



MICROCHIP

Информационный каталог 2016

Гамма Санкт-Петербург

Тел.: +7(812) 325 5115

Факс: +7(812) 325 5114

E-mail: microchip@gamma.spb.ru

www.gamma.spb.ru

Москва:

Тел./Факс: +7 (495) 668-26-46

Белоруссия

Тел.: +375-17-209-8045

Центр технической поддержки:

Ilya.Afanasiev@microchip.com.ru

Alexey.Safronov@microchip.com.ru

Alexander.Tyulpanov@microchip.com.ru

www.microchip.com.ru

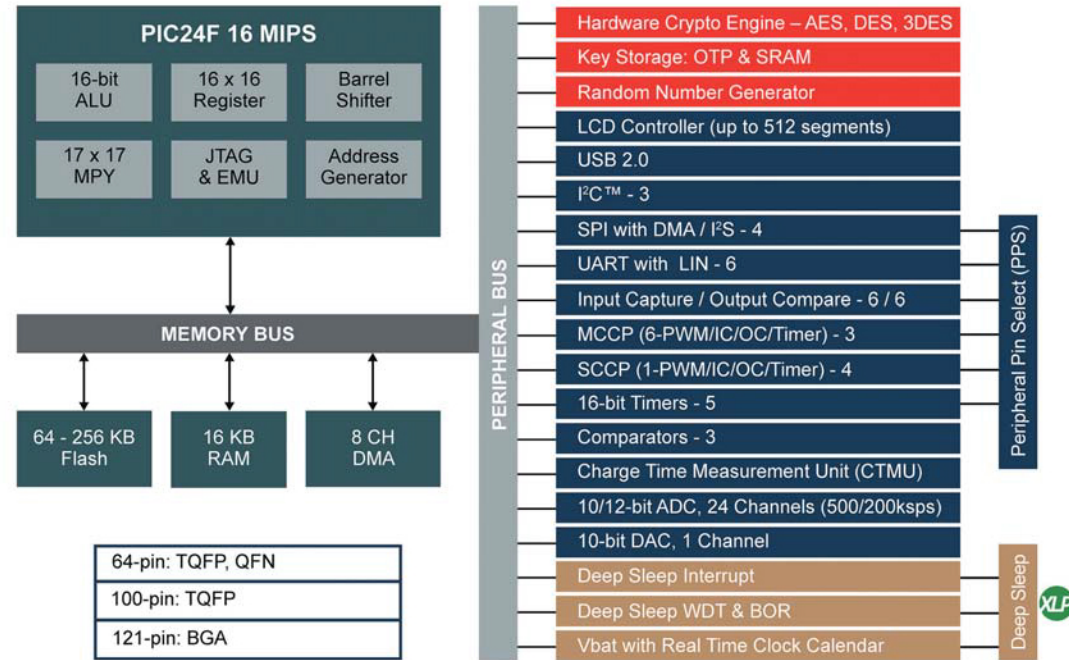


Designed for Safety-Critical Applications

Advanced Motor Control Capability



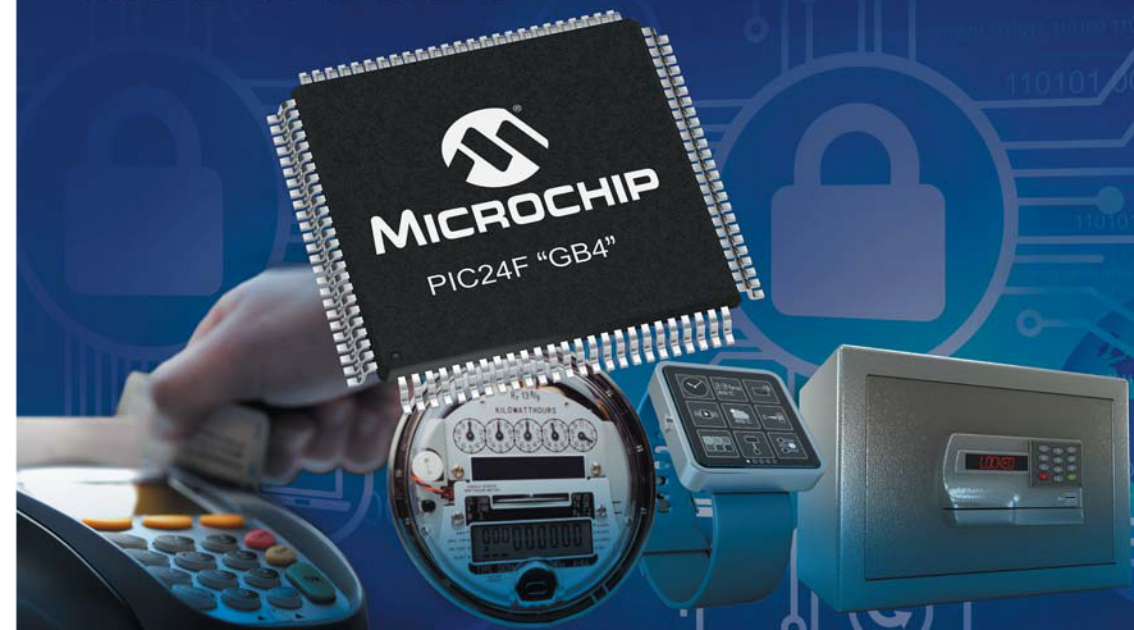
PIC24FJ256GB412 Family

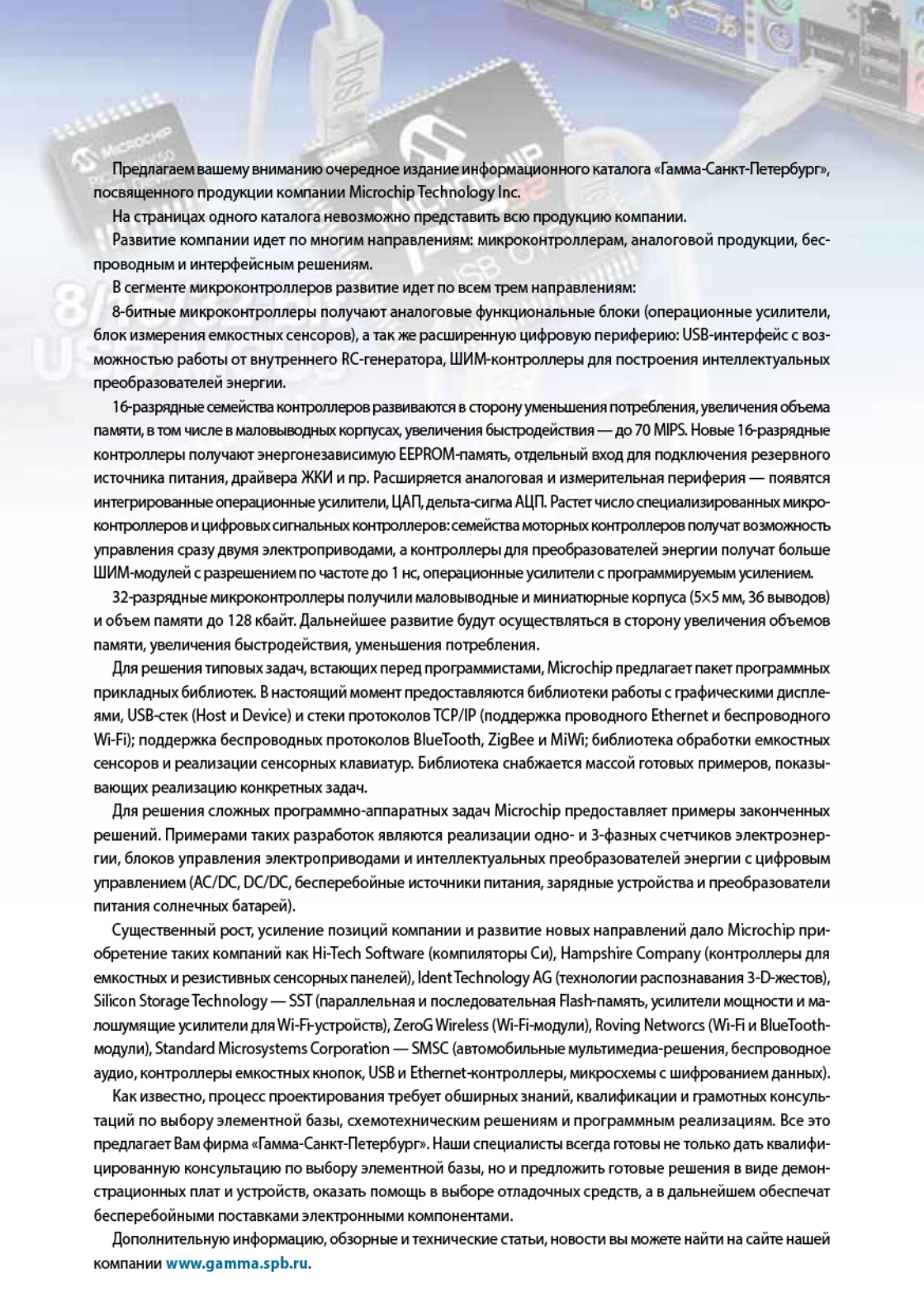


Small Form Factor with 16-bit PWMs and Communications



eXtreme Low Power, Crypto Engine and LCD Driver





Предлагаем вашему вниманию очередное издание информационного каталога «Гамма-Санкт-Петербург», посвященного продукции компании Microchip Technology Inc.

На страницах одного каталога невозможно представить всю продукцию компании.

Развитие компании идет по многим направлениям: микроконтроллерам, аналоговой продукции, беспроводным и интерфейсным решениям.

В сегменте микроконтроллеров развитие идет по всем трем направлениям:

8-битные микроконтроллеры получают аналоговые функциональные блоки (операционные усилители, блок измерения емкостных сенсоров), а так же расширенную цифровую периферию: USB-интерфейс с возможностью работы от внутреннего RC-генератора, ШИМ-контроллеры для построения интеллектуальных преобразователей энергии.

16-разрядные семейства контроллеров развиваются в сторону уменьшения потребления, увеличения объема памяти, в том числе в маловыводных корпусах, увеличения быстродействия — до 70 MIPS. Новые 16-разрядные контроллеры получают энергонезависимую EEPROM-память, отдельный вход для подключения резервного источника питания, драйвера ЖКИ и пр. Расширяется аналоговая и измерительная периферия — появляются интегрированные операционные усилители, ЦАП, дельта-сигма АЦП. Растет число специализированных микроконтроллеров и цифровых сигнальных контроллеров: семейства моторных контроллеров получают возможность управления сразу двумя электроприводами, а контроллеры для преобразователей энергии получают больше ШИМ-модулей с разрешением по частоте до 1 нс, операционные усилители с программируемым усилением.

32-разрядные микроконтроллеры получили маловыводные и миниатюрные корпуса (5x5 мм, 36 выводов) и объем памяти до 128 кбайт. Дальнейшее развитие будут осуществляться в сторону увеличения объемов памяти, увеличения быстродействия, уменьшения потребления.

