

Микроконтроллеры AT32UC3 с ядром AVR32

(часть 3)

Павел Редькин (г. Ульяновск)

Третья часть статьи рассказывает о входящих в состав МК семейства AT32UC3 модулях тестирования и отладки, а также о существующих инструментальных средствах разработки, отладки и программирования пользовательских приложений на базе МК с ядром AVR32.

СИСТЕМА ОТЛАДКИ НА КРИСТАЛЛЕ

В состав всех МК семейства AT32UC3 входит специализированный аппаратный блок системы отладки на кристалле (OCD). Система OCD имеет следующие основные особенности:

- интерфейс отладки, соответствующий рекомендациям IEEE-ISTO 5001-2003 (Nexus 2.0) Class 2+;
- обращение ко всем функциям отладки на кристалле через встроенный порт JTAG;
- поддержка трассировки программы, данных и задания контрольных точек (точек трассировки);
- поддержка оригинального режима трассировки NanoTrace с доступом через порт JTAG;
- наличие вспомогательного порта (AUX) для высокоскоростной передачи информации трассировки;
- поддержка шести аппаратных точек останова в программе и двух аппаратных точек останова в данных;
- поддержку неограниченного количества программных точек останова;
- автоматическая проверка контрольной суммы¹ (CRC) для заданных областей памяти.

Благодаря наличию OCD, отладка кода в МК типа AT32UC3 значительно облегчается. Пользователь может обращаться к OCD через внешний отладчик, который подключается к МК через порт JTAG или через вспомогательный порт (AUX). Вспомогательный порт, прежде всего, используется для функций трассировки, в то время как для основной отладки достаточно использовать порт JTAG.

Система отладки основана на стандарте Nexus 2.0 Class 2+, который включает:

- управление временем выполнения;
- точки останова в программе;
- точки останова в данных;
- трассировку программы.
- трассировку в режиме так называемого монопольного использования кристалла;
- трассировку данных.

Кроме возможностей отладки, предоставляемых стандартом Nexus, архитектура МК типа AT32UC3 дополнительно предоставляет пользователю несколько полезных возможностей OCD:

- отладочный канал связи между ЦПУ и портом JTAG;
- мониторинг содержимого программного счётчика (PC) МК во время выполнения кода;
- проверку контрольной суммы CRC;
- поддержку режима NanoTrace;
- поддержку проверки качества программы (SQA).

Система OCD управляется с помощью одноимённых регистров, к которым можно обратиться через порт JTAG, когда загружена команда `JTAG NEXUS_ACCESS`; ЦПУ может также непосредственно обращаться к регистрам OCD при помощи команд `mtdr/mfdr` в любом привилегированном режиме. Блок-схема системы отладки на кристалле показана на рисунке 11. Отладчик JTAG подключается к МК через стандартный 10-выводной IDC-разъём, как показано на рисунке 12.

Одной из фундаментальных особенностей отладки является способность OCD временно приостанавливать ра-

боту ЦПУ, чтобы затем можно было исследовать текущее содержимое регистров и состояние системы. Это достигается с помощью точек останова, которые могут быть следующих типов:

- безусловные точки останова, которые устанавливаются путём записи в регистры OCD через JTAG. Они останавливают ЦПУ немедленно;
- точки останова программы, которые останавливают ЦПУ, когда управление в программе достигает определённого адреса;
- точки останова данных, которые останавливают ЦПУ, когда по определённому адресу памяти производится программное чтение или запись;
- программные точки останова, которые останавливают ЦПУ, когда в программе встречается специальная команда останова.

Когда срабатывает точка останова, ЦПУ переходит в режим отладки (OCD), а в регистре статуса устанавливается бит D. Этот режим является привилегированным с заданным адресом возврата и регистрами состояния возврата. Все команды привилегированных режимов при этом разрешаются.

Когда ЦПУ переходит в режим OCD, он выбирает команды из регистра команд отладки OCD. Каждый раз, когда в этот регистр производится запись через порт JTAG, команда выполняется ЦПУ, позволяя, таким образом, производить непосредственное управление ЦПУ через JTAG. Ведущее устройство JTAG может, например, прочитать регистровый файл, пошав ЦПУ команду `mtdr`.

