

Двухъядерный микроконтроллер компании «Миландр» для высоконадёжных применений

СТАНИСЛАВ ГУСЕВ, инженер-разработчик, ЗАО «ПКК Миландр»

Статья знакомит читателей с новейшим двухъядерным микроконтроллером 1901ВЦ1Т компании ЗАО «ПКК Миландр», который ориентирован на широкий круг приложений, требующих одновременного решения как задач управления системой в реальном времени, так и задач быстрой обработки входных потоков данных. Микроконтроллер обладает низким энергопотреблением и широким набором периферии, позволяющим использовать его в различных мобильных и стационарных устройствах.

В последнее время набирает популярность новый тип микроконтроллеров, совмещающих в себе функции RISC-контроллеров и процессоров цифровой обработки сигналов. Такие системы получили название цифровых сигнальных контроллеров (Digital Signal Controller, DSC). Строятся они либо на базе RISC-контроллера путём добавления в него функций, ранее свойственных только специализированным ЦОС-процессорам, либо объединения на одном кристалле самостоятельных RISC- и ЦОС-процессорных ядер.

Последний тип контроллеров, безусловно, более производителен благодаря тому, что задачи общего управления системой и обработки данных распараллеливаются на два независимых процессора. Новый микроконтроллер 1901ВЦ1Т ЗАО «ПКК Миландр» относится именно к такому классу устройств. В нём совмещены два высокопроизводительных ядра: 32-разрядное RISC-ядро, разработанное специально для встраиваемых мобильных приложений и близкое по своей структуре и набору команд к ядрам семейства 1986, и сопроцессор ЦОС с системой команд, совместимой с процессором TMS320C54X. Микросхема выпускается в 132-выводном корпусе, имеет внешнее питание 3 В и содержит встроенный регулятор на 1,8 В для питания цифровой части. 96 выводов кристалла доступны пользователям в качестве портов общего назначения. Максимальное потребление микросхемы составляет до 180 мА в случае, если активны процессорные ядра RISC и DSP.

Структурно вся система разделена на две подсистемы — RISC и DSP (см. рис. 1). Каждая подсистема решает свой круг задач. Выполняемым задачам соответствует и набор периферии, включённый в каждую из них. Обе части системы работают на независимых частотах. Для каждой подсистемы в микросхему встроен отдельный умножитель частоты.

Подсистема RISC ориентирована на диалог с пользователем и на общее управление микроконтроллером. Эта часть устройства содержит 32-разрядное RISC-ядро, флэш-память программ/данных размером 128 Кбайт, ОЗУ размером 32 Кбайт, DMA-контроллер, имеющий доступ ко всей системе, как и RISC-ядро, широкий набор периферийных устройств и специальные средства управления ЦОС-частью системы.

Ядро RISC-части является ведущим в системе, ему доступно всё адресное пространство, в т.ч. все регистры

и память подсистемы DSP за исключением регистров ядра DSP. Кроме того, именно на подсистему RISC возложена функция управления всеми синхросигналами, сбросами и режимами, т.е. управление энергопотреблением системы в целом. Для этого в микроконтроллере реализованы семь режимов пониженного энергопотребления, а также гибкие возможности отключения синхросигналов периферийных модулей системы и управления умножителями частоты RISC- и DSP-частей системы.

Особенностью микроконтроллера 1901ВЦ1Т является усовершенствованный модуль ускорителя доступа к ПЗУ программ/данных со стороны ядра RISC, который позволил значительно увеличить быстродействие RISC-подсистемы по сравнению с микроконтроллерами серии 1986ВЕ9х. В кристалле применяется новый алгоритм