Для решения типовых задач, встающих перед программистами, Microchip предлагает пакет программных прикладных библиотек. В настоящий момент предоставляются библиотеки работы с графическими дисплеями, USB-стек (Host и Device) и стеки протоколов TCP/IP (поддержка проводного Ethernet и беспроводного Wi-Fi); поддержка беспроводных протоколов Bluetooth, ZigBee и MiWi; библиотека обработки емкостных сенсоров и реализации сенсорных клавиатур. Библиотека снабжается массой готовых примеров, показывающих реализацию конкретных задач.

Для решения сложных программно-аппаратных задач Microchip предоставляет примеры законченных решений. Примерами таких разработок являются реализации одно- и 3-фазных счетчиков электроэнергии, блоков управления электроприводами и интеллектуальных преобразователей энергии с цифровым управлением (AC/DC, DC/DC, бесперебойные источники питания, зарядные устройства и преобразователи питания солнечных батарей).

Существенный рост, усиление позиций компании и развитие новых направлений дало Microchip приобретение таких компаний как Hi-Tech Software (компиляторы Си), Hampshire Company (контроллеры для емкостных и резистивных сенсорных панелей), Ident Technology AG (технологии распознавания 3-D-жестов), Silicon Storage Technology — SST (параллельная и последовательная Flash-память, усилители мощности и малощумящие усилители для Wi-Fi-устройств), ZeroG Wireless (Wi-Fi-модули), Roving Networks (Wi-Fi и Bluetooth-модули), Standard Microsystems Corporation — SMSC (автомобильные мультимедиа-решения, беспроводное аудио, контроллеры емкостных кнопок, USB и Ethernet-контроллеры, микросхемы с шифрованием данных).

Как известно, процесс проектирования требует обширных знаний, квалификации и грамотных консультаций по выбору элементной базы, схемотехническим решениям и программным реализациям. Все это предлагает Вам фирма «Гамма-Санкт-Петербург». Наши специалисты всегда готовы не только дать квалифицированную консультацию по выбору элементной базы, но и предложить готовые решения в виде демонстрационных плат и устройств, оказать помощь в выборе отладочных средств, а в дальнейшем обеспечить бесперебойными поставками электронными компонентами.

Дополнительную информацию, обзорные и технические статьи, новости вы можете найти на сайте нашей компании www.gamma.spb.ru.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ PIC10, PIC12, PIC16. ОБЗОР НОВЫХ СЕМЕЙСТВ И ПЕРИФЕРИЙНЫХ МОДУЛЕЙ

Огромная популярность дешевых 8-разрядных PIC-микроконтроллеров семейств PIC10, PIC12 и PIC16, а также их массовое применение во многих отраслях электронной промышленности стимулирует производителя к дальнейшему расширению этих семейств. Особое внимание направлено на снижение стоимости конечного продукта на основе PIC-микроконтроллеров, что достигается сочетанием интегрирования различных периферийных модулей, таких как драйвера ЖК-индикаторов, ШИМ, АЦП, компараторов, таймеров и интерфейсов связи. Помимо стандартных периферийных устройств, компания Microchip постоянно улучшает свою продукцию путем разработки и внедрения уникальных (для микроконтроллеров) периферийных устройств. Эти новые периферийные устройства позволяют инженерам упростить схемотехнику своих устройств и создавать все более функциональные и компактные продукты.

За недавнее время появилось множество новинок и анонсированы новые семейства с уникальными возможностями, которые рассмотрим в этой статье.

НОВЫЕ 8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВ PIC10, PIC12 И PIC16

Микроконтроллеры PIC10F32x

Первые 6-выводные микроконтроллеры базового семейства PIC10F2xx появились в 2004 г. С тех пор контроллеры PIC10F получили широкое применение благодаря низкой стоимости, наличию встроенного генератора, компаратора и АЦП. Ключевые моменты успеха PIC10F — это возможность их применения в качестве функциональных генераторов сигналов, аналоговых интеллектуальных датчиков, а также нетрадиционных для микроконтроллеров областях, таких как элементы, исправляющие ошибки заказных микросхем ASIC, супервизоры питания процессоров и программируемой логики, компактная замена микросхем жесткой логики.

Новое поколение 6-выводных микроконтроллеров PIC10F32x (табл. 1) получает ядро среднего семейства с аппаратными прерываниями и 8-уровневым стеком, возможность самопрограм-

Таблица 1. Семейство контроллеров PIC10F32x

Контроллер	Flash, байт	ОЗУ, байт	EEPROM	АЦП, 8 бит	ШИМ	Датчик температуры	CWG	DDS	Диапазон питания, В	Корпуса
PIC10F320	448	32	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	2,3–5,5	6 PDIP, 2×3 DFN, SOT-23
PIC10LF320	448	32	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	1,8–3,6	6 PDIP, 2×3 DFN, SOT-23
PIC10F322	896	64	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	2,3–5,5	6 PDIP, 2×3 DFN, SOT-23
PIC10LF322	896	64	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	1,8–3,6	6 PDIP, 2×3 DFN, SOT-23

мирования и эмуляции энергонезависимой памяти данных EEPROM, 16 МГц внутренний генератор, ШИМ-контроллер, 8-разрядный АЦП, а также несколько уникальных модулей: CLC (модуль конфигурируемой логики), CWG (генератор комплементарных сигналов), NCO (синтезатор частоты) и интегрированный датчик температуры.

Микроконтроллеры

PIC12F182x/PIC16F182x

Новейшее поколение 8, 14, 18 и 20-выводных микроконтроллеров предлагают улучшенную функциональность с несколькими принципиальными усовершенствованиями. Контроллеры имеют встроенный программируемый 32 МГц генератор, улучшенное ядро среднего семейства (Enhanced Mid-Range) с дополнительными командами, способами адресации и Си-оптимизированной системой команд.

Микроконтроллеры полностью совместимы по выводам с предыдущими поколениями мало-выводных PIC-микроконтроллеров, что позволяет добавить новый функционал в свои приборы без существенного их изменения.

Десять представителей семейства PIC1x182x (табл. 2) предоставляют до 14 кбайт Flash-памяти программ, до 1 кбайт ОЗУ, 256 байт энергонезависимой памяти EEPROM, и множество периферийных модулей.

Интерфейсные модули связи I²C, SPI и EUSART присутствуют во всех микроконтроллерах, в том числе у 8-выводных PIC12F182x. Встроенный модуль измерения емкостных датчиков позволяет также реализовывать емкостные клавиатуры и датчики приближения. Модуль Data Signal Modulator позволяет аппаратно создавать амплитудно- (ASK) и фазово- (PSK) модулированные сигналы.

Микроконтроллеры спроектированы с применением методов nanoWatt XLP-технологии, что позволило получить ток потребления в режиме Sleep всего 20 нА и в активном режиме менее чем 50 мкА/МГц.

Микроконтроллеры PIC16F151x/152x

Современные разработки требуют высокоэффективных микроконтроллеров с улучшением свойств микропотребления и уменьшения цены. Микроконтроллеры семейства PIC16F15xx разработаны для удовлетворения подобных

Таблица 2. Семейство контроллеров PIC12/PIC16F18xx

	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	EEPROM	Напряжение питания, В	АЦП/Компар.	СД/ЕССР PWM	CSM	EUSART	MSSP I ² C/SPI	Таймер 8/16бит	Корпуса
PIC12F1822 PIC12LF1822	8	3,5	128	256	1,8–5,5	4/1	0/1	4	1	1/1	2/1	PDIP, SOIC, DFN
PIC12F1840 PIC12LF1840	8	7	256	256	1,8–5,5	4/1	0/1	4	1	1/1	2/1	PDIP, SOIC, DFN
PIC16F1823 PIC16LF1823	14	3,5	128	256	1,8–5,5	8/2	0/1	8	1	1/1	2/1	PDIP, SOIC, TSSOP, QFN
PIC16F1824 PIC16LF1824	14	7	256	256	1,8–5,5	8/2	0/1	8	1	1/1	2/1	PDIP, SOIC, TSSOP, QFN
PIC16F1825 PIC16LF1825	14	14	1024	256	1,8–5,5	8/2	0/1	8	1	1/1	3/1	PDIP, SOIC, TSSOP, QFN
PIC16F1826 PIC16LF1826	18	3,5	128	256	1,8–5,5	12/2	2/2	12	1	1/1	4/1	PDIP, SOIC, SSOP, QFN
PIC16F1827 PIC16LF1827	18	7	256	256	1,8–5,5	12/2	2/2	12	1	2/2	4/1	PDIP, SOIC, SSOP, QFN
PIC16F1847 PIC16LF1847	18	14	1024	256	1,8–5,5	12/2	2/2	12	1	2/2	4/1	PDIP, SOIC, SSOP, QFN
PIC16F1828 PIC16LF1828	20	7	256	256	1,8–5,5	12/2	2/2	12	1	1/1	4/1	PDIP, SOIC, SSOP, QFN
PIC16F1829 PIC16LF1829	20	14	1024	256	1,8–5,5	12/2	2/2	12	1	2/2	4/1	PDIP, SOIC, SSOP, QFN

Таблица 3. Семейство контроллеров PIC16F151х/2х

	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	Напряжение питания, В	АЦП, 10р	ССР/PWM	EUSART	MSSP I ² C/SPI	Таймер 8/16бит	Корпуса
PIC16F1512 PIC16LF1512	28	3,5	128	2,3–5,5 1,8–3,6	17	2	1	1/1	2/1	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN
PIC16F1513 PIC16LF1513	28	7	256	2,3–5,5 1,8–3,6	17	2	1	1/1	2/1	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN
PIC16F1516 PIC16LF1516	28	14	512	2,3–5,5 1,8–3,6	17	2	1	1/1	2/1	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN
PIC16F1517 PIC16LF1517	28	28	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	17	2	1	1/1	2/1	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN
PIC16F1518 PIC16LF1518	40/44	14	512	2,3–5,5 1,8–3,6	28	2	1	1/1	2/1	PDIP, 10x10 TQFP, 5x5 UQFN
PIC16F1519 PIC16LF1519	40/44	28	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	28	2	1	1/1	2/1	PDIP, 10x10 TQFP, 5x5 UQFN
PIC16F1526 PIC16LF1526	64	14	512	2,3–5,5 1,8–3,6	30	10	2	2/2	6/3	10x10 TQFP, 9x9 QFN
PIC16F1527 PIC16LF1527	64	28	1536	2,3–5,5 1,8–3,6	30	10	2	2/2	6/3	10x10 TQFP, 9x9 QFN

запросов. Семейство PIC16F15xx состоит из контроллеров с числом выводов 28, 40, 44 и 64 и, как и все контроллеры поколения PIC16F1xxx базируются на высокоэффективном ядре Enhanced Mid-Range. Комбинация высокоэффективной архитектуры, высокого быстродействия, продвинутой периферии и низкой стоимости делают данное семейство подходящим для широкого класса приложений, основным параметром которых является низкая себестоимость. Микроконтроллеры семейства PIC16F15xx (табл. 3) имеют до 28 кбайт Flash-памяти программ, до 1,5 кбайт ОЗУ, до 30 каналов 10-разрядного АЦП, до 2 независимых интерфейсов SPI/PC и EUSART, интегрированный датчик температуры,

до 10 каналов захвата/сравнения/ШИМ, а также другие периферийные модули.