Поскольку регистры OCD непосредственно доступны для ЦПУ, то можно сформировать программный отладчик, который будет выполняться ЦПУ. Установка бита режима монитора в регистре управления разработкой OCD приведет к переходу ЦПУ в режим монитора вместо режима OCD, когда сработает точка останова. Режим монитора подобен режиму OCD за

¹ Строго говоря, CRC является избыточным циклическим кодом. – Прим. ред.

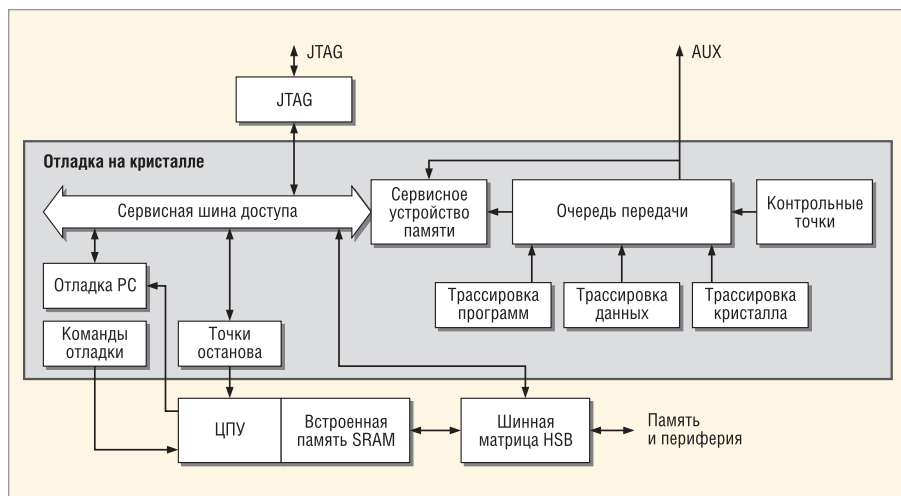


Рис. 11. Блок-схема встроенной системы отладки на кристалле (OCD)

исключением того, что команды в нём не поступают из порта JTAG, а выбираются из области памяти, определяемой вектором исключения отладки, находящимся в программной памяти.

Логика отладки прибора AT32UC3 имеет в своём составе регистр программного счётчика, с помощью которого отладчик может непрерывно читать текущее содержимое программного счётчика (PC), не затрагивая при этом ЦПУ. Это позволяет отладчику генери-

ровать статистическую информацию, содержащую сведения о времени, потраченном ЦПУ на выполнение различных участков кода. Указанная информация может быть использована программистом для оптимизации кода.

Входящее в состав модуля OCD сервисное устройство памяти (MSU) представляет собой аппаратный модуль, предназначенный для реализации функций тестирования и отладки. Модуль MSU управляется через специа-

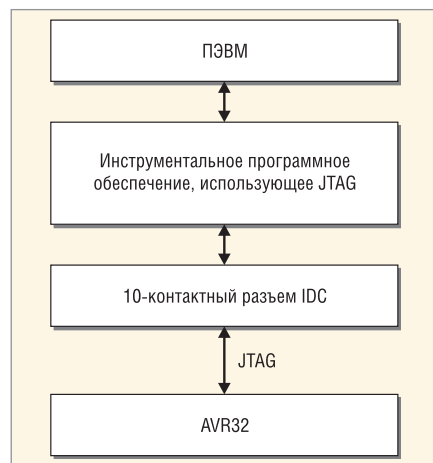


Рис. 12. Блок-схема подключения JTAG-отладчика к AT32UC3 через IDC-разъём

лизированный набор регистров, обращение к которым производится с помощью команды `JTAG_MEMORY_SERVICE`.