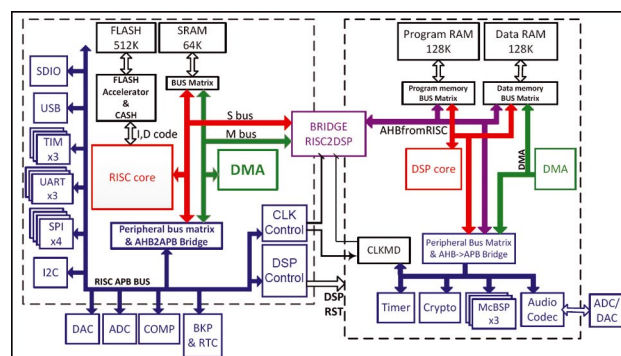


Рис. 1. Две подсистемы микроконтроллера 1901ВЦ1Т — RISC и DSP

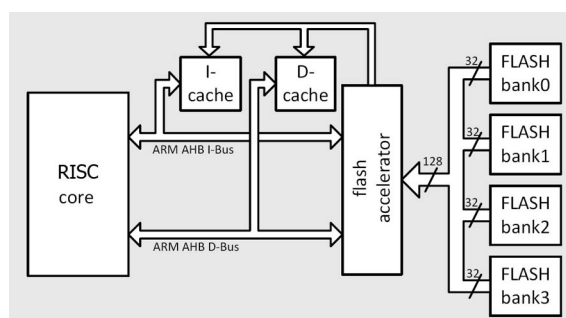
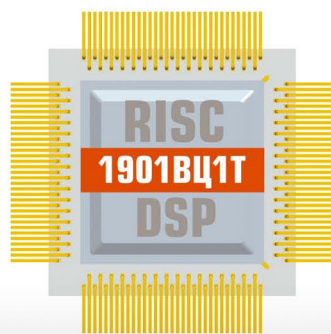


Рис. 2. Производительность системы приближается к собственной производительности ядра

ДВУХЪЯДЕРНЫЙ МИКРОПРОЦЕССОР 1901ВЦ1Т для высоконадежных применений

RISC

DSP



-60 °C
+85 °C

Тактовая частота RISC-ядра – до 100 МГц
Разрядность – 32 бит
Память программ – 128 Кбайт
Память данных – 32 Кбайт
Широкая периферия

Тактовая частота DSP-ядра – до 120 МГц
Тип данных – 16 бит с фиксированной запятой
Объем памяти – 256 Кбайт
Разрядность ALU – 40 бит
Аппаратный умножитель – 17 x 17
Цифровые фильтры

Москва: 124498, Зеленоград, проезд 4806, дом 6, тел. (495) 981-54-33
Нижний Новгород: 603107, ул. Голованова, 23, тел. (831) 466-82-86
www.milandr.ru info@milandr.ru



предвыборки и изменённая схема приоритетов команд/данных, которые вместе с системой кэш-буферов позволяют максимально приблизить производительность системы к собственной производительности ядра (см. рис. 2).

Результаты тестирования показывают преимущества микроконтроллера 1901ВЦ1Т не только перед предыдущей разработкой компании 1986ВЕ9х, но и перед такими кристаллами как LPC1768 и STM32F103 (см. рис. 3). Исследования проводились на нечувствительных к платформе тестах CoreMark на рабочей частоте процессоров 72 МГц. В результате были получены значения производительности на 13% выше, чем у процессора LPC1768 фирмы NXP, на 25% выше аналогичного процессора STM32F1.

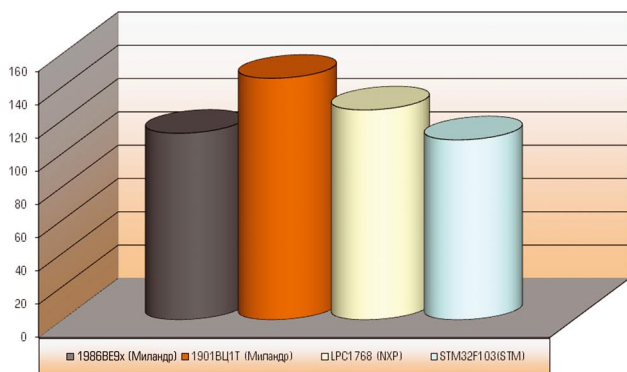


Рис. 3. Преимущества микроконтроллера 1901ВЦ1Т перед кристаллами компаний NXP и STM

По сравнению с серией 1986ВЕ9х производительность выросла на 18%.

Весь набор периферии подсистемы ориентирован на диалог с пользователем и управление внешними микросхемами в мобильных или стационарных мультимедийных устройствах. По сравнению с 1986ВЕ9х из системы исключён CAN-интерфейс, но добавлен интерфейс SDIO, позволяющий использовать стандартные SD-карты для хранения пользовательской информации либо программ ЦОС. Также в системе реализован интерфейс FullSpeed USB со встроенным аналоговым приёмопередатчиком. Для расширения возможностей коммуникации количество UART расширено до трёх, количество последовательных портов — до четырёх. Кроме того, в микроконтроллере имеется интерфейс I²C.

Все выводы микроконтроллера являются реконфигурируемыми и могут быть использованы как для организации обмена данными с периферийными модулями, так и в качестве шести 16-разрядных портов общего назначения или в качестве внешней системной шины с возможностью конфигурации ширины слова данных, размера адресного пространства и типа подключаемой памяти. Для работы с аналоговыми устройствами в подсистеме реализованы АЦП, ЦАП и компаратор. В дополнение имеется системный таймер и три периферийных 16-разрядных таймера с возможностью широтно-импульсной модуляции. RISC-процессор может также управлять периферией подсистемы ЦОС без участия DSP-ядра.

Подсистема ЦОС предназначена, в первую очередь, для обработки мультимедийных потоков данных. Основой под-

системы является 16-битное DSP-ядро, аналог TMS320C54X. Также в ней находятся встроенные ОЗУ программ и данных размером по 128 Кбайт каждое и контроллер DMA, аналогичный контроллеру RISC-подсистемы, но имеющий доступ только к адресному пространству DSP. Все модули ОЗУ подсистемы являются «расслоенными», что позволяет снизить количество конфликтов при одновременном доступе к памяти. Набор включённых в подсистему периферийных модулей позволяет автономно получать, обрабатывать и выводить данные, не отвлекая ресурсы RISC-подсистемы микроконтроллера.

В части ЦОС микроконтроллера реализованы три канала синхронного последовательного порта (McBSP), обладающего широкими возможностями конфигурации. Эти модули могут быть настроены на передачу данных по большинству синхронных последовательных интерфейсов на скорости до 40 Мбит/с.

Также в состав подсистемы включён аудиокодек, позволяющий воспроизводить потоки данных и оцифровывать речевую информацию в режиме реального времени. При этом аналоговая часть кодека уже включена в состав кристалла, что позволяет подключать динамики и микрофон непосредственно к выводам микросхемы. Модуль кодирования, соответствующий ГОСТ 28147-89, позволяет осуществлять автоматическое шифрование данных, не отвлекая вычислительные ресурсы процессора.

При включении питания вся подсистема ЦОС находится в состоянии сброса. Предполагается, что RISC-подсистема загрузит в ОЗУ программ ЦОС требуемую программу перед началом работы с ядром DSP и только после этого снимет сброс с ядра подсистемы DSP.

После завершения заданной функции подсистема DSP может оповестить об этом RISC, и ядро RISC либо запустит новую задачу на выполнение, либо, в случае отсутствия очередных задач, отключит подсистему DSP. В случае если RISC-процессор загружен непрерываемой задачей, работает на медленной частоте или находится в одном из режимов пониженного потребления, может пройти существенное время, прежде чем уже неактивная подсистема DSP будет отключена. Для того чтобы DSP-ядро могло само себя отключать после завершения работы, в подсистеме реализованы специальные режимы снижения потребления IDLE1, IDLE2 и IDLE3. В режиме IDLE1 отключается синхросигнал DSP-ядра. У RISC при этом остается возможность загрузить следующую задачу в память программ подсистемы DSP, выгрузить результат обработки данных либо работать со всей периферией DSP. Режим IDLE2 запрещает работу ядра DSP и памяти программ и данных. Этот режим используется в том случае, если RISC работает с какой-либо периферией подсистемы ЦОС. В режиме IDLE3 выключаются все синхросигналы подсистемы ЦОС.