Микроконтроллеры PIC16F1512/13 имеют расширенные функции АЦП — модуль CVD (Capacitive Voltage Divider). Модуль CVD позволяет производить измерение емкости сенсоров с минимальными затратами ресурсов микроконтроллера и упрощает создание емкостных клавиатур, датчиков приближения, датчиков влажности и др.

Микроконтроллеры PIC12F150х/PIC16F150х

Продолжая развитие семейства F15xx, компания Microchip планирует выпустить маловыводные контроллеры PIC12 и PIC16F серии F150х с уменьшенной

Таблица 4. Семейство контроллеров PIC12/PIC16F150х

	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	Напряжение питания, В	АЦП, 10р	Компаратор	PWM	EUSART	MSSP PC/SPI	Таймер 8/16бит	СWГ/NCО	CLC
PIC12F1501 PIC12LF1501	8	1	64	2,3–5,5 1,8–3,6	4	1	4	–	–	2/1	1/1	2
PIC16F1503 PIC16LF1503	14	2	128	2,3–5,5 1,8–3,6	8	2	4	–	1/1	2/1	1/1	2
PIC16F1507 PIC16LF1507	20	2	128	2,3–5,5 1,8–3,6	12	–	4	–	–	2/1	1/1	2
PIC16F1508 PIC16LF1508	20	4	256	2,3–5,5 1,8–3,6	12	2	4	1	1/1	2/1	1/1	4
PIC16F1509 PIC16LF1509	20	8	256	2,3–5,5 1,8–3,6	12	2	4	1	1/1	2/1	1/1	4

ценой (табл. 4), с числом выводов 8, 14 и 20. Новые контроллеры получили новую периферию: до 4 модулей CLC (модуль конфигурируемой логики), CWG (генератор комплементарных сигналов), NCO (синтезатор частоты), интегрированный датчик температуры. Помимо новой периферии контроллеры получают до 12 каналов 10-разрядного АЦП, до 2 компараторов с управлением потреблением (быстродействию) и гистерезисом, источник опорного напряжения на 1,024, 2,048 и 4,096 В, 5-разрядный ЦАП, четыре 10-разрядных модулей ШИМ, последовательные интерфейсы I²C и SPI, модуль UART с поддержкой RS-232, RS-485 и LIN.

Микроконтроллеры PIC16F193x/194x

Микроконтроллеры семейств PIC16F193x и PIC16F194x имеют максимальную интеграцию периферийных модулей при минимальном потреблении. Основанные на усовершенствованном ядре базового семейства (Enhanced Mid-Range), что позволяет создавать более эффективный код и ис-

полнять его на более высокой тактовой частоте, чем на «традиционном» ядре Mid-Range. Контроллеры имеют до 28 кбайт Flash-памяти программ, до 1 кбайт ОЗУ и 256 байт энергонезависимой памяти данных EEPROM. Интегрированный драйвер ЖКИ поддерживает индикаторы с числом сегментов до 184 и оптимизирован для микропотребляющих устройств. Микроконтроллеры имеют до 2 SPI/I²C и UART, до 17 каналов 10-разрядного АЦП, 2 компаратора, интегрированную периферию для работы с емкостными клавиатурами, до 5 модулей захвата/сравнения/ШИМ, часы реального времени RTC. Контроллеры имеют низкое потребление: 60 нА в режиме энергосбережения Sleep, потребление генератора RTC 600 нА и менее 50 мкА/МГц в активном режиме.

Другое семейство контроллеров с драйвером ЖКИ — PIC16LF190x (табл. 5) предназначено для применения в простых устройствах с ЖКИ с ограниченными требованиями к периферии и требующих минимальной стоимости. Микроконтроллеры

Таблица 5. Семейство контроллеров PIC16F19xx

	Число выводов	Память программы, кбайт	ОЗУ	EEPROM	Напряжение питания, В	Сегментов ЖКИ	АЦП, 10р/компаратор	ЕСР/ССР	Интерфейсы	Корпуса
PIC16LF1902	28	3,5	128	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	–	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16LF1903	28	7	256	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	–	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16LF1904	40/44	7	256	Эмул.	1,8–3,6	116	14/0	–	EUSART	PDIP, TQFP, 5x5 UQFN, die
PIC16LF1906	28	14	512	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	EUSART	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16LF1907	40/44	14	512	Эмул.	1,8–3,6	116	14/0	–	EUSART	PDIP, TQFP, 5x5 UQFN, die
PIC16F1933 PIC16LF1933	28	7	256	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1934 PIC16LF1934	40/44	7	256	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1936 PIC16LF1936	28	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1937 PIC16LF1937	40/44	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1938 PIC16LF1938	28	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1939 PIC16LF1939	40/44	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I ² C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1946 PIC16LF1946	64	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	184	17/3	3/2	2xEUSART, 2xI ² C, 2xSPI	TQFP, 9x9 QFN
PIC16F1947 PIC16LF1947	64	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	184	17/3	3/2	2xEUSART, 2xI ² C, 2xSPI	TQFP, 9x9 QFN

Таблица 6. Семейство контроллеров PIC16F178x

	Число выводов	Память программ, Кслов	ОЗУ, байт	Напряжение питания, В	АЦП, 12р	Компаратор	Операционный усилитель	ЦАП, 8р	PSMC	ССР/PWM	EUSART	MSSP I ² C/SPI	Таймер 8/16 бит
PIC16F1782 PIC16LF1782	28	2	256	2,3–5,5 1,8–3,6	11	3	2	1	2	2	1	1/1	2/1
PIC16F1783 PIC16LF1783	28	4	512	2,3–5,5 1,8–3,6	11	3	2	1	2	2	1	1/1	2/1
PIC16F1784 PIC16LF1784	40/44	4	512	2,3–5,5 1,8–3,6	14	4	3	1	3	3	1	1/1	2/1
PIC16F1786 PIC16LF1786	28	8	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	11	4	2	1	3	3	1	1/1	2/1
PIC16F1787 PIC16LF1787	40/44	8	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	14	4	3	1	3	3	1	1/1	2/1

PIC16LF190x могут применяться в смарткартах, ключах и брелках для систем сигнализации и контроля доступа, медицинских устройств, бытовой электроники и других устройствах с ЖК-индикаторами. Контроллеры имеют до 14 кбайт Flash-памяти программ, до 512 байт ОЗУ, до 14 каналов 10-разрядного АЦП, EUSART и поддерживают ЖКИ до 114 сегментов.

Микроконтроллеры PIC16F145X

Микроконтроллеры семейства PIC16F145x (табл. 7) первые из PIC16 с Flash-памятью, получившие модуль USB 2.0. Новые контроллеры содержат:

- Модуль USB 2.0 (Low Speed 1,5 Мбайт/с, Full Speed 12 Мбайт/с).
- Внутренний генератор 48 МГц с заводской калибровкой 1% 10-разрядный АЦП.
- Компараторы.
- Источник опорного напряжения 1,024, 2,048 и 4,096 В.
- Цифровые интерфейсы I²C, SPI, USART.

Таблица 7. Семейство контроллеров PIC16F145x

	Число выводов	Память программ, Кслов	ОЗУ, байт	Напряжение питания, В	АЦП, 10р	Компаратор	ЦАП, 8р	Timers (8-bit/16-bit)	ССР/PWM	EUSART	MSSP I ² C/SPI	CTWG	USB
PIC16F1454 PIC16LF1454	14	4	1024	2,3–5,5 1,8–3,6				1/1	2	1	1/1		1
PIC16F1455 PIC16LF1455	14	8	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	5	2	1	2/1	2	1	1/1	1	1
PIC16F1459 PIC16LF1459	20	8	1024	2,3–5,5 1,8–3,6	9	2	1	2/1	2	1	1/1	1	1

Основное отличие контроллеров семейства F145x с модулем USB это прецизионный тактовый RC-генератор с возможностью подстройки частоты от шины USB. Такая особенность обеспечивает работу модуля USB без внешнего кварца, только от внутреннего генератора, что позволяет снизить стоимость USB устройств в критичных к цене приложениях.

Микроконтроллеры PIC16F178x

Микроконтроллеры семейства PIC16F178x (табл. 6) имеют расширенную аналоговую периферию и программируемый импульсный контроллер.

Новые контроллеры PIC16F178x содержат:

- 12-разрядный АЦП с дифференциальными входами и скоростью преобразования 100 тысяч выборок в секунду.
- 8-разрядный ЦАП, с возможностью вывода сигнала на вывод микроконтроллера, использование его в качестве опорного напряжения,

Таблица 8. Семейство контроллеров PIC16F170x

	Память программ, слов	ОЗУ, байт	Число выводов	10-бит АЦП	8-бит ЦАП	Быстрые компараторы	ОУ	Zero Cross	Таймера (8/16-р)	СР	ШИМ	СОG	EUSART	MSSP (I ² C/SPI)	CLC	PPS
PIC16(L)F1703	2048	256	14	8	0	0	2	1	2/1	2	0	0	0	1	0	Да
PIC16(L)F1704	4096	512	14	8	1	2	2	1	4/1	2	2	2	1	1	3	Да
PIC16(L)F1705	8192	1024	14	8	1	2	2	1	4/1	2	2	2	1	1	3	Да
PIC16(L)F1707	2048	256	20	12	0	0	2	1	2/1	2	0	0	0	1	0	Да
PIC16(L)F1708	4096	512	20	12	1	2	2	1	4/1	2	2	1	1	1	3	Да
PIC16(L)F1709	8192	1024	20	12	1	2	2	1	4/1	2	2	1	1	1	3	Да

внутренние соединения к операционному усилителю, компаратору и АЦП.

- Операционные усилители и быстродействующие компараторы.
- Источник опорного напряжения 1,024, 2,048 и 4,096 В.
- До 3 программируемых импульсных контроллеров (PSMC) с цифровой и аналоговой обратной связью.
- До 3 модулей захвата/сравнения/ШИМ
- Цифровые интерфейсы I²C, SPI, USART.

Микроконтроллеры PIC16F170X

Микроконтроллеры семейства PIC16F170x (табл. 8) продолжают линейку контроллеров F17xx с расширенной аналоговой периферией. Отличия от контроллеров F187x это отсутствие программируемого импульсного контроллера и уменьшенная

до 10 бит разрядность АЦП. Новые контроллеры серии PIC16F170x дополнительно получили модуль детектирования перехода сигнала через Ноль (Zero Cross Detect — ZCD), модуль конфигурируемых логических ячеек и возможность программного переназначения функций выводов (Peripheral Pin Select — PPS).

