale.com.