Модуль MSU может использоваться для автоматического вычисления контрольной суммы (CRC) блока данных в памяти. Кроме того, MSU поддерживает режим трассировки NanoTrace, который является оригинальной особенностью архитектуры AVR32. В режиме NanoTrace данные трассировки выводятся в память

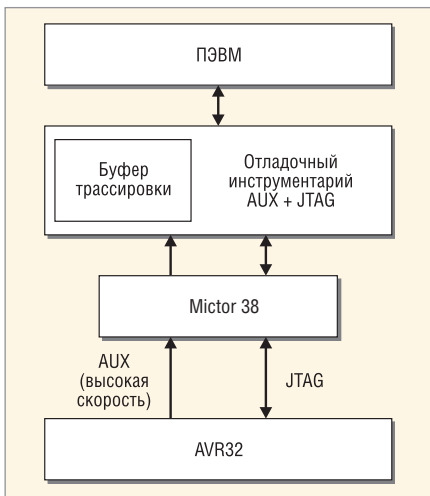


Рис. 13. Блок-схема подключения AUX+JTAG-отладчика к AT32UC3

вместо вывода во вспомогательный порт, что даёт возможность впоследствии извлечь их оттуда с помощью команды *JTAG MEMORY_ACCESS* и произвести, таким образом, трассировку с помощью JTAG-отладчика. Предварительно пользователь должен произвести запись в регистры MSU, чтобы сконфигурировать адрес и размер блока памяти, который задействуется для режима NanoTrace. Буфер NanoTrace может быть размещён в физическом адресном пространстве, включая внутреннюю и внешнюю оперативную память (с помощью интерфейса внешней шины EBI, если таковая имеется). При этом указанная область памяти не может использоваться приложением для хранения кода, выполняемого ЦПУ.

Использование вспомогательного порта AUX обеспечивает доступ к расширенному диапазону возможностей отладки. Главная из них – особенность трассировки, которая позволяет внешнему отладчику получать непрерывную информацию о выполнении программы в ЦПУ. Дополнительно к этому, наличие в порту AUX выводов «входное событие» и «выходное событие» позволяет синхронизировать внешние события с процессом выполнения программы.

Отладчик, использующий порт AUX, должен подключаться к МК через соответствующий стандарту Nexus разъём Mictor-38. Этот разъём включает сигналы JTAG и линию RESET_N, обеспечивая полный доступ к функциям отладки и программирования МК. Блок-схема подключения отладчика AUX+JTAG к микроконтроллеру показана на рисунке 13.

Функция трассировки разрешается путём записи в регистры OCD через JTAG; OCD извлекает информацию отладки из ЦПУ, сжимает её и форматирует в сообщения переменной длины, согласно стандарту Nexus. Сообщения буферизуются в 16-кадровой очереди и выводятся через порт AUX по одному кадру за один раз. В случае переполнения очереди передачи генерируются сообщения об ошибках, чтобы обозначить потерю данных. Аппаратный модуль очереди передачи может быть сконфигурирован на остановку ЦПУ, когда происходит переполнение, чтобы предотвратить потерю сообщений ценой большего времени выполнения программы.

Программная трассировка позволяет отладчику непрерывно контролировать выполнение программы в ЦПУ. Сообщения программной трассировки генерируются для каждого перехода в программе. Они содержат сжатую информацию, которая позволяет отладчику связывать сообщение с исходным текстом, идентифицировать команду перехода и целевой адрес.

Трассировка данных выводит сообщение всякий раз, когда определённая область памяти читается или записывается программой. Сообщение содержит информацию о типе (чтение/запись) и размере доступа в памяти, к которому производится обращение. Микроконтроллеры семейства AT32UC3 содержат два канала трассировки данных, каждый из которых управляется парой регистров OCD. Эти регистры задают диапазон адресов (или единственный адрес), в котором будет производиться генерация сообщений трассировки данных.

Программная трассировка и трассировка данных оперируют виртуальными адресами. Когда в качестве пользовательской программы ЦПУ выполняется операционная система, несколько процессов используют перекрывающиеся виртуальные сегменты памяти. Идентифицировать выключение каждого процесса позволяет трассировка монопольного использования. Когда операционная система активизирует какой-то процесс, это вызывает автоматическую запись номера идентификатора (ID) этого процесса в регистр OCD, генерирующий сообщение трассировки монопольного использования. Это позволяет отладчику переключать контекст для отслеживания послед-

ующих сообщений о выполнении программы и данных. Как использовать указанную особенность, зависит от программы, выполняющейся в ЦПУ.