Микроконтроллеры PIC16F527

Микроконтроллеры PIC16F527 (табл. 9) первые из представителей контроллеров с модифицированным ядром базового семейства (Enhanced Baseline). Модифицированное ядро получает контроллер прерываний (прерывания по таймеру, изменению состояния порта А, окончанию преобразования АЦП и по срабатыванию компаратора), четыре уровня стека и дополнительные инструкции.

Таблица 9. Семейство контроллеров PIC16F527

	Число выводов	Память программ, Кслов	ОЗУ, байт	EEPROM	Напряжение питания, В	АЦП, 8р	Компаратор	ОУ	Таймер (8-bit)
PIC16F527	20	1	68	64	2-5,5	8	2	2	1

Таблица 10. Семейство контроллеров PIC16F753

	Шунт-регулятор	Число выводов	Память программ, Кслов	ОЗУ	АЦП, 10р	Компаратор	ОУ	Таймер (8/16-bit)	ЦАП	ССР/СОG	НЛТ	Σ
PIC12F752	Нет	8	1	64	4	2	-	3/1	5-бит	1/1	Да	Да
PIC12HV752	Да											
PIC16F753	Нет	14	2	128	8	2	1	3/1	9-бит	1/1	Да	Да
PIC16HV753	Да											

Из периферийных модулей контроллер получит 8-разрядный АЦП, два аналоговых компаратора и два операционных усилителя.

Микроконтроллеры PIC16F753

Микроконтроллеры PIC12F752 и PIC16F753 (табл. 10) имеют таймер ограничения (Hardware Limit Timer — HLT) и модуль компенсации нарастания (Slope Compensation — SC). Оба контроллера присутствуют в версии с Шунт-регулятором, что позволяет запитывать контроллеры от высокого напряжения.

НОВАЯ ПЕРЕФЕРИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Система питания

Все новые семейства микроконтроллеров PIC10F32x, PIC12F1xxx, PIC16F1xxx, а также ряд других новых семейств имеют два варианта исполнения — F и LF. Контроллеры F имеют широкий диапазон питающих напряжений от 1,8 до 5,5 В и встроенный стабилизатор для питания низковольтного ядра. Таким образом, без применения дополнительных внешних элементов контроллеры имеют периферию, работающую в полном диапазоне питающих напряжений. Микроконтроллеры LF имеют диапазон питания от 1,8 до 3,6 В, при этом, из-за отсутствия встроенного стабилизатора напряжения питания ядра имеют меньшее потребление и более пригодны для приборов с батарейным питанием.

Модуль конфигурируемых логических ячеек (CLC — Configurable Logic Cell) предоставляет возможность создания комбинационных и последовательных логических схем.

Ключевые особенности:

- Конфигурируемые пользователем логические схемы с возможностью программного изменения.
- Логические функции — И/ИЛИ/Исключающее ИЛИ/НЕ/И-НЕ/ИЛИ-НЕ/Исключающее ИЛИ-НЕ
- Последовательная логика/Clock — D-триггер, JK-триггер, SR-триггер
- Входные источники:
 - Внешние выводы.
 - Периферия.
- Выход доступен:
 - Внешние выводы.
 - Периферия.
- Работа в режиме Sleep.

Достоинства:

- Увеличивает число внутренних соединений между периферией и портами ввода/вывода.
- Добавляет аппаратные функции и сохраняет место на печатной плате.
- Программное управление комбинационной и последовательной логики — эффективное создание программируемых логических элементов.
- Программно управляемые логические функции уменьшают размер кода и не требуют процессорного времени.

Примеры использования:

- Модуляция данных.
- Последовательная выдача питания.
- Декодеры Манчестер/IrDA.
- Импульсные источники питания.
- Логика общего назначения.
- Умные системы управления.

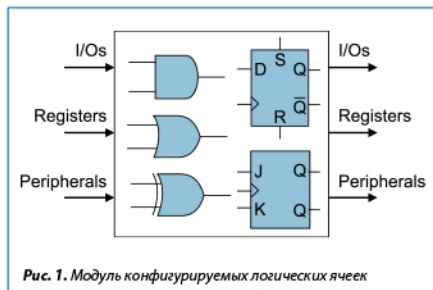
Пример повышающего регулятора с аналоговой обратной связью показан на рис. 2.

Модуль конфигурируемых логических ячеек (CLC) доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32x, PIC1xF150x.

Генератор комплементарных сигналов (рис. 3) (CWG – Complementary Waveform Generator).

Ключевые особенности:

- Формирование комплементарных сигналов без участия программы.
- Различные источники входных сигналов: компараторы, ШИМ, CLC, NCO
- Контроль мертвого времени
- Автоматическое выключение/рестарт.
- Управление полярностью.
- Blanking Control (only in PIC12F752).



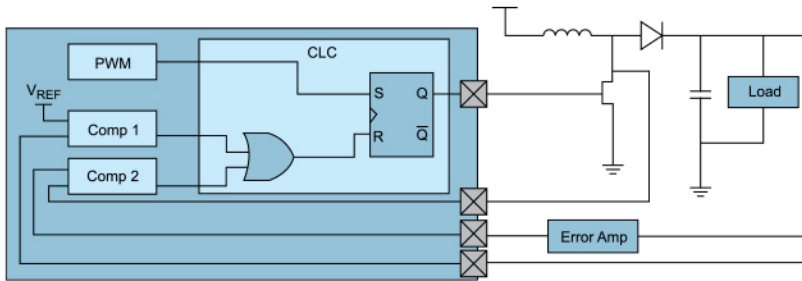


Рис. 2. Повышающий регулятор

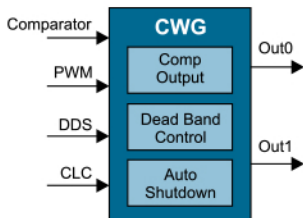


Рис. 3. Генератор комплементарных сигналов

- Управление светодиодным и флюорисцентным освещением.
- Зарядники батарей.
- Управление двигателями.
- Корректоры мощности.
- Звуковые усилители класса D.

Применение функций модуля CWG предоставляет дополнительные возможности управления мертвого времени и автовыключения. На рис. 4 показана полумостовая схема.

Пример понижающего преобразователя для питания светодиодов показан на рис. 5:

- Управление фазой (только в PIC12F752).
- Достоинства:
- Работа с различной периферией.
 - Не требует внешних компонентов.
- Примеры применений:
- Импульсные источники питания.

- Частота модуля CWG определяется частотой ШИМ.
- CWG управляет мертвым временем для предотвращения одновременного открытия обоих ключей.
- Модуль CWG имеет дополнительные функции — автоматическое выключение, управление полярностью.

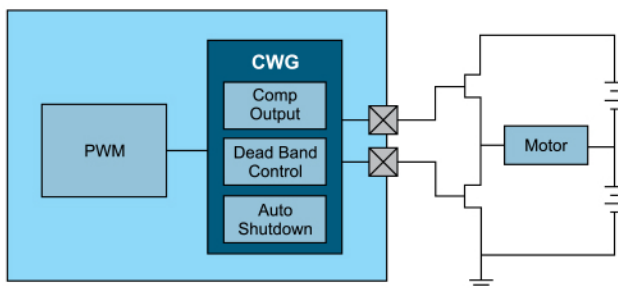


Рис. 4. Полумостовая схема с использованием CWG

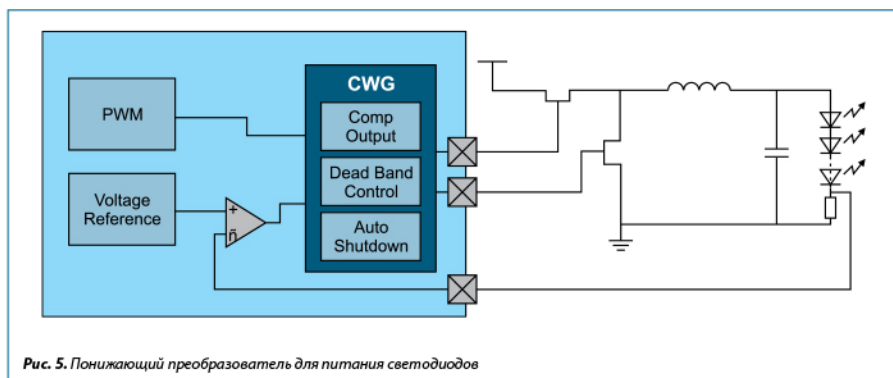


Рис. 5. Понижающий преобразователь для питания светодиодов

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32X, PIC12F752, PIC1XF150X.

Синтезатор частоты (рис. 6) (DDS – Direct Digital Synthesis).

Ключевые особенности:

- Выделенный ШИМ с 20-разрядным разрешением.
- Высокочастотный тактовый вход.
- Различные выходные режимы:
 - Фиксированная скважность 50% (FDC — Fixed Duty Cycle).
 - Частотно-импульсная модуляция (PFM).

Достоинства:

- Линейное управление частоты.
- Увеличенное частотное разрешение.
- Недорогой цифровой управляемый генератор (DCO — Digitally Controlled Oscillator).

Примеры применений (рис. 7):

- Управление флуорисцентными и светодиодными лампами
- Управление неоновыми лампами

- Световые балласты
- Источники питания
- Управление двигателями
- Модемы
- Звуковые усилители класса D
- Ультразвуковые измерители расстояния.

Пример управления флуорисцентной лампой показан на рис. 8.

- DDS используется для создания линейно-изменяющейся частоты на стартовом участке и управления яркостью.
- Уменьшение потребления и увеличение срока службы лампы.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32X, PIC1XF150X.

Программируемый импульсный контроллер (PSMC — Programmable Switch Mode Controller) — специализированный ШИМ для импульсных источников питания, управления двигателями и освещением (рис. 9).

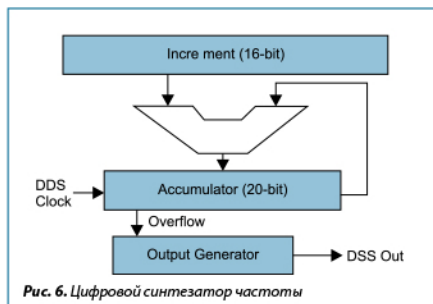


Рис. 6. Цифровой синтезатор частоты

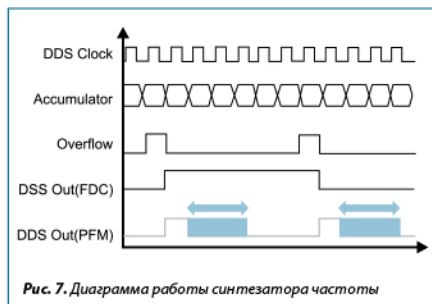


Рис. 7. Диаграмма работы синтезатора частоты

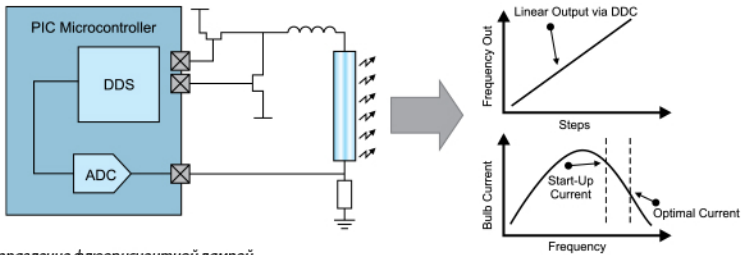


Рис. 8. Управление флуоресцентной лампой

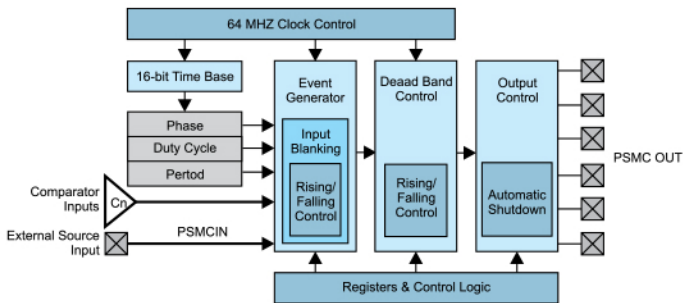


Рис. 9. Программируемый импульсный контроллер

Ключевые особенности:

- Работа на частоте 64 МГц независимо от системного тактового генератора.
- Один ШИМ-генератор до 6 выходами.
- До 3 комплементарных выхода от одного ШИМ.
- Push-pull ШИМ с поддержкой мостового и полумостового включения драйверов.
- Режим пропуска импульсов ШИМ.
- 3-фазный ШИМ.
- Режим с фиксированной скважностью.
- Управление коллекторными двигателями с поддержкой реверса.
- Индивидуальное включение выходов с управлением полярности, мертвого времени.
- Режим Burst
 - Позволяет внешним сигналам активировать или запрещать вывод ШИМ.
 - Диммирование.

Достоинства:

- Настраиваемый высокоскоростной ШИМ с увеличенной разрядностью.

- Упрощает реализацию таких задач как управление двигателями, создание импульсных источников питания и управления светодиодными лампами.

Примеры применений:

- Импульсные источники питания.
- DC/DC-преобразователи.
- Корректоры мощности.
- Управление светодиодной подсветкой и освещением.
- Автомобильные фары.
- Источник питания газоразрядных ламп.
- Электронные балласты.
- Управление двигателями: 3-фазными, коллекторными, БДПТ, асинхронными.
- Датчики: медицинские, температурные, давления.
- Управление зарядом батарей.
- Применения общего назначения, требующие высокочастотный ШИМ.

Пример понижающего источника питания светодиодной лампы показан на рис. 10.

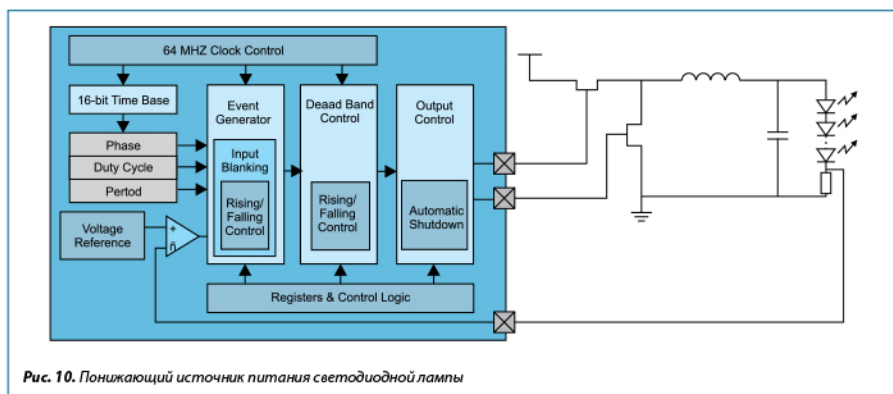


Рис. 10. Понижающий источник питания светодиодной лампы

- Увеличенная частота и контроль мертвого времени для синхронной работы ключей.
- Предоставляет автоматическое выключение, управления полярностью.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F178x.

Операционный усилитель

Ключевые особенности:

- Все выводы подключаются к внешним выводам микроконтроллера.
- Заводская калибровка входного напряжения смещения.
- Выбор полосы единичного усиления.
- Возможность внутреннего подключения к выходу усилителя выходов ЦАП или источника фиксированного напряжения.

Встроенный в микроконтроллер операционный усилитель позволяет уменьшить число внешних элементов и организовать обратную связь в системах

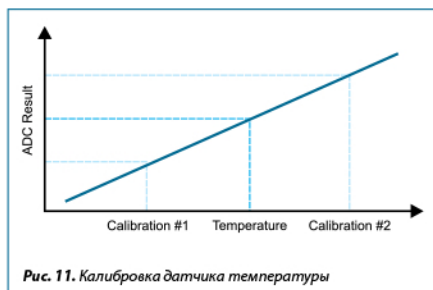


Рис. 11. Калибровка датчика температуры

питания, управления яркостью свечения светодиодов, управления электроприводом и других задачах. Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F178X, PIC16F527

Индикатор температуры — интегрированный температурный датчик. Пример калибровки датчика температуры приведен на рис. 11.

Ключевые особенности:

- Измерение в диапазоне от -40 до 85 °C.
- Внутреннее соединение с АЦП:
 - показания температурного канала АЦП зависят от температуры.
- Работа с датчиком описана в заметке по применению: AN1333.

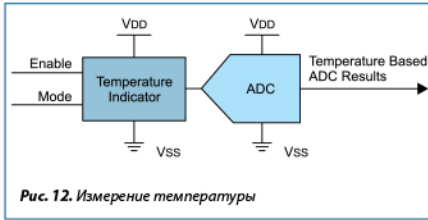
Достоинства:

- Low cost temp measurements for any application.
- Не требуются внешние элементы.
- Улучшение точности часов реального времени при изменении температуры:
 - позволяет использовать дешевые кварцы.

Примеры применений (рис. 12):

- Мобильные телефоны.
- Электроинструмент.
- Домашняя электроника.
- Любое устройство, требующее знание окружающей температуры.
- Автоматическое выключение устройства при перегреве.
- Устройства, требующие калибровки генератора от температуры.

Пример кварцевого генератора с температурной компенсацией показан на рис. 13.



Возможность использования дешевых кварцев в приборах с широким температурным диапазоном.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32X, PIC16F72X, PIC1XF15XX, PIC16LF190X, PIC16F182X, PIC16F178X, PIC16F193X/4X, PIC18K22.

Емкостной делитель напряжений (CVD — Capacitive Voltage Divider)

Ключевые особенности:

- Автоматизирование измерений емкости сенсоров.
- Возможность последовательного двойного преобразования.
- Управление драйверами защитного кольца (Guard Ring) сенсоров.
- Подключение до восьми внутренних дополнительных емкостей к УВХ.

Применение емкостного делителя напряжений это один из методов измерения емкости. Суть метода измерения емкости (рис. 14) заключается в уравнивании зарядов емкости сенсора и емкости устройства выборки-хранения (УВХ) АЦП и последующего

измерения результирующего напряжения с помощью АЦП.

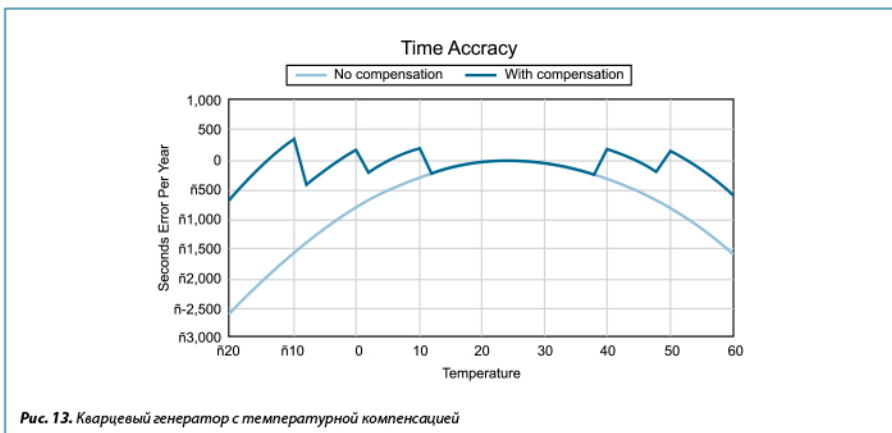
На первом этапе канал АЦП, а значит и конденсатор УВХ, подключаются к напряжению питания V_{DD} (конденсатор C_{HOLD} заряжен до напряжения V_{DD}). Далее аналоговый вход AN настраивается как выход с лог. 0 на выходе — емкость сенсора C_{SENSOR} разряжена. Затем вход AN конфигурируется как аналоговый вход и происходит уравнивание зарядов конденсаторов $C_{SENSORn}$ и C_{HOLD} . На последнем этапе измеряется напряжение V_{CHOLD} . Так как емкость УВХ неизменна, то изменение емкости C_{HOLD} будет приводить к изменению результирующего напряжения V_{CHOLD} . Подобный метод осуществим на любом PIC-контроллере с АЦП.

Автоматизированный емкостной делитель напряжений, появляющийся в новых микроконтроллерах, призван автоматизировать процесс измерения емкости внешних сенсоров.

При запуске модуль автоматически формирует предварительный заряд в течение заданного времени, управление выводом AN, переключением мультиплексора и запуском АЦП.

Помимо автоматизации измерений, модуль CVD имеет ряд дополнительных функций.

1. Для уменьшения влияния помех и увеличения точности модуль CVD позволяет проводить два последовательных измерения для последующего усреднения результатов. Для компенсации синфазной помехи модуль может производить два



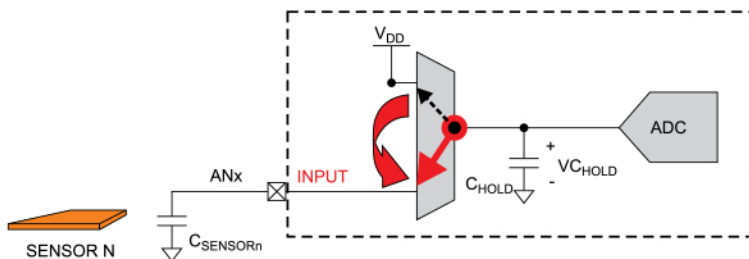


Рис. 14.

измерения — одно с зарядом УВХ до V_{DD} и разрядом сенсора, второе наоборот — с разрядом УВХ и заряженным до V_{DD} сенсором.

- Для увеличения расстояния для сенсоров и компенсации паразитной емкости (ослабления эффектов связанных с утечкой зарядов) аппаратный модуль CVD в микроконтроллерах имеет возможность синхронного управления двумя выходами для формирования «защитного» напряжения. С помощью двух внешних резисторов создается делитель напряжения так, чтобы напряжение на защитном кольце было примерно равно ожидаемому напряжению на сенсоре. Таким образом минимизируется разность напряжений между сенсором и защитным кольцом для уменьшения утечек заряда и экранировании сигнального проводника.
- Для расширения диапазона измеряемых емкостей существует возможность подключения дополнительных внутренних конденсаторов (значение емкости от 4 до 28 пФ) к емкости УВХ АЦП. Дополнительный конденсатор не оказывает влияния на точность АЦП так как он отключается на время преобразования.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F1512/13.

Модулятор сигналов (рис. 15) (DSM — Data Signal Modulator) — простое создание коммуникационных протоколов.

Ключевые особенности:

- Модулирование входного сигнала или внутренних источников.
- Создание произвольных битовых последовательностей.

- Источники сигнала могут быть промодулированы с помощью:
 - Внешний вывод.
 - Модуль тактовых опорных частот.
 - ШИМ.
 - UART/SPI/I²C™.
 - Программно
 - Внутренний компаратор.

Достоинства:

- Легко создается IrDA канал данных или AM, ЧМ и ФМ модулированные последовательности.

Примеры применений:

- Амплитудная манипуляция (ASK).
- Частотная манипуляция (FSK).
- Фазовая манипуляция (PSK).
- Модемы.
- IrDA-поток.
- Пользовательские интерфейсы.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F182x/184x.

SR-триггер (рис. 16) (SR Latch) — интегрированный 555-й таймер может многое.

Ключевые особенности:

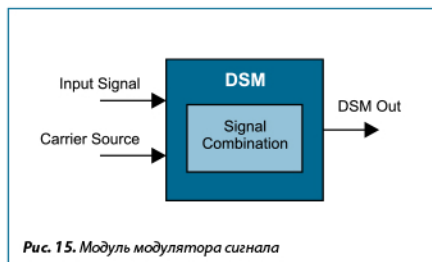


Рис. 15. Модуль модулятора сигнала

- Возможность совместной работы с встроенным компаратором.
- Источники установки и сброса триггера:
 - Выход компаратора.
 - Программное управление.
 - Внешний вывод.
 - Внутренний источник тактирования.
- Выход триггера доступен на внешнем выводе и для внутренней периферии.

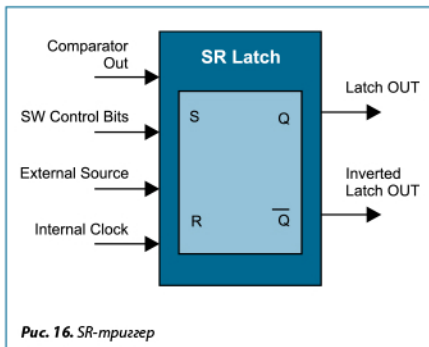
Достоинства:

- Возможность сделать все, что можно сделать на 555-м таймере.
- Создание дешевых генераторов сигналов.
- Несколько внешних компонентов.
- SR-триггер интегрирован в модуль CLC.

Примеры применений:

- Амплитудная манипуляция (ASK).
- Генератор сигналов.
- Импульсные источники питания.
- Управляемые напряжением генераторы.
- Генераторы.
- Управление яркостью ламп.
- Управление двигателями.
- Управляемый звуковой генератор.
- Сравнение фаз.

Аппаратный RS-триггер на выходе компараторов позволяют измерять временные интервалы, генерировать асинхронные импульсы и, как следствие, измерять емкость и реализовывать сенсорные клавиатуры. Microchip имеет запатентованную технологию реализации сенсорных (конденсаторных) клавиатур mTouch™, подробная информация о которой находится на сайте www.microchip.com/mtouch.



Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F61X, PIC16F690 Family, PIC16F182X/4X, PIC16F88X, PIC16F193X/4X, PIC18K22, PIC18K50.

Таймер с разрешением (рис. 17) (T1G — Timer 1 Gate) — измерение длительности входных сигналов.

Ключевые особенности:

- Разрешение счета 16-разрядного таймера (TMR1) от внешнего сигнала.
- Разрешающий сигнал:
 - Выходы компаратора.
 - Таймер 0 (TMR0).
 - Внешний вход (T1G вход).
- Источники тактирования:
 - Внутренний генератор.
 - Внутренний генератор с делителем на 4.
 - Кварц генератора Timer 1.
- Разрешение счета от:
 - от спада до спада,
 - от спада до фронта,
 - от фронта до фронта,
 - от фронта до спада,
 - прерывание по завершению события.

Достоинства:

- Измерение длительности импульсов внутренних и внешних сигналов.
- Не требует внешних элементов.

Примеры применений:

- Дельта-Сигма АЦП.
- Преобразование ШИМ-сигналов.
- Измерение длительности импульсов.
- Измерение частоты.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC12F150X/151X, PIC16F61X Family, PIC16F690 Family, PIC16F72X, PIC16F182X/4X, PIC16F88X, PIC16F193X/4X, PIC18K22.

24-битный таймер измерения сигналов (Signal Measurement Timer – SMT) – измерение длительности входных сигналов.

Может конфигурироваться для измерения различных параметров цифровых сигналов, таких как длительность импульса, частота следования, скважность, а так же время между фронтами двух сигналов.

Ключевые особенности:

- Высокое разрешение в 24 бит.
- Два 24-битных регистра захвата и один 24-битный регистр совпадения периода.
- Управление полярностью входных сигналов.

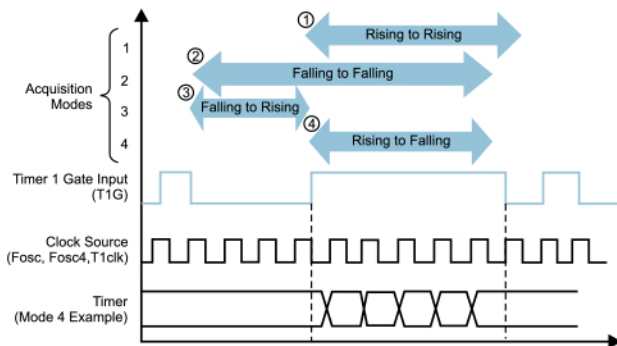


Рис. 17. Диаграмма работы таймера с разрешением

- Возможность использования как обычного таймера.
- Возможность использования для декодирования цифровых протоколов.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F161x, PIC16F188xx, PIC18FxxK42.

Детектор перехода через Ноль (ZCD — Zero Cross Detect).

Модуль Детектора перехода через Ноль (ZCD) определяет ситуации, когда напряжение сигнала переменной амплитуды переходит через нулевой потенциал. Детектируемый сигнал подается на вход микроконтроллера через токоограничивающий резистор. Фактически порог детектора устанавливается немного выше потенциала земли. Модуль содержит источник вытекающего или втекающего тока, которые поддерживают на выводе ZCD постоянное напряжение для предотвращения прямого смещения интегрированных в порт защитных ЭСР-диодов. Модуль ZCD может применяться не только для фиксации моментов перехода переменного напряжения через ноль, но и для других задач как то: измерение периода переменного напряжения, точное измерение длительных процессов, управление диммированием ламп, уменьшение излучаемых помех при переключении нагрузки. Так, например, модуль ZCD может применяться при управлении силовым реле для включения двигателя переменного тока. Включение реле в точке нулевого фазного напряжения уменьшает искрение контакта реле, продлевая срок службы и уменьшая электромаг-

нитное излучение. Модуль ZCD, как и другие аппаратные модули, полностью автономен от ядра и может работать в Sleep-режиме.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: семейство PIC16F170x.

Переназначение функций выводов (PPS — Peripheral Pin Select).

Модуль PPS известен многим разработчикам, применяющим контроллеры PIC24 и PIC18. Теперь модуль PPS появляется и в младших микроконтроллерах. Модуль PPS позволяет программно переназначать периферийные модули микроконтроллера на различные выводы микроконтроллера. Модуль переназначения выводов помогает оптимизировать разводку печатной платы, максимально использовать всю имеющуюся периферию, увеличить нагрузочную способность выходов, тестировать работу периферии.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: семейство PIC12F752, PIC16F753.

Таймер ограничения (Hardware Limit Timer — HLT).

Таймер HLT это расширенная версия Timer 2, который может быть сброшен фронтом или спадом сигнала от выбранной периферии. Основное назначение таймера HLT это аппаратный контроль обратной связи от внешней периферии и ограничение времени её работы. Таймер HLT аналогичен сторожевому WDT таймеру, за исключением того, что контролирует не время работы программы, а время работы аппаратных частей. В нормальной ситуации внешний сигнал сброса должен придти раньше, чем срабатывает таймер HLT. Если

сигнал сброса не пришел в ожидаемое время, то срабатывает таймер HLT, который может управлять выходами ШИМ, компараторов, Генератора Комплементарных Сигналов. Таким образом, таймер HLT может управлять периферией микроконтроллера и предотвращать аварийные ситуации в управляемых импульсных источниках, контроллерах электропривода и др.

Доступен в следующих PIC микроконтроллерах: семейство PIC16F170х.

Модуль вычисления контрольной суммы (CRC).

Позволяет аппаратно вычислять контрольную сумму данных, а так же проверку области flash-памяти программ и ОЗУ.

Ключевые особенности:

- Задаваемый пользователем полином (от 2 до 16 бит).
- Автоматическое фоновое сканирование памяти flash и ОЗУ.
- Независимая работа от ядра.
- Возможность работы в режиме сохранения энергии (Sleep).

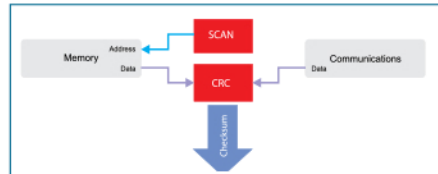


Рис. 18.

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: семейство PIC16F161х.

ШИМ с высоким разрешением (High Resolution PWM – HRPWM).

Совместное использование программируемого генератора и модуля логических ячеек позволяет получить ШИМ с высоким разрешением – до 17 бит при частоте 500 кГц.

Исходные коды примера настройки модулей для реализации ШИМ с высоким разрешением и подробное описание алгоритма см. в примере AN1476 (www.microchip.com).

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32х, PIC12F1501, PIC16F1503/7/8/9.

Таблица 11.

	Обычный ШИМ	HRPWM
Разрешение ШИМ, бит	16	16
Тактовая частота, МГц	32	32
Желаемая частота ШИМ, кГц	50	50
Период ШИМ	1/500 кГц = 2 мкс	1/500 кГц = 2 мкс
Получаемый шаг ШИМ	1/16 МГц = 62,5 нс	15,26 пс
Максимальное число шагов на период	2 мкс / 62,5 нс = 32	2 мкс / 15,26 пс = 131072
Эффективное разрешение ШИМ	log ₂ 32 = 5 бит	log ₂ 131072 = 17 бит

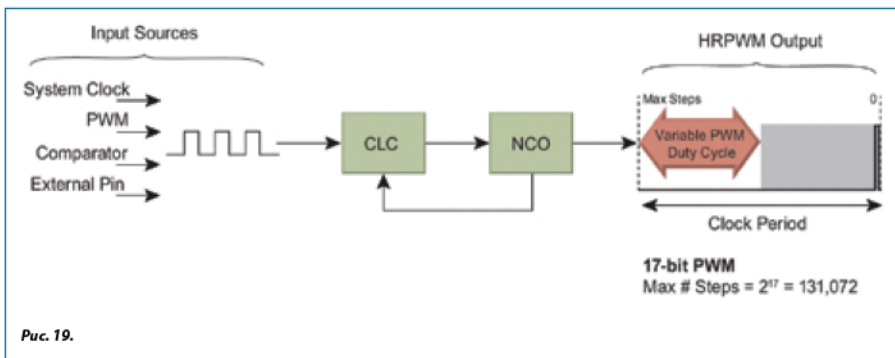


Рис. 19.

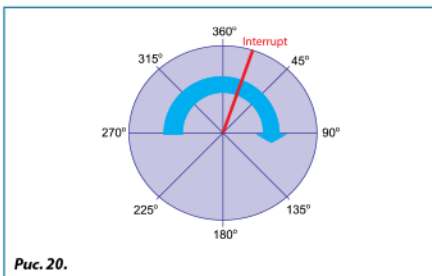


Рис. 20.

Угловой Таймер (Angular Timer) – упрощает управление двигателями, преобразует временные интервалы в угловые единицы. Позволяет обеспечить автоматическую подстройку частоты, упрощает математические вычисления в задачах управления приводом.

Делит периодические сигналы на маленькие интервалы и позволяет сформировать сигналы, основанные на фазе входного сигнала.

Позволяет осуществить прерывание в заданной фазе, а также детектировать пропуск импульса.

Доступен в PIC16F1614/5/8/9.

Ускоритель математических функций (Math Accelerator) – аппаратный модуль 16-битного умножения, сложения, умножения с накоплением (MAC), программируемый ПИД-контроллер. Выполняет операции типа:

$$ACC += (A+B) \times C$$

$$PID = K_p + K_i/s + K_d \times s$$

Позволяет существенно ускорить математические операции.

Доступность в PIC16F1614/15/18/19. ■

МІСROСНІР РАСШИРИЛ ЛИНЕЙКУ НЕДОРОГИХ ПІС-КОНТРОЛЛЕРОВ СО СДВОЕННЫМ АЦП

Особенности:

- Новые PIC16LF1554/9 имеют низкое энергопотребление, сдвоенный АЦП, емкостной делитель напряжения (CVD).
- Встроенная аппаратная поддержка емкостного делителя напряжения (CVD) упрощает работу с емкостной клавиатурой и емкостными датчиками.
- Низкая стоимость и небольшие размеры позволяют применять микроконтроллер для решения широкого круга задач.

Компания Microchip объявила о выходе новых 8-битных микроконтроллеров PIC16LF1554 и PIC16LF1559. Контроллеры включают в себя два независимых 10-битных АЦП с частотой дискретизации 100 кГц и встроенный емкостной делитель напряжения (CVD) для опроса емкостных датчиков. Уникальная конфигурация АЦП позволяет эффективно применять технологию емкостных клавиатур, в том числе матричных клавиатур, устройств с низким энергопотреблением.

14- и 20-выводные PIC16LF1554/9 совмещают в себе 17-канальный АЦП с аппаратным CVD-

модулем. В частности, модуль CVD уменьшает программный код для работы с емкостными устройствами более чем на 40%. Микроконтроллеры имеют следующие параметры: 14 кбайт Flash, 512 байт ОЗУ, внутренний генератор 32 МГц, два модуля ШИМ, I²C™, SPI и EUSART. Они имеют очень маленький ток (XLP) в рабочем режиме 35 мкА/МГц и 30 нА в режиме сна, что очень важно для систем, где энергосбережение является первоочередной задачей. Несмотря на эти особенности микроконтроллеры имеют небольшую цену и маленький корпус, что позволяет использовать их в таких устройствах как пульты дистанционного управления, аудиоплееры, аксессуары для мобильных телефонов, бытовая техника, наушники, часы, RFID-передатчики, фитнес браслеты, медицинские приборы, устройства для автомобильной промышленности и др.

PIC16LF1554 доступен в следующих корпусах: 14-выводные PDIP, TSSOP, SOIC и 16-выводной QFN (4×4×9 мм). PIC16LF1559 представлен 20 выводными PDIP, SSOP и QFN (4×4×9 мм).

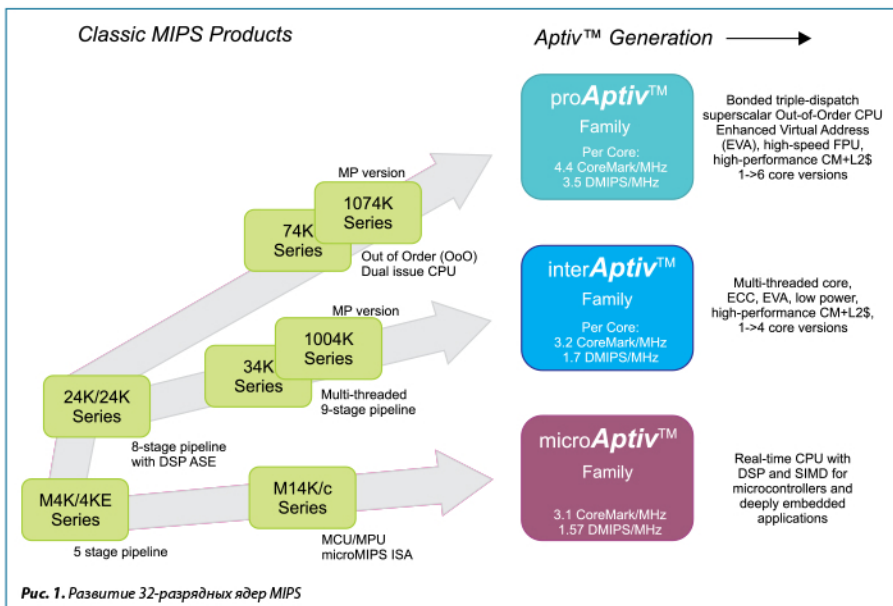
32-БИТ ЯДРА MIPS В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ MICROCHIP

На рынке 32-разрядных процессоров для встраиваемых систем применяются несколько платформ — ARM и MIPS одни из них. С начала своего основания компания ARM была нацелена на рынок встраиваемых систем, в то время как MIPS был сфокусирован на разработке процессорных архитектур для высокопроизводительных рабочих станций и серверов. Позднее компания ARM стала стремиться к более высокой производительности, потому что такие требования диктуются самым большим рынком для ARM — рынком мобильных телефонов. Между тем, MIPS начала стремиться в сторону меньших вычислительных мощностей, потому что там находится ее крупнейший рынок — потребительская электроника.

Архитектуры, разработанные MIPS, занимают серьезную долю рынка сетевых и телекоммуникационных устройств. Компания MIPS имеет более 125 лицензиатов своих ядер, которые совместно производят более 500 млн процессоров каждый год.

Откройте корпус спутниковой приставки, телевизора, DVD проигрывателя и вы в большинстве случаев обнаружите процессор на основе MIPS-ядра.

Для рынка встраиваемых систем MIPS (рис. 1) предлагает несколько ядер, полностью совместимых снизу



вверх. Для 32-битных микроконтроллеров, работающих в задачах реального времени, предназначены ядра M4K/M4KE, дальнейшее развитие этого семейства ядро M14K™ имеет microMIPS™ архитектуру сжатия набора команд, а ядро microArtiv дополнено функционалом цифровой обработки сигналов (ЦОС) с поддержкой множественного потока данных (Single Instruction Multiple Data — SIMD) и функциями защиты.

ЯДРО M4K. СРАВНЕНИЕ С CORTEX-M3

В 2002 г. компания MIPS Technologies представила ядро M4K — высокопроизводительное, синтезируемое ядро, оптимизированное для применения в микроконтроллерах, которое является основой контроллеров PIC32MX компании Microchip Technology Inc.

Ядро M4K разработано с набором функций, комбинация которых предоставляет лучшие в классе быстродействие и значительно превосходит предлагаемые компанией ARM ядра серии Cortex-M3.

Ядро M4K обеспечивает быстродействие 1,5 DMIPS/МГц, в то время как Cortex-M3 предлагает быстродействие примерно на 20% меньше (1,25 DMIPS/МГц), соответственно, для того чтобы выполнять код наравне с MIPS M4K, Cortex-M3 должен работать на частоте на 20% выше и, соответственно, потреблять больше энергии.

Достигнутые показатели быстродействия ядра MIPS M4K обеспечиваются следующими особенностями архитектуры.

Помимо 32-битных инструкций MIPS32, ядро M4K поддерживает набор команд MIPS16e, состоящий из «наиболее востребованных» инструкций MIPS32 в их 16-битном эквиваленте. Команды MIPS16e сжимают код в меньший размер памяти, сохраняя при этом высокий уровень производительности за счет снижения пропускной способности памяти и времени выполнения команд. Применение расширения системы команд MIPS16e™ (Application Specific Extension — ASE) уменьшает размер кода до 40%.

Ядро MIPS M4K имеет набор из 32 32-битных регистров общего назначения (РОН), число таких наборов может быть 1, 2, 4, 8 и 16. Эти наборы регистров сохраняют параметры и команды в чипе, снижая тем самым накладные расходы на пересылки в памяти, и освобождая командные циклы. Это положительно сказывается на увеличении производительности. Использование набора теневых РОН так же увели-

чивает быстродействие системы за счет уменьшения накладных расходов в обработчике прерывания. При возникновении прерывания или немаскированного прерывания (исключения) ядро определит какой теневой набор регистров будет использоваться, установит его как активный набор РОН и позволит выполняться программе с вектора прерывания. Эта особенность полностью устраняет необходимость сохранения и восстановления контекста при обработке прерываний, а так же сохраняет содержимое РОН от изменения в прерываниях, что уменьшает время работы обработчика прерывания.

Конвейер ядра в M4K имеет 5 стадий, в то время как ядро Cortex-M3 имеет 3-стадийный конвейер. Большая длина конвейера дает возможность ядру выполнять больше инструкций в секунду, но, с другой стороны, увеличивает время реакции на прерывания. Однако, как рассмотрено выше, наличие в M4K нескольких наборов РОН, позволяет существенно снизить накладные расходы на сохранение/восстановление контекста в обработчике прерываний. В ядре M4K все операции сдвигов выполняются за один цикл. Специальная логика (Bypass logic) включена в работу конвейера и предоставляет быстрый доступ к данным для использования в следующих инструкциях до того, как команда пройдет весь конвейер. Производительность улучшается в результате уменьшения числа циклов, необходимых для выполнения конкретной задачи.

Еще одно преимущество ядра M4K это высокопроизводительная реализация модуля Умножения и Деления (Multiply Divide Unit — MDU), который выполняет умножение 32×16 бит (или MAC-инструкцию) за один цикл, а операция 32×32 бит умножения выполняется за 2 цикла.

Модуль MDU в MIPS M4K это выделенный вычислительный блок, имеющий собственный конвейер и работающий независимо от конвейера выполнения команд ядра. Любая команда умножения и деления попадает напрямую в MDU, а следующая инструкция (не MDU) в конвейер ядра, тем самым обеспечивается параллельное выполнение команд без задержек (кроме случая, когда следующая за MDU инструкция должна использовать результат предыдущей MDU-команды).

Так как ядро M4K имеет два конвейера, то программист имеет возможность распараллелить процес-

Таблица 1. Сравнения ядер MIPS M4K и ARM Cortex-M3

Ядро	M4K		Cortex-M3	
DMIPS/МГц	1,5		1,25	
СМ/МГц	2,03		1,06–1,9	
Оптимизация ядра	По быстродействию	По площади	По быстродействию	По площади
Максимальная тактовая частота, МГц	228	100	135	50
Площадь кристалла, мм ²	0,64	0,185	0,74	0,38
Типовая мощность, мВт/МГц	0,214	0,066	0,165	0,084

сы, например пересылку данных и MDU инструкции и тем самым получить существенный выигрыш в быстродействии.

Модуль MDU особенно востребован в задачах ЦОС, таких как БПФ, реализации КИХ и БИХ фильтров, которые часто применяются в промышленных приложениях и задачах связи.

Поддержка в M4K инструкций подсчета количества старших нулевых битов (CLZ) и количества старших единичных битов (CLO), так же позволяет ускорить выполнение ЦОС-алгоритмов. Ядро Cortex-M3 не имеет поддержки подобных команд.

Как пример возможностей ускорения задач ЦОС, PIC32 выполняет 256-точечное 16-разрядное по основанию 4 БПФ за 22 000 циклов, что на 14% быстрее контроллера STM32 на базе ядра Cortex-M3.

В таблице 1 сведены параметры по оценке физических параметров архитектур MIPS M4K и ARM Cortex-M3 при реализации на одинаковых техпроцессах. Интересным фактом является то, что оптимизированное по площади ядро M4K, при той же тактовой частоте 100 МГц что и оптимизированный

по быстродействию Cortex-M3, имеет на 75% меньше площадь кристалла и на 58% меньшее потребление.

PIC32MX БОЛЬШЕ ЧЕМ M4K?!

Одним из лицензиатов процессорных архитектур MIPS является компания Microchip Technology Inc., которая на основе ядра MIPS M4K производит семейство контроллеров PIC32MX, краткие характеристики которых приведены в таблице 2.

Синтезируемые ядра MIPS позволяют создавать микроконтроллеры и добавлять ряд пользовательских функций. Разрабатывая PIC32 — сложную систему на кристалле (system-on-chip — SoC), компания Microchip внесла ряд функциональных улучшений в контроллеры PIC32MX относительно базового ядра M4K. К таким улучшениям относятся Кэш инструкции, Шинная матрица (Bus Matrix), Контроллер прерываний и интерфейс отладки ICSP.

Буфер и Кэш предвыборки инструкций

В PIC32 приложение может выполняться как из внутренней flash-памяти, так и из внутреннего ОЗУ,

Таблица 2. Семейство контроллеров PIC32MX

Микро-контроллер	Тактовая частота, МГц	Размер памяти Flash/RAM, кбайт	Число выводов	UART/SPI/PC	USB	CAN	Ethernet	PPS	I ² S/AC97
PIC32MX1xx	40/50	16–128 / 4–32	28–44	2/2/2	–	–	–	да	да
PIC32MX2xx	40/50	16–128 / 4–32	28–44	2/2/2	FS Host/OTG	–	–	да	да
PIC32MX3xx	80	32–512 / 16–32	64–100	2/2/2	–	–	–	да	да
PIC32MX4xx	80	64–512 / 16–32	64–100	2/2/2	FS Host/OTG	–	–	да	да
PIC32MX5xx	80	64–512 / 16–64	64–100	6/3/4	FS Host/OTG	да	–	–	–
PIC32MX6xx	80	64–512 / 32–128	64–100	6/3/4	FS Host/OTG	–	да	–	–
PIC32MX7xx	80	128–512 / 32–128	64–100	6/4/5	FS Host/OTG	да	да	–	–

которое можно динамически разделить на области программ и данных.

В высокоскоростных процессорах узким местом, снижающим быстродействие, является Flash память программ, с её ограничениями на время доступа. Семейство PIC32MX имеет flash-память с 128-битной шиной, которая позволяет за одно обращение выбирать четыре 32-битных инструкции, что соответствует выборке из Flash-памяти с учетверенной скоростью. Однако, даже при наличии 128-битного буфера предвыборки, выполнение инструкций с тактовой частотой ядра не представляется возможным, так как реальное приложение содержит ветвления и повторяющиеся инструкции, а также производит чтение данных из флэш-памяти.

Поэтому в архитектуру PIC32MX был введен конфигурируемый кэш предвыборки, состоящий из 16128-битных строк, из них 4 строки могут использоваться в качестве кэша данных, что полезно при обработке массивов данных.

Кэш предвыборки выполняет две задачи: кэширование инструкций, к которым осуществляется доступ и предвыборка инструкций из Flash памяти, до того как они необходимы для исполнения. Каждая строка кэш-строки содержит признак, описывающий что хранится в строке и адреса памяти, команды из которых находятся в Кэше. Обычно строки Кэша содержат копию участка памяти Flash, данные из которой доступны ядру без задержек.

Использование кэша предвыборки позволяет выполнять линейный код на максимальной частоте тактирования без состояний ожидания. Этому способствуют две линии кэша с адресной маской,

которые могут содержать повторяющиеся инструкции, а так же механизм предикативной выборки инструкций.

Bus Matrix — Шинная Матрица

Процессоры PIC32MX имеют две отдельные шины:

- (CPU IS) — для выборки инструкций;
- (CPU DS) — для выборки данных.

Для подключения периферийных устройств PIC32MX содержит две внутренние шины. Одна периферийная шина соединяет большинство периферийных модулей. Другая — высокоскоростная — соединяет контроллер прерываний, контроллер Прямого Доступа к Памяти (ПДП, DMA), канал внутрисхемной отладки и шину высокоскоростной периферии.

Шинная матрица соединяет Ведущие устройства (так же называемые Инициаторами) к Ведомым устройствам (Target). Процессоры PIC32MX имеют до пяти Инициаторов и три Ведомых (Flash, RAM и низкоскоростная периферия).

Инициаторы, всегда присутствующие в PIC32, это Шина Инструкций (CPU IS), Шина Данных (CPU DS), шина внутрисхемного отладчика (ICD) и контроллер ПДП (DMA). Некоторые PIC32MX так же содержат Интерфейс Расширения Инициаторов (Initiator Expansion Interface — IXI), которые подключают высокоскоростную периферию — USB, Ethernet и т. п. Шинная матрица является специальным переключателем, который обеспечивает одновременный множественный доступ между различными ведущими (Masters) устройствами на шинах, которые обращаются к разным адресатам. На рис. 2 приведен пример, когда шинная матрица обеспечивает параллельный

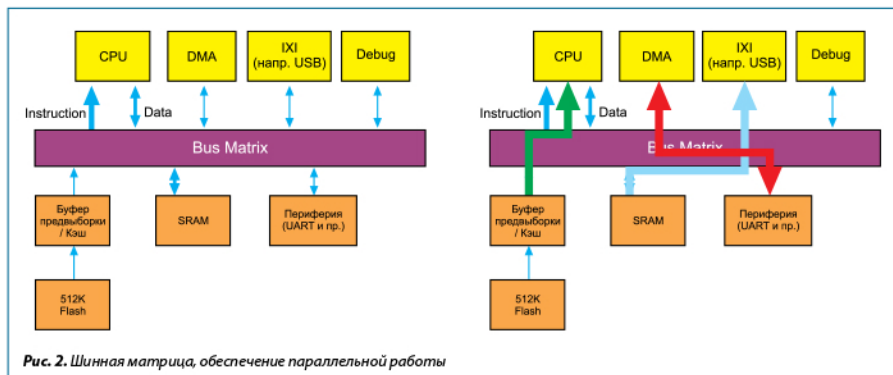


Рис. 2. Шинная матрица, обеспечение параллельной работы

доступ к различным адресатам: Ядро процессора привлекает команду из Flash памяти, Контроллер DMA соединен с низкоскоростной периферией (UART), а высокоскоростной интерфейс USB подключен к ОЗУ. Если необходим одновременный доступ более чем одного Инициатора к одному и тому же Ведомому, шинная матрица организует последовательный доступ с помощью трех режимов арбитража. Режимы арбитража устанавливают уровни приоритетов каждого из Инициатора.

DMA-интерфейс

Контроллер DMA предназначен для передачи данных между блоками памяти и периферийными модулями без участия ядра контроллера.

Семейство PIC32MX имеет до 8-идентичных каналов DMA, которые могут использоваться как для передачи данных между периферией и памятью, так и для переноса данных между блоками памяти. Дополнительно в PIC32MX присутствует до 8 выделенных каналов DMA для работы с высокоскоростной периферией (USB, Ethernet, CAN).

Контроллер DMA позволяет обеспечивать транзакции на уровне слов и байтов. В последнем случае выравнивания по слову данных не требуется. Арбитраж доступа осуществляется на основании фиксированных приоритетов каналов.

Два канала DMA могут быть объединены в цепочку — после окончания передачи ведущего канала автоматически запускается ведомый канал.

Каналы могут работать в двух адресных режимах: нормальном и расширенном. В нормальном режиме объем передаваемых данных ограничен 256 байтами, но допустима транзакция по не выравненному адресу и передача типа «память-периферия». В расширенном режиме адресации объем передаваемых данных может достигать 64 кбайт.

Контроллер DMA имеет в своем составе модуль вычисления циклического избыточного кода (CRC), который может быть подключен к любому каналу. Модуль позволяет вычислять CRC любой разрядности с произвольным полиномом.

Набор теневых регистров

В процессорах PIC32MX реализовано два набора Регистров Общего Назначения (ПОН, General Purpose Registers — GPR). Второй набор предназначен для ис-

пользования с высокоприоритетными прерываниями. Этот дополнительный набор ПОН так же называется теневым набором регистров (shadow register set). Когда происходит высокоприоритетное прерывание, процессор автоматