

Новые микроконтроллеры Renesas RA с ядром Cortex-M23 и M33

Ключевым этапом разработки любого нового проекта является выбор платформы, на которой он будет реализован. Ошибка на этой стадии может слишком дорого стоить, ведь при неправильно принятом решении потом, вероятно, придется потратить немало времени и средств на переделку уже выполненной работы, а в худшем случае — и отзывать уже выпущенную продукцию. Поэтому очень важно, чтобы разработчики электронной техники были хорошо проинформированы о последних новинках элементной базы, поскольку это позволит значительно сократить как время на реализацию технического задания, так и общий бюджет проекта.

Александр РУСУ

В статье речь пойдет о новых микроконтроллерах семейства RA, не так давно выпущенных на рынок одним из ведущих мировых производителей электронных компонентов — японской компанией Renesas. Необходимость в расширении уже существующей номенклатуры вызвана бурным развитием современных интеллектуальных автоматизированных систем, состоящих из узлов, сочетающих гибкие алгоритмы работы, высокий уровень надежности и повышенную устойчивость к несанкционированному вмешательству. Очевидно, что для реализации столь жестких требований необходимы микроконтроллеры с более вы-

сокой производительностью, достигаемой за счет тщательно проработанной архитектуры ядра, оптимизированного набора инструкций, более высокой тактовой частоты, а также наличия встроенных аппаратных модулей, позволяющих освободить ядро от выполнения стандартных задач.

Немаловажной характеристикой современных систем является и уровень энергопотребления. Для устройств с питанием от батарей или аккумуляторов меньший уровень потребляемой мощности позволит увеличить время автономной работы, а для системы в целом — сократить затраты на ее эксплуатацию за счет уменьшения счетов

за электроэнергию. Таким образом, использование современных аппаратных платформ поможет не только быстрее реализовать самые сложные технические задания, но и снизить последующие затраты на ее эксплуатацию, что однозначно будет способствовать повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Особенности семейства RA

Микросхемы семейства RA являются лидирующими в своем классе 32-разрядными микроконтроллерами, ориентированными в первую очередь на использование

