

Цифровые решения компании Rockchip Electronics

Андрей ВЕРШИНИН
mcsu@macrogroup.ru

В статье описаны семейства микропроцессоров и микроконтроллеров компании Rockchip Electronics. Учитывая широкую производственную линейку компании, мы не стали углубляться в описание отдельной продукции, а предпочли сделать краткий обзор семейств чипов.

Введение

Китайская fabless-компания Rockchip была основана в 2001 г. Штаб-квартира находится в г. Фучжоу, а отделения располагаются во всех крупных производственных городах Китая — Шанхае, Шэньчжэне и т. д. Компания специализируется на разработке микропроцессоров (МП), микроконтроллеров (МК), систем-на-кристалле (СнК).

Кроме того, Rockchip Electronics имеет большой опыт в разработке алгоритмов обработки изображения и создании программного обеспечения, помогающего использовать ее продукцию во многих приложениях. Добавим, что компания предлагает также комплексные решения, в состав которых помимо перечисленной продукции входят микросхемы управления питанием (PMIC) и вспомогательные интерфейсные модули. Разумеется, Rockchip Electronics предлагает пользователям аппаратные и программные средства отладки. В этой статье акцентируется внимание на МП, МК и СнК компании. Все серии этих изделий перечислены ниже:

- **RK MCU.** МК с процессорным ядром Cortex-M3 или Cortex-M4;
- **RK18.** Двухъядерные МП с процессорным ядром Cortex-A35;
- **RK30.** Двухъядерные МП с процессорным ядром Cortex-A7;
- **RK31.** Четырехъядерные МП с процессорным ядром Cortex-A7 или Cortex-A9;
- **RK32.** Четырехъядерных МП с процессорным ядром Cortex-A7 или Cortex-A17;
- **RK33.** Четырехъядерные МП с процессорным ядром Cortex-A53 или Cortex-A35, а также с архитектурой Big.Little (2 ядра Cortex-A72 + 4 ядра Cortex-A53);
- **RK35.** Четырехъядерные МП с процессорным ядром Cortex-A55 и четырехъядерный МП с процессорным ядром Cortex-A76 + 4 процессорных ядра Cortex-A55;
- **RK Power Series.** 2-, 4- и 8-ядерные процессоры с Cortex-A35, или Cortex-A53, или Cortex-A9.

Далее мы кратко опишем параметры каждой серии. Чтобы не усложнять описание, мы выбрали только основные параметры,

к которым, учитывая специализацию чипов, отнесли: видео, аудио, графику, интерфейс дисплея, а также встроенную память (без учета кэш-памяти процессорных ядер) и тактовую частоту ядер. Исключим из описания интерфейсы внешней памяти — для всех модификаций они практически одинаковы: LPDDR2, LPDDR3, DDR3, DDR3L, DDR4, SPI NOR/NAND Flash, EMMC, SDMMC.

Серия RK MCU

В состав этой серии входят четыре модификации. Две из них — с ядром Cortex-M3, а другие две — с Cortex-M4F. МК этой серии можно назвать рабочими лошадками, так как они могут работать в режиме реального времени, экономичны и годятся для систем управления, а также относительно небольших систем сбора и обработки данных.

Следует отметить очень оригинальное и нестандартное решение: в МК RK 2106 и RK 2208 встроен DSP-процессор Tensilica HiFi3 компании Cadence, который позволяет существенно расширить область использо-