Аппаратные модули точек останова по определению предназначены для генерации точек останова для программы и данных. Однако точки останова могут также использоваться для генерации сообщения о срабатывании контрольных точек, позволяя отладчику производить мониторинг программы и данных без остановки ЦПУ. Контрольные точки можно разрешить независимо от точек останова. Модули трассировки данных могут быть сконфигурированы таким образом, чтобы генерировать сообщения при срабатывании контрольных точек вместо сообщений трассировки данных.

Качественный программный анализ (проверка качества программы) SQA решает две важные задачи, обусловленные выполнением встроенной программы:

- охват кода вовлекает в идентификацию непроверенные части встроенного кода в рамках выполнения тестовых процедур и, таким образом, позволяет улучшить качество результирующего программного обеспечения;
- анализ выполнения позволяет разработчику точно определять время, потраченное на выполнение различных частей кода, выявляя критические участки, которые в дальнейшем могут быть оптимизированы.

Чтобы выполнить эти задачи, может использоваться программная трассировка. Однако традиционная программная трассировка не позволяет восстановить текущее значение программного счётчика (PC) без синхронизации информации трассировки с исходным текстом, которая не может быть сделана «на лету». Это ограничивает возможности программной трассировки относительно коротким интервалом времени, определённым размером трассировочного буфера в отладчике. Система OCD в МК типа AT32UC3 дополняет возможности программной трассировки возможностями SQA, позволяя отладчику восстанавливать значение PC «на лету».

Для получения более подробной информации о модулях тестирования и отладки архитектуры AVR32 рекомендуется обратиться к [1–3].

Продолжение следует

ИС шифраторов для магнитных линейных систем измерения в позиционных системах управления

Фирма *Austriamicrosystems* расширяет свой ассортимент магнитных датчиков двумя линейными ИС AS5304 и AS5306 с интегрированными датчиками Холла. Чипы рассчитаны специально на измерение линейного или вращательного перемещения. За счёт так называемой Start & Play-функции обеспечивается немедленная готовность к работе сразу после включения питания без калибровки или конфигурации. Подобно оптическим датчикам, AS5304 и AS5306 выдают квадратурные сигналы приращений со 160 шагами на одну пару магнитных полюсов, а также отдельный импульс индекса для каждой пары полюсов.

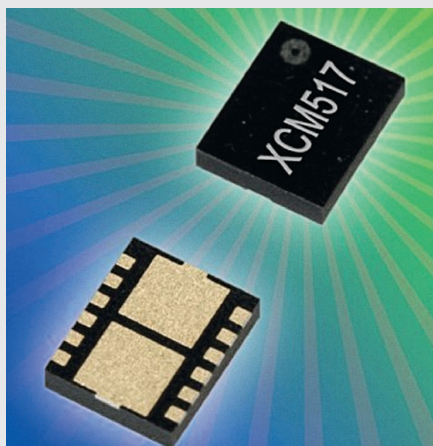


По этим сигналам после достижения известной опорной позиции может быть рассчитано также абсолютное положение системы. Разрешение AS5304 составляет 25 мкм, а AS5306 15 мкм. В качестве датчика измерений служит многополюсная магнитная полоса с длиной полюсов 1,2 мм или 2,0 мм. Элементы предлагаются в 20-контактном корпусе TSSOP (5 × 5 мм) и рассчитаны на работу от 5 В в температурном диапазоне -40...+125°C.

austriamicrosystems.com

Сдвоенный повышающий DC/DC-преобразователь

Multi-Chip-модуль (MCM) серии XCM517 фирмы *Torex Semiconductor* имеет в одном корпусе USP-12B01 (2,8 × 2,3 × 0,6 мм) два синхронных повышающих DC/DC-преобразователя XC9235/XC9236. Интегральная схема работает от напряжения питания 2,7...6,0 В, а частота коммутации может быть выбрана в зависимости от требования приложения в пределах 1,2...3,0 МГц. Что касается режима работы, то модели XCM517xA и xB предлагаются с ШИМ-контролем, а модели XCM517xC и xD предоставляют пользова-