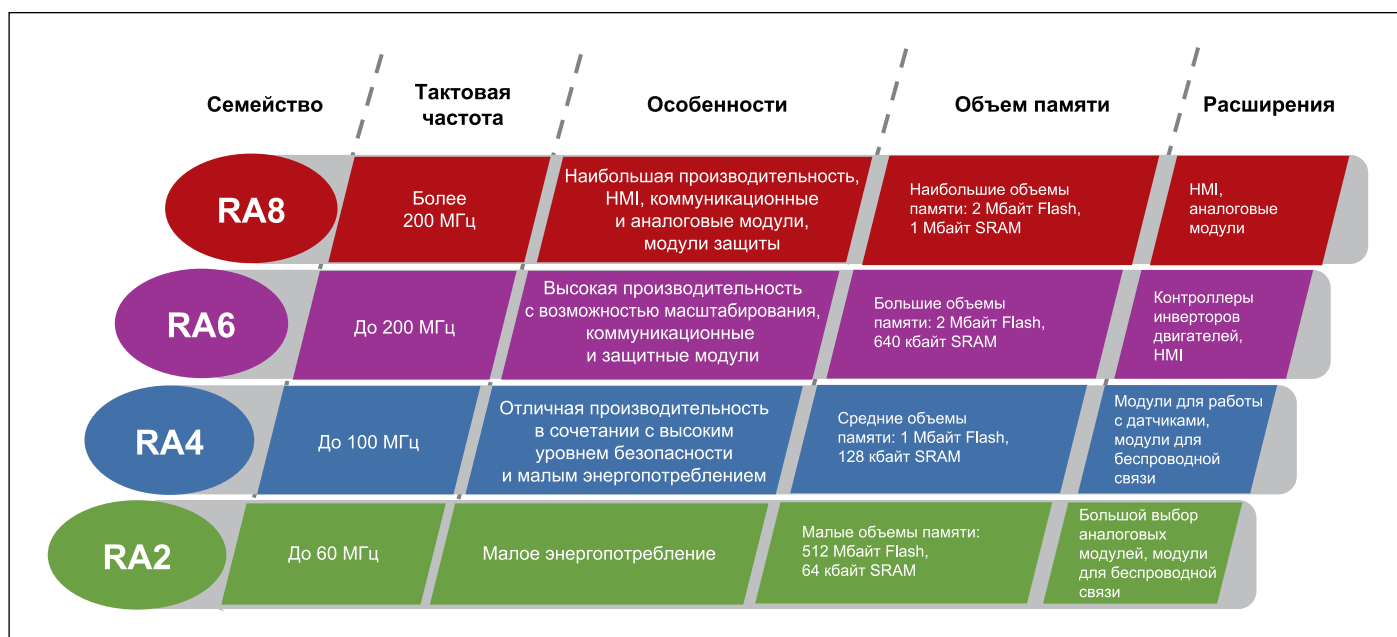


Рис. 1. Состав семейства микроконтроллеров Renesas RA

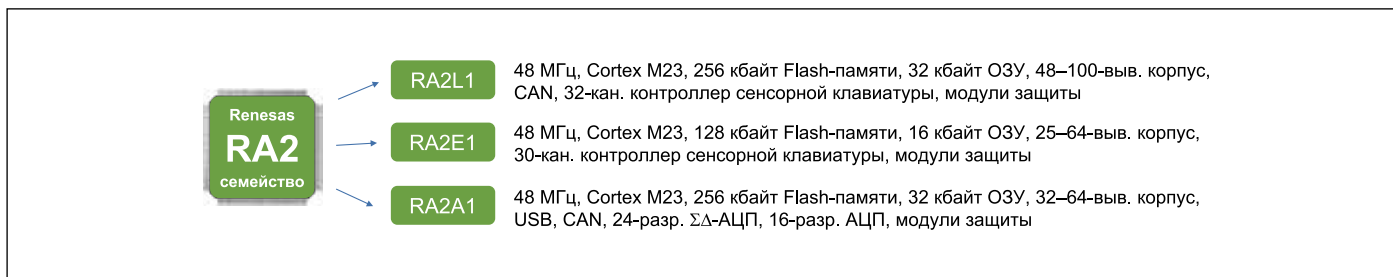


Рис. 2. Состав линейки микроконтроллеров RA2

в современных интеллектуальных автоматизированных системах, в числе которых устройства «Интернета вещей» и промышленное оборудование нового поколения класса Industry 4.0. В ранних моделях микроконтроллеров семейства RA использовалось хорошо зарекомендовавшее себя ядро Cortex-M4, однако последние версии микросхем содержат специализированные для подобных задач ядра Cortex-M23 и Cortex-M33 с более современной архитектурой ARMv8-M. Ключевой особенностью микроконтроллеров RA является наличие сертификатов безопасности PSA (Platform Security Architecture), свидетельствующих о высоком уровне защищенности оборудования, создаваемого на их основе, от несанкционированного вмешательства.

Отличительной характеристикой семейства RA является улучшенная производительность, обеспечиваемая как высокой тактовой частотой ядра, достигающей 200 МГц, так и оптимизированной архитектурой ядер Cortex-M23/M33 с продуманным набором инструкций и возможностью разделения выполняемого кода на доверенные и потенциально опасные инструкции. Размер внутренней Flash-памяти программ в некоторых моделях достигает 2 Мбайт, что вполне достаточно для размещения прошивки большинства приложений. Кроме этого, микроконтроллеры RA имеют развитый набор периферийных модулей, в числе которых и множество приемопередатчиков для большинства наиболее распространенных коммуникационных интерфейсов. Микросхемы RA выпускаются в нескольких типах корпусов с количеством выводов 25–176 с поддержкой их функционального соответствия между моделями с одинаковыми типами корпусов, но с разным объемом Flash-памяти, что значительно облегчает миграцию программного кода при масштабировании или модернизации системы.

Компания Renesas разделяет микроконтроллеры RA на четыре типа (рис. 1), различающихся как уровнем производительности, так и функциональным назначением. Модели трех типов (RA2, RA4 и RA6) на момент написания статьи уже доступны для приобретения, а наиболее производительные микросхемы (RA8) будут выпущены на рынок в самое ближайшее время.

Наличие столь развитого модельного ряда позволяет легко и быстро подобрать микросхему, наиболее подходящую для поставленной задачи, а при необходимости модификации уже существующего проекта — оперативно перейти на более (или менее) производительный кристалл с минимальными затратами времени на корректировку программного обеспечения.

Особенности линейки RA2

Ключевой особенностью микросхем RA2 является малое энергопотребление, поэтому они оптимальны для устройств «Интернета вещей» с батарейным питанием, например для мониторов параметров окружающей среды, установленных в труднодоступных местах. Основой микроконтроллеров RA2 является ядро Cortex-M23, способное работать на частотах до 48 МГц, что вполне достаточно для большинства приложений подобного класса. Набор периферийных устройств содержит богатый выбор коммуникационных интерфейсов, в числе которых CAN, USB и SCI (Serial

Communications Interface — контроллер последовательных протоколов, включающих UART, I²C, SPI и другие), с чьей помощью можно быстро интегрировать разрабатываемый узел в уже существующую систему.

К особенностям первичных узлов «Интернета вещей» относится работа с самыми разными источниками сигналов, поэтому некоторые модели микроконтроллеров RA2 имеют в своем составе расширенный набор аналоговых периферийных модулей, среди них АЦП и ЦАП с различной разрядностью и быстродействием, компараторы, операционные усилители и интегрированные датчики температуры. Для облегчения разработки узлов управления (Human-machine interface, HMI) все представители линейки RA2 имеют контроллеры сенсорных клавиатур.

Требуемый уровень безопасности разрабатываемых приложений обеспечивается наличием аппаратного модуля шифрования по алгоритмам AES (Advanced Encryption Standard), аппаратного генератора случайных чисел (True Random Number Generator, TRNG), а также наличием 128-битного уникального идентификатора устройства.

Микросхемы в линейке RA2 могут работать при напряжениях питания 1,6–5,5 В в диапазоне температур –40...+105 °С, что вполне достаточно для большинства бытовых и промышленных приложений.

Линейка RA2 делится на три группы (рис. 2). Группа RA2E1 выпускается в малогабаритных корпусах LQFP, QFN, LGA, BGA и WLCSP с числом выводов 25–64, самый маленький из которых — 25-выводной WLCSP — имеет размеры всего 2,14×2,27 мм, что делает микроконтроллеры этой группы оптимальными для ультракомпактных приложений. Все микросхемы RA2E1 имеют 16 кбайт ОЗУ, каждая ячейка которого имеет дополнительный бит четности для контроля целостности хранимых данных. Размер Flash-памяти зависит от конкретной модели и может находиться в диапазоне 32–128 кбайт. Кроме этого, каждая микросхема содержит 4 кбайт отдельной Flash-памяти для хранения пользовательских данных.

По своим характеристикам и набору периферийных устройств микросхемы RA2E1 (табл. 1) ближе всего к микроконтроллерам общего назначения, а потому представители данной группы имеют относительно небольшое количество периферийных модулей, что положительно сказывается на их стоимости, однако эта группа отличается наиболее развитым модельным рядом, в основном за счет большого разнообразия корпусов. Каждый микроконтроллер имеет