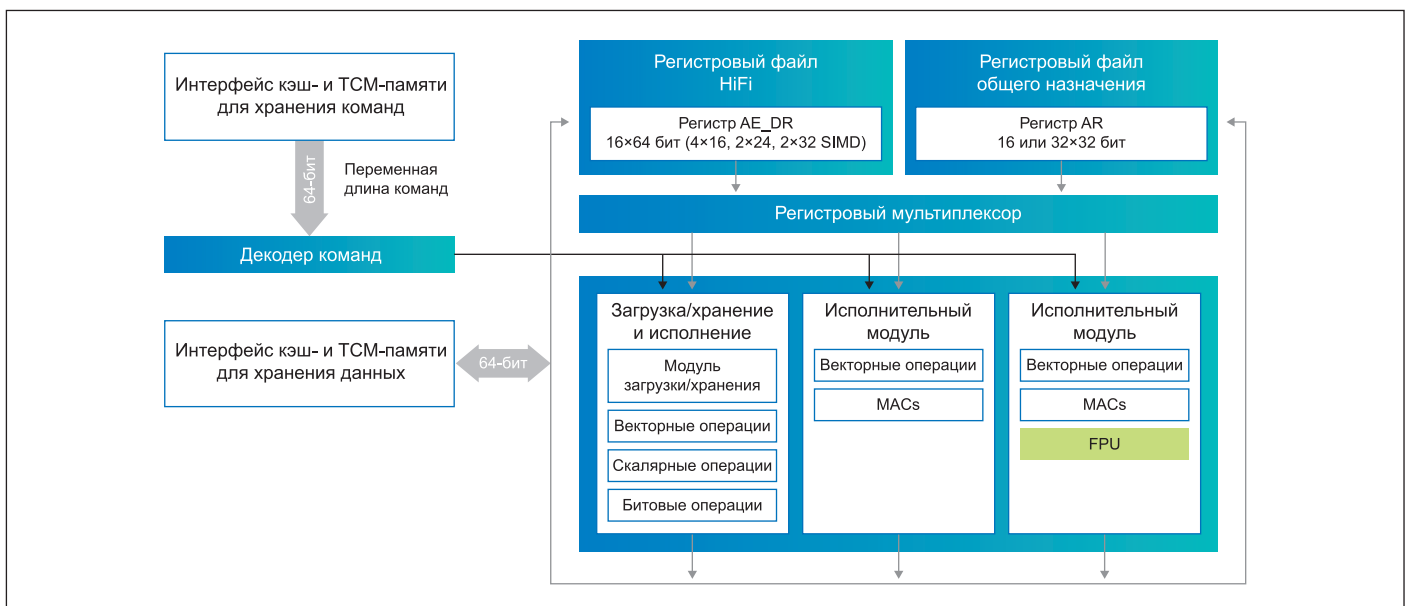


Рис. 1. Структурная схема процессора Tensilica HiFi3

Таблица 1. Основные параметры МК серии RK MCU

| Параметр | Наименование микроконтроллера | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| | RK NANO C | RK NANO D | RK 2108 | RK 2206 |
| Процессорное ядро | Cortex-M3 | 2 ядра Cortex-M3 | Cortex-M4F | Cortex-M4F |
| Частота тактирования ядра | 100 МГц | 400 МГц | | 200 МГц |
| DSP | – | – | Tensilica HiFi3 | |
| Встроенная память | 144 Кбайт RAM | 320 Кбайт RAM | 1 Мбайт RAM | 1,5 Мбайт RAM |
| Аналоговые модули | аудио ЦАП | – | 2-канальный аудио АЦП | 3-канальный аудио АЦП, аудио ЦАП, усилитель класса D |
| Интерфейсы | USB2.0, SPI, UART, I ² C | USB2.0, SPI, UART, I ² C, E-ink I/F, LCD i8080 I/F, 6×UART, 2×SPI, 1×SFC, 3×I ² C, 2×I ² S, 5×PWM, 8×ADC, 56×GPIO | USB2.0 Device, SPI, UART, I ² C, PDM, I ² S, модуль WLAN | USB2.0, SPI, UART, I ² C, PDM, I ² S, модуль WLAN |
| Интерфейс дисплея | до 220×176 пикс. | до 320×240 пикс. | MIPI LCD | MCU/SPI |
| Аудио | многоформатный декодер | многоформатный декодер, 24-бит, 192 кГц ACODEC | многоформатные кодер и декодер | |
| Видео | XVID до 220×176 | XVID до 220×176 | – | – |

вания МК. Структурная схема процессора Tensilica HiFi3 представлена на рис. 1. В нем предусмотрены каналные аудиокодеки, обеспечивающие пред- и постобработку аудиоданных. Основные параметры МК серии RK MCU представлены в табл. 1.

Серия RK 18

В состав этой серии входит двуядерный RK1808 с процессорным ядром Cortex-A35 и 64-бит архитектурой ARMv8-A. Cortex-A35 разработан для замены 32-бит ядра Cortex-A7 и Cortex-A5. При одинаковом техпроцессе и тактовой частоте Cortex-A35 занимает меньшую площадь на кристалле и имеет меньшее энергопотребление. В состав Cortex-A35 входит векторный сопроцессор Neon, поддерживающий операции SIMD. Системная кэш-память уровня L2 имеет объем 128 Кбайт, а кэш-память команд и данных уровня L1 — по 32 Кбайт.

«Изюминкой» МК RK1808 является встроенный аппаратный ускоритель нейронных сетей NPU. Он легко программируется и совместим с основными платформами, представленными на рынке: TensorFlow, Caffe, ONNX, Darknet Mode. NPU поддерживает 64 операции FP16 MAC и 192 операции Int16 MAC за цикл. Объем его буфера составляет 512 Кбайт.

Перечислим основные параметры МП RK1808:

- частота тактирования ядра: 1,6 ГГц;
- память: 800-МГц 32-бит LPDDR2/LPDDR3/DDR3/DDR3L/DDR4, SPI NOR/NAND Flash, EMMC;
- видео: декодер 1080 p, 60 кадров/с H264; кодер 1080 p, 30 кадров/с H264;
- интерфейсы дисплея: четыре линии MIPI-DSI 1080 p, 60 кадров/с; 18-бит параллельный RGB 1280×800 пикс.;
- интерфейсы: USB3.0/PCIe2.1; RGMII; 8×UART, 3×SPI, 6×I²C, 11×PWM, 4×SARADC;
- корпус: BGA 14×14, FCCSP420LD.

Серия RK 30

В состав серии входит двуядерный МП RK 3036 с процессорным ядром Cortex-A7 и 32-бит архитектурой ARMv7-A. Основной особенностью Cortex-A7 является низкое энергопотребление — оно примерно в пять раз ниже, чем у Cortex-A8. Ядро может иметь конфигурацию Little и работать совместно в конфигурации big.LITTLE с высокопроизводительным ядром. Как и ядро Cortex-A35, Cortex-A7 имеет векторный сопроцессор Neon и системную кэш-память уровня L2 объемом 128 Кбайт, а размеры кэш-памяти команд и данных уровня L1 составляют по 32 Кбайт.

К особенностям МК RK 3036 относится встроенный графический процессор 3D GPU, благодаря чему МК RK 3036 совместим с OpenGL ES1.1, 2.0, OpenVG1.1 и т. д. Перечислим основные параметры МК RK3036:

- частота тактирования ядра: 1,0 ГГц;
- видео: кодер 1080 p, 30 кадров/с H.264/H.265; декодер 1080 p (VC-1, MPEG-1/2/4, VP8);
- интерфейсы дисплея: HDMI 1.4 с HDCP 1.3; CVBS;
- интерфейсы: CVBS, HDMI, Ethernet MAC, S/PDIF, Audio DAC, USB;
- корпус: eLQFP176, TFBGA236.

Таблица 2. Основные параметры МК серии RK 31

| Параметр | Наименование микроконтроллера | | |
|---------------------------|--|--|--|
| | RK 3126 | RK 3128 | RK 3188 |
| Процессорное ядро | 4 ядра Cortex-A7 | | 4 ядра Cortex-A9 |
| Частота тактирования ядра | 1,2 ГГц | | 1,6 ГГц |
| Встроенная память | 32 Кбайт RAM | 8 Кбайт RAM | 32 Кбайт RAM |
| Интерфейсы | Ethernet MAC, SDIO3.0, USB2.0, I ² C, UART, SPI, I ² S, S/PDIF | | Ethernet MAC, SDIO3.0, USB2.0, I ² C, UART, SPI, I ² S |
| Интерфейс дисплея | RGB/LVDS/MIPI-DSI, до 1280×720 пикс. | HDMI1.4 до 1080p @ 60 Гц, с HDCP1.4 | 2 дисплея 2048×1536 пикс. |
| Видео | 1080p, 60 кадров/с (H.264, H.265, VC-1, MPEG-1/2/4, VP8) | 1080p, 60 кадров/с H.264, VP8, RGB/LVDS/MIPI-DSI, 1280×720 | 1080p 60 кадров/с (H.264, VC-1, MPEG-1/2/4, VP8) |

Серия RK 31

В состав серии входят три четырехъядерных МП с процессорными ядрами Cortex-A7 и Cortex-A9. Четыре ядра существенно расширяют функциональные возможности МП и позволяют независимо, без снижения производительности, обрабатывать видео, аудио и изображения. По сравнению с описанными выше МП серии RK 30, в МП серии RK 31 имеется интерфейс камеры и графический процессор 2D GPU в дополнение к графическому процессору 3D GPU. Повышенная производительность и функциональность позволяют МП серии RK 31 обрабатывать видео и изображения практически всех форматов. Основные параметры МП серии RK 31 представлены в табл. 2.

Серия RK 32

Поскольку четырехъядерные МП этой серии незначительно отличаются от МП серии RK 31, мы не станем подробно на них останавливаться. Заметим лишь, что МП RK 3288 базируется на кластере ядер Cortex-A17. Это процессорное ядро имеет наивысшую производительность среди ядер 32-бит архитектуры ARMv7-A. В нем реализованы все последние новшества этой архитектуры, в том числе поддержка виртуализации и 128-бит шина ACE.

Серия RK 33

Это самая многочисленная серия — в нее входят шесть МП. Отличие этой серии от других заключается в расширенных мультимедийных возможностях. Разная конфигурация процессорных ядер позволяет в комплексе с расширенными мультимедийными возможностями создавать человеко-машинные интерфейсы разного уровня сложности, начиная с относительно простых и заканчивая интерфейсами верхнего уровня АСУ ТП. Основные параметры МП серии RK 33 представлены в табл. 3.

Серия RK 35

В эту серию входят четыре МП, два четырехъядерных и два восьмиядерных МП.

Таблица 3. Основные параметры МК серии RK 33

| Параметр | Наименование микроконтроллера | | | | | |
|---------------------------|--|--|---|---|--|---|
| | RK 3308 | RK 3326 | RK 3328 | RK 3368 | RK 3399 | RK 3399 PRO |
| Процессорные ядра | 4 ядра Cortex-A35 | 4 ядра Cortex-A35 | 8 ядер Cortex-A53 | | 2 ядра Cortex-A72 + 4 ядра Cortex-A53 | |
| Частота тактирования ядра | 1,3 ГГц | 1,5 ГГц | 1,3 ГГц | 1,5 ГГц | 1,8 ГГц у A72 и 1,4 ГГц у A53 | |
| Встроенная память | 256 Кбайт RAM | 24 Кбайт RAM | 36 Кбайт RAM | 68 Кбайт RAM | 200 Кбайт RAM | 200 Кбайт RAM |
| Аналоговые модули | 10-бит АЦП | 10-бит АЦП | аудио ЦАП | 8/10-бит АЦП | 10-бит АЦП | 10-бит АЦП |
| Интерфейсы | USB2.0, SPI, UART, I ² C 10/100 Ethernet | USB2.0, SPI, UART, I ² C, E-ink I/F, LCD i8080 I/F, 6×UART, 2×SPI, 1×SFC, 3×I ² C, 2×I ² S, 5×PWM, 8×ADC, 56×GPIO | USB2.0 Device, SPI, UART, I ² C, PDM, I ² S | MIPI_DSI/LVDS/TTL, SDIO, GMAC 10/100/1000 Ethernet, SPI, UART, I ² C, USB2.0 | SDIO, 10/100/1000M Ethernet, USB3.0, SPI, UART, I ² C | Сетевой процессор NPU до 1920 операций Int8 MAC за цикл, SDIO, 10/100/1000M Ethernet, USB3.0, SPI, UART, I ² C |
| Интерфейс дисплея | параллельный 16- и 18-бит интерфейс 1080p | параллельный 24-бит 1080p 60 кадров/с, MIPI_DSI, TIA/EIA-644-A LVDS | HDMI 2.0a 4K 60 Гц, ТВ-энкодер | параллельный интерфейс 4096×2304, IFDBC 2948×1536 | MIPI-DSI, HDMI, eDP, AFBC совместно с GPU до 2560×1600 | MIPI-DSI, HDMI, eDP, AFBC совместно с GPU до 2560×1600 |
| Аудио | обнаружение голосовой активности, I ² S, PCM, TDM, PDM, SPDIF, HDMI ARC | I2S0, I2S1/I2S2, PDM, TDM, | MP3, AAC, WMA, FLAC, OGG, Dolby Digital, Dolby Digital Plus | I ² S/PCM, SPDIF | | |
| Видео | – | многоформатный видеокодер/декодер | | | | |
| Камера | – | – | – | 8 Мпикс. ISP | 13 Мпикс. ISP | 13 Мпикс. ISP |
| Графика | – | JPEG, 3D GPU, ускоритель обработки 2D | JPEG, 3D GPU, ускоритель обработки 2D | | процессор обработки изображений, 2D- и 3D-ускорители | |

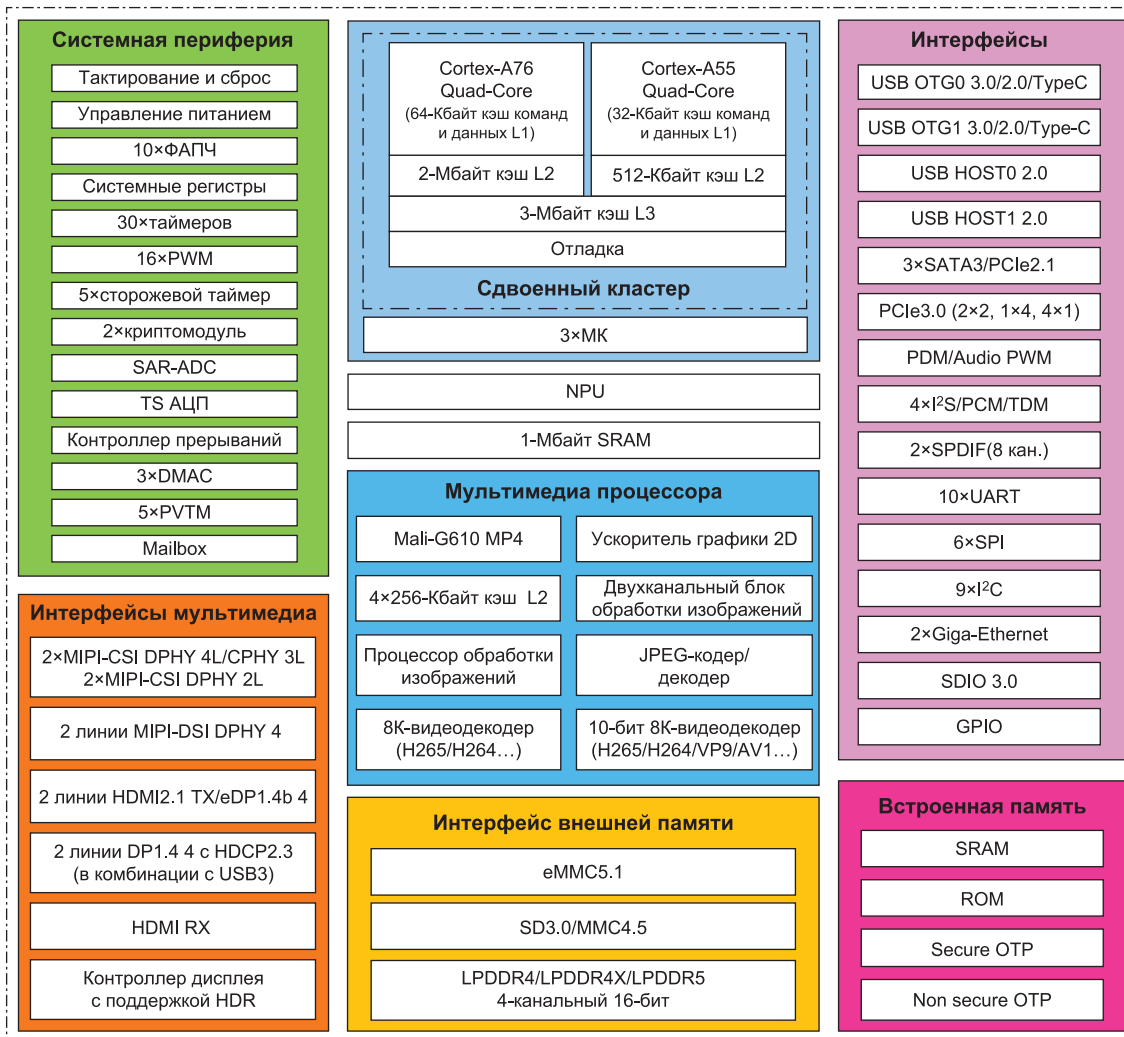


Рис. 2. Структурная схема RK 3588

«Жемчужиной» этой серии, а возможно, и всей производственной линейки компании является 8-ядерный МП RK 3588, производимый по 8-нм техпроцессу. Далеко не каждая компания даже среди мировых лидеров имеет в своей производственной программе подобную технологию. RK 3588 создан на базе двух четырехъядерных кластеров Cortex-A55 и Cortex-A76. Заметим, что Cortex-A76 относится к числу «премиальных» ядер 2-го поколения: в нем используется технология DynamIQ. Ядро имеет производительность класса ноутбука и при этом обладает высокой энергоэффективностью. Структурная схема RK 3588 представлена на рис. 2.

МП серии RK 35 имеют примерно ту же функциональность, что и МП серии RK 33, но обладают более высокой производительностью. Еще одно отличие от серии RK 33 — сетевой процессор NPU с повышенной производительностью, который поддерживает многозадачность и фреймворки глубокого обучения.

Серия RK Power

В нее входят четыре 2-, 4- и 8-ядерные МП с процессорными ядрами Cortex-A35, Cortex-A53, Cortex-A9. Это экономичная серия была выпущена относительно давно — в 2013 г., но едва ли стоит называть МП этой серии устаревшими. Несмотря на то, что они имеют меньшую функциональность, чем многие из описанных выше МК, они найдут

применение во многих приложениях, где не требуется человеко-машинный интерфейс высокой сложности.

Выводы

В статье кратко рассмотрены технологические решения производства компании Rockchip Electronics. Широкая линейка, функциональность продукции и современные техпроцессы позволяют без натяжек причислить компанию к мировым лидерам. Несмотря на то, что основным функционалом МП является обработка мультимедиа, отдельные модификации найдут применение в IoT-приложениях и управлении электроприводом.

Заметим, что компания занимается не только «железом», но имеет также в своем ассортименте алгоритмы обработки графики и видео, что позволяет предлагать комплексные решения для многих приложений. Эта особенность выгодно выделяет Rockchip Electronics среди конкурентов.

В заключение заметим, что диапазон рабочей температуры чипов составляет 0–80 °С (для бытовой электроники), –20...85 °С (коммерческие приложения), –40...85 °С (автомобильная и промышленная электроника). Причем, для коммерческих приложений, автомобильной и промышленной электроники гарантируется долговременная поставка в течение 10 лет. ■