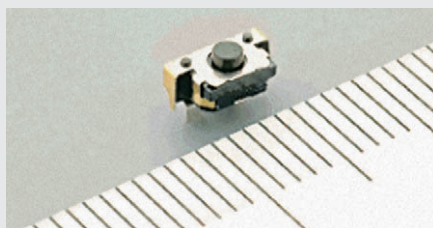


телю выбор между ШИМ и автоматическим ШИМ/ЧИМ-контролем. В автоматическом режиме ШИМ/ЧИМ-контроля XCM517 характеризуется пульсациями менее 10 мВ во всём диапазоне измерения и КПД 92% (тип.).

torex-europe.com

Двухступенчатые тактильные коммутаторы с боковой кнопкой

Для использования в таких переносных электронных устройствах, как мобильные телефоны с камерами, цифровые фотокамеры, цифровые видеокамеры и т.п., фирма *Alps* разработала двухступенчатые коммутаторы серии SKSE. Элементы с боковой кнопкой имеют размеры 2,87 × 5,90 × 3,00 мм. Они рассчитаны на коммутацию токов 50 mA

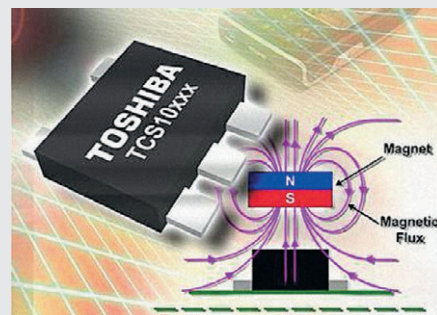


при максимальном напряжении 12 В и требуют усилия срабатывания 0,8 Н (первая ступень нажатия) или 1,8 Н (вторая ступень нажатия). Срок службы задан в спецификации в размере 100 000 циклов коммутации. Другими техническими параметрами являются ход контакта включения 0,15 мм и соответственно 0,25 мм и начальное кантатное сопротивление не более 500 мОм.

www3.alps.com

Миниатюрные магнитные сенсоры

Компания *Toshiba Electronics Europe* представляет ряд миниатюрных магнитных сенсоров с цифровым выходом. Серия TCS10xxx пригодна для бесконтакт-



ной коммутации и распознавания открытого/закрытого состояния. Элементы семейства имеются в исполнении Single- или Dual-. Single-версия распознает либо северный, либо южный полюс магнита; Dual-версия распознает обе магнитные полярности. Каждый сенсор поставляется в корпусе UFV с габаритами 2,0 × 2,1 × 0,7 мм. Сенсоры работают от импульсного тока вместо непрерывного тока, что снижает среднее потребление электроэнергии до 5,5 мкА. Типичная магнитная плотность потока для точки включения (BON) и точки выключения (BOFF) составляет соответственно 1,8 или 0,8 мТ.

toshiba-components.com

ПАВ-резонаторы для ISM-диапазона

Фирмой *Murata* предлагаются ПАВ-резонаторы для устройств SRDs (Short Range Devices) диапазонов ISM300 и ISM400. Допуск ±50 ppm позволяет ПАВ-резонаторам серии SARCC выполнять требования новейшего стандарта по отклонению частоты ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Температурный коэффициент составляет 0,016 ppm/°C (тип.). Резонансные потери равны 1,5 дБ (макс.). Серия предлагается с допусками ±50 кГц, или ±50 ppm. Резонаторы могут иметь два исполнения. Элементы с индексом KX разработаны для потребительской электроники и могут использоваться также в определённых автомобильных приложениях (например, в системах бесключевого допуска).

Изделия с индексом TX в названии могут без ограничений использоваться в автомобильной промышленности согласно AEQ-Q200 и предназначены, например, для таких приложений, как системы контроля давления в шинах (Tire Pressure Monitoring Systems – TPMS). Семейство продуктов предлагается в шестиконтактном керамическом корпусе промышленного стандарта размером 3 × 3 мм и является обратно совместимым.

murata.eu