Таблица 1. Основные характеристики микроконтроллеров RA2E1

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °С	Корпус
R7FA2E1A93	128	16	4	–40...+105	LQFP64, LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, BGA64, LGA36, WLPGA25
R7FA2E1A73	64	16	4	–40...+105	LQFP64, LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, BGA64, LGA36, WLPGA25
R7FA2E1A53	32	16	4	–40...+105	LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, LGA36, WLPGA25
R7FA2E1A92	128	16	4	–40...+85	LQFP64, LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, BGA64, LGA36, WLPGA25
R7FA2E1A72	64	16	4	–40...+85	LQFP64, LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, BGA64, LGA36, WLPGA25
R7FA2E1A52	32	16	4	–40...+85	LQFP48, QFN48, LQFP32, QFN32, LGA36, WLPGA25

Таблица 2. Основные характеристики микроконтроллеров RA2L1

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °C	Корпус
R7FA2L1AB3	256	32	8	-40...+105	LQFP100, LQFP80, LQFP64, LQFP48, QFN48
R7FA2L1A9	128	32	8	-40...+105	LQFP100, LQFP80, LQFP64, LQFP48, QFN48
R7FA2L1AB2	256	32	8	-40...+85	LQFP100, LQFP80, LQFP64, LQFP48, QFN48
R7FA2L1A92	256	32	8	-40...+85	LQFP100, LQFP80, LQFP64, LQFP48, QFN48

в своем составе комплект таймеров общего назначения, в том числе и таймеры с поддержкой ШИМ, набор приемопередатчиков интерфейсов I²C, SCI и SPI и интегрированный датчик температуры. Для работы с аналоговыми сигналами могут применяться 12-разрядный АЦП и двухканальный малопотребляющий компаратор. Для создания узлов управления можно использовать специализированный 30-канальный контроллер сенсорной клавиатуры, а для обеспечения необходимой безопасности канала связи — аппаратный модуль шифрования AES и генератор случайных чисел TRNG.

Когда объема памяти или количества портов ввода/вывода микроконтроллеров RA2E1 недостаточно для решения поставленной задачи, следует обратить внимание на группу RA2L1 (табл. 2), отличающуюся от группы RA2E1 вдвое большим количеством всех видов памяти и корпусами большего размера. Микроконтроллеры RA2L1 совместимы по выводам с микросхемами RA2E1 (при условии совпадения типа корпусов), что позволяет оперативно перенести исходный код при расширении проекта. Оперативная память микроконтроллеров RA2L1 разделена на две равные секции, в одной из которых может быть активирован механизм проверки корректности данных путем контроля дополнительного бита четности (Parity Bit), а во второй — механизм поиска и исправления ошибок (Error Correction Code, ECC) на основе дополнительных 7 бит, присутствующих в каждой ячейке этой секции. Общее количество коммуникационных модулей микроконтроллеров RA2L1 обычно больше, чем у представителей группы RA2E1, кроме того, микросхемы этой группы имеют приемопередатчик, поддерживающий шину CAN.

Микроконтроллеры RA2A1 (табл. 3) ориентированы на приложения, требующие высокоточной обработки аналоговых сигналов, поэтому они имеют расширенный набор аналоговых периферийных модулей. Используя эти микроконтроллеры, можно преобразовать аналоговый сигнал в цифровую форму с помощью 16-разрядного АЦП, позволяющего производить до 1,2 млн преобразований/с. Для более точных измерений предназначен 24-разрядный сигма-дельта-АЦП с производительностью до 15,6 квыб/с. Обратное преобразование — из цифровой формы в аналоговую — можно осуществить с помощью двух 8-разрядных и одного 12-разрядного ЦАП. Кроме этого, в секцию аналоговой обработки входят три операционных усилителя (Operational Amplifier, OPAMP), два малопотребляющих (Low-Power Analog Comparator, ACMPLP), а также один высокоскоростной компаратор (High-Speed Analog Comparator, ACMPLP).