Для обеспечения взаимодействия процессоров в ходе выполнения программы в системе реализованы два регистра прерываний. Один от RISC к DSP (5 пользовательских прерываний), другой, наоборот, от DSP — к RISC (4 пользовательских прерывания и прерывания от периферийных модулей). В случае если периферийный модуль не используется, его прерывание может быть использовано в качестве прерывания общего назначения.

В подсистеме RISC управление тактовыми сигналами организовано аналогично микроконтроллерам серии 1986VE9х, т.е. имеется возможность программ-

но отключать синхросигнал отдельно от любого функционального блока системы. Для случаев, когда подсистема RISC не имеет текущих задач, но должна включаться по какому-либо событию, в подсистеме реализованы режимы пониженного энергопотребления. Это режимы SLEEP, SLEEPDEEP, STANDBY. В режиме SLEEP все периферийные модули подсистемы RISC и вся подсистема DSP остаются активными. Выход из этого режима осуществляется по прерываниям от других частей системы. Например, выполнив свою задачу, подсистема DSP может «пробудить» ядро RISC при помощи прерывания. RISC-подсистема после загрузки в память DSP новой задачи может снова перейти в режим SLEEP, сократив своё энергопотребление до минимума. Режим SLEEPDEEP отличается от SLEEP тем, что из всех периферийных модулей подсистемы RISC активно только несколько модулей, отвечающих за взаимодействие с аналоговыми блоками системы (с АЦП, ЦАП и компаратором) и за общее управление системой. При этом подсистема DSP остается активной и организовать управление ею можно, как и в случае режима SLEEP. В режиме STANDBY синхросигналы отключаются от всей системы кроме часов реального времени. Подсистема DSP также неактивна. Данный режим используется, если контроллер не имеет текущих задач. Выход из него возможен либо по внешнему сигналу, либо по сигналу будильника от часов реального времени.

Для сохранения важных текущих параметров и настроек системы при отключении основного питания в неё встроен домен батарейного питания, состоящий из 16-ти 32-разрядных регистров, питание которых осуществляется от альтернативного источника питания. В случае целенаправленного или аварийного отключения основного питания в них могут быть сохранены основные параметры и настройки системы, позволяющие продолжать работу после восстановления основного питания.

Отладку ядер системы можно осуществлять независимо друг от друга через один и тот же JTAG-порт и с использованием одного адаптера. Для отладки RISC используется среда CodeMaster фирмы PHYTON. Для отладки ЦОС-части системы используется среда Code Composer Studio версий 2 и 3 фирмы Texas Instruments. Со стороны программиста, процесс отладки ЦОС подсистемы ничем не отличается от отладки аналогичного DSP-ядра на отдельном кристалле, например микропроцессора 1967BЦ1Т. При этом, переключаясь между Code Composer Studio и CodeMaster, обе части системы можно отлаживать совместно. Таким образом, отладка удобна как в случае независимой друг от друга работы программистов, так и в том случае, если вся система отлаживается целиком. Отладка ядра RISC возможна и при помощи средств Keil и IAR.

Кроме всего перечисленного остается добавить, что данная разработка компании «Миландр» может стать оптимальным решением для использования в коммерческих, промышленных или военных приложениях, предъявляющих повышенные требования к надёжности микросхем. Высокая производительность и низкое энергопотребление, широкий набор периферийных модулей, расширенный температурный рабочий диапазон, удобные средства отладки — далеко не полный перечень преимуществ микроконтроллера 1901BЦ1Т, который сможет по достоинству оценить каждый желающий разработчик.