Таблица 3. Основные характеристики микроконтроллеров RA2A1

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °C	Корпус
R7FA2A1AB3	256	32	8	-40...+105	LQFP64, LQFP32, QFN48, QFN40
R7FA2A1AB2	256	32	8	-40...+85	BGA36

Представители группы RA2A1 имеют расширенный набор коммуникационных интерфейсов. Кроме традиционных модулей последовательной связи (I²C, SCI и SPI), присутствующих в каждой микросхеме семейства RA2, микроконтроллеры RA2A1 имеют приемопередатчики CAN и USB2.0, причем модуль USB имеет встроенный стабилизатор напряжения и соответствует спецификации заряда батарей версии 1.2 (USB Battery Charging Specification 1.2).

Так же, как и в микросхемах RA2L1, оперативная память микроконтроллеров RA2A1 разделена на две равные секции, в одной из которых реализован механизм контроля данных с помощью бита четности, а во второй — на основе ECC.

Особенности линейки RA4

Микроконтроллеры RA4 (рис. 3) благодаря сочетанию высокой производительности и поддержки множества коммуникационных интерфейсов могут стать прекрасной основой для промышленных контроллеров автоматизированных систем управления. Относительно небольшие приложения, не требующие реализации сложных алгоритмов управления, можно реализовать на линейках RA4M1 и RA4W1, основанных на ядре Cortex-M4. Однако для систем, требующих высокого уровня производительности, надежности и защиты от несанкционированного вмешательства, наилучшим образом подходят микроконтроллеры серий RA4M2 и RA4M3, построенные на специализированных ядрах Cortex-M33.

Особенностью ядер Cortex-M33 является наличие отдельной области ядра — доверенной зоны (Trust Zone), в которую может быть загружена операционная система реального времени. При таком подходе доступ к внутренним ресурсам микроконтроллера, в том числе и к периферийным устройствам и портам ввода/вывода, обеспечивается только через защищенную область, через функции API (Application Programming Interface), предоставляемые и контролируемые операционной системой. Запрет прямого управления узлами микроконтроллера программным обеспечением верхнего уровня позволяет минимизировать риск несанкционированного вмешательства, поскольку теперь вся конфиденциальная информация (пароли, ключи, идентификаторы и т. п.) хранится внутри защищенной области и при правильно организованной защите не может быть прочитана или изменена (рис. 4). Кроме того, стандартизация доступа к операционной системе на уровне API позволяет создавать пользовательские приложения сторонними разработчиками без какого-либо риска утечки секретной информации о системе.

Использование столь высокого уровня защиты связано с широким распространением распределенных интеллектуальных систем,

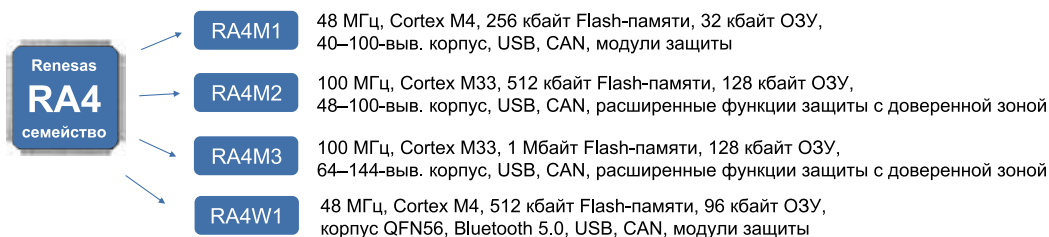


Рис. 3. Состав линейки микроконтроллеров RA4

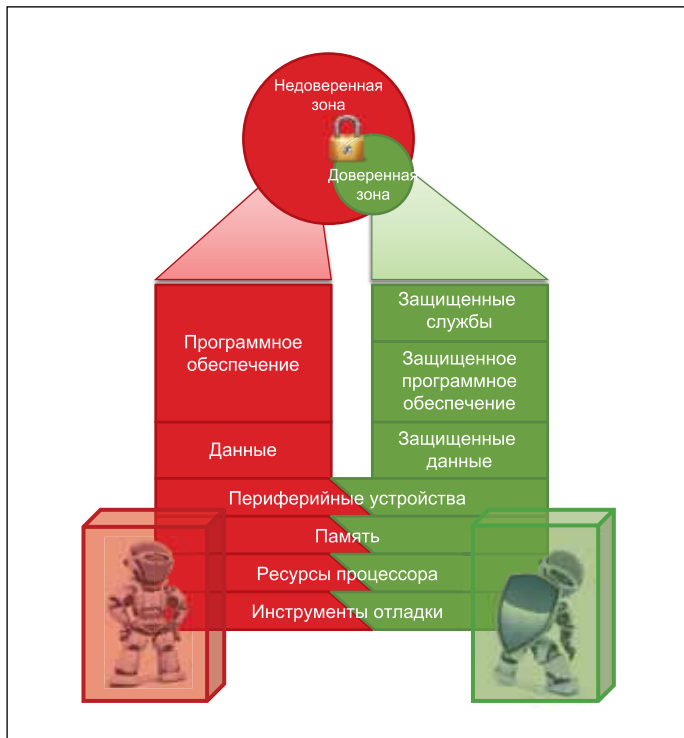


Рис. 4. Принцип защиты приложения с помощью доверенной зоны

использующих радиointерфейсы для передачи данных, которые могут быть доступны для мониторинга и вмешательства третьими лицами. Поскольку ущерб от несанкционированного вмешательства в подобные системы с каждым годом становится все больше, то повышенный уровень безопасности является обязательным условием для современных устройств «Интернета вещей» и элементов промышленных систем.

Микроконтроллеры на основе ядра Cortex-M4 (RA4M1, RA4W1) могут работать с тактовой частотой до 48 МГц, а микросхемы на основе ядра Cortex-M33 (RA4M2, RA4M3) — до 100 МГц. Кроме более высокой, по сравнению с семейством RA2, производительности, микросхемы RA4 поддерживают большее количество интерфейсов обмена данными, в том числе и USB, CAN, SSI, SCI, SPI, QSPI и Bluetooth 5.0 (микроконтроллеры RA4W1). Для упрощения реализации органов управления устройств в состав периферийных модулей микроконтроллеров RA4 включены контроллеры сенсорных клавиатур, а микросхемы RA4M1, RA4W1 имеют также драйверы жидкокристаллических индикаторов.

Реализация столь высокого уровня безопасности была бы крайне затруднительна без аппаратной поддержки, поэтому микроконтроллеры RA4 на основе ядра Cortex-M33 имеют расширенный состав периферийных узлов, предназначенных для шифрования данных. Девятая версия криптографического модуля, присутствующая в микросхемах RA4M2 и RA4M3, обеспечивает шифрование по симметричным (AES) и несимметричным (RSA, ECC и DSA) алгоритмам, вычисление хэш-функций по алгоритмам SHA224, SHA256, аппаратную генерацию случайных чисел, а также место для хранения 128-разрядного уникального идентификатора устройства.

Для работы с аналоговыми сигналами могут использоваться 12-разрядные АЦП и ЦАП. Кроме этого, в микроконтроллерах на основе ядра Cortex-M4 присутствуют до четырех операционных усилителей (OPAMP) и до двух малопотребляющих аналоговых компараторов (ACMPLP) с отдельным 8-разрядным ЦАП для формирования опорных напряжений.

Микроконтроллеры RA4M2 (табл. 4) и RA4M3 (табл. 5) могут функционировать в диапазоне рабочих температур $-40...+105$ °С при напряжении питания 2,7–3,6 В, при этом порты ввода/вывода

Таблица 4. Основные характеристики микроконтроллеров RA4M2

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °С	Корпус
R7FA4M2AD3	512	128	8	$-40...+105$	LQFP100, LQFP64, LQFP48, QFN48
R7FA4M2AC3	384	128	8	$-40...+105$	LQFP100, LQFP64, LQFP48, QFN48
R7FA4M2AB3	256	128	8	$-40...+105$	LQFP100, LQFP64, LQFP48, QFN48

Таблица 5. Основные характеристики микроконтроллеров RA4M3

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °С	Корпус
R7FA4M3AF3	1024	128	8	$-40...+105$	LQFP144, LQFP100, LQFP64
R7FA4M3AE3	768	128	8	$-40...+105$	LQFP144, LQFP100, LQFP64
R7FA4M3AD3	512	128	8	$-40...+105$	LQFP144

могут работать с уровнями логических сигналов, достигающими 5 В. Величина потребляемого тока микросхем RA4M2 составляет 81 мкА/МГц, в то время как RA4M3 имеют несколько большее энергопотребление — 119 мкА/МГц. Микросхемы RA4M3 имеют также и большее количество Flash-памяти для хранения программ и выпускаются в корпусах с большим количеством выводов.

Микроконтроллеры RA4M2 и RA4M3 могут стать отличной аппаратной основой для создания элементов высоконадежных систем, например узлов противопожарной защиты или установок для ограничения уровня доступа. Их также можно использовать в автоматизированных системах учета и контроля энергоресурсов, мехатронных и роботизированных устройствах, а также для повышения энергетической эффективности зданий, например для управления кондиционерами или отопительными котлами. И конечно же, никто не запрещает применять их в качестве традиционных контроллеров общего назначения.

Особенности линейки RA6

На момент написания статьи микроконтроллеры линейки RA6 (рис. 5) являются наиболее высокопроизводительными системами среди микросхем семейства RA, поддерживая большинство ключевых функций младших линеек. Основная часть микроконтроллеров RA6 реализована на основе ядра Cortex-M4, способного работать с тактовой частотой до 120 МГц, однако в последних группах (RA6M4 и RA6M5), выпущенных компанией Renesas в конце 2020 года, уже использовано более мощное специализированное ядро Cortex-M33, обеспечивающее, благодаря наличию доверенной зоны, самый высокий уровень защиты от несанкционированного вмешательства.

Микросхемы RA6M4 (табл. 6) и RA6M5 (табл. 7) могут работать с тактовой частотой до 200 МГц, имеют до 512 кбайт ОЗУ и до 8 кбайт Flash-памяти для хранения пользовательских данных. Размер Flash-памяти для хранения программ в самых дорогих моделях может достигать 2 Мбайт, что позволяет реализовать на их основе сложные системы управления, требующие обработки большого количества данных.

Поддержка высокой производительности обеспечивается в том числе и за счет соответствующих интерфейсов обмена данными, среди которых и Ethernet с собственным каналом прямого доступа к памяти (DMA), полноскоростной USB, высокоскоростные версии других протоколов (CAN FD, QuadSPI, OctaSPI), а также поддержка SPI и I²C в режимах с несколькими ведущими.

Микросхемы RA6 совместимы по выводам с представителями младших линеек, в частности с RA4, что позволяет минимизировать затраты времени при расширении проекта. Диапазон рабочих напряжений микросхем RA6M4 и RA6M5 составляет 2,7–3,6 В, при этом они сохраняют полную работоспособность в диапазоне рабочих температур $-40...+105$ °С.

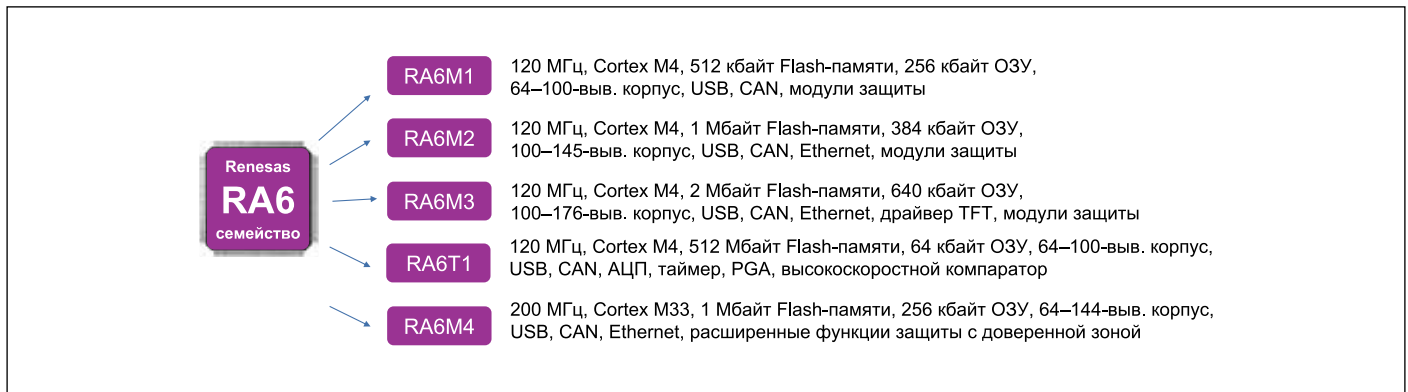


Рис. 5. Состав линейки микроконтроллеров RA6

Таблица 6. Основные характеристики микроконтроллеров RA6M4

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °C	Корпус
R7FA6M4AF3	1024	256	8	-40...+105	LQFP144, LQFP100, LQFP64
R7FA6M4AE3	768	256	8	-40...+105	LQFP144, LQFP100, LQFP64
R7FA6M4AD3	512	256	8	-40...+105	LQFP144, LQFP100, LQFP64

Таблица 7. Основные характеристики микроконтроллеров RA6M5

Модель	Flash-память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	Flash-память данных, кбайт	Диапазон рабочих температур, °C	Корпус
R7FA6M5AH	2048	512	8	-40...+105	BGA176, LQFP176, LQFP144, LQFP100
R7FA6M5BH	2048	512	8	-40...+105	LQFP100
R7FA6M5AG	1536	512	8	-40...+105	BGA176, LQFP176, LQFP144, LQFP100
R7FA6M5BG	1536	512	8	-40...+105	LQFP100
R7FA6M5BF	1024	512	8	-40...+105	LQFP100

Заключение

Процесс усложнения автоматизированных систем неминуем, ведь с каждым годом появляются новые алгоритмы, позволяющие вывести их на совершенно иной уровень качества, недостижимый при использовании существующей элементной базы. Поэтому очень важно, что компания Renesas уже сейчас предоставляет про-

изводителем электроники необходимую аппаратную основу, позволяющую разработчикам прикладных приложений возможность сосредоточить основные усилия на создании высокоуровневых функций, не заботясь о нехватке вычислительной мощности или потенциальной уязвимости системы.

генераторы

ООО НПП
«МЕТЕОР-КУРС»

РАЗРАБОТЧИК и
ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

 **КУРС**

резонаторы

tel +7 (8443) 34-22-48
fax +7 (8443) 34-20-90

www.meteor-kurs.ru
mail: kurs@meteor-kurs.ru

стабильная
надежность в
совершенном
исполнении

фильтры

НОВОСТИ СВЧ-компоненты

Антенный переключатель ООО «Радиокомп»

Компания «Радиокомп» разработала новый антенный переключатель. Он предназначен для коммутации антенно-фидерного устройства (антенны) радиостанции к выходу усилителя мощности («передача») либо к входу радиоприемного тракта изделия («прием»).

В режимах передачи и работы на эквивалент нагрузки сигнал с контрольного выхода усилителя мощности поступает на вход приемника для проверки качества передаваемого сигнала.

Основные характеристики:

- диапазон рабочих частот: 550–800 МГц;
- вносимые потери «усилитель мощности — антенна»: не более 0,45 дБ;
- вносимые потери «антенна — приемник»: не более 0,40 дБ;
- КСВ входа/выхода: не более 1,3;
- максимальная допустимая непрерывная мощность: 150 Вт;
- время переключения: не более 10 мкс;
- прохождение паразитного сигнала «выход усилителя мощности — вход приемника»: не более -60 дБ.

www.radiocomp.ru

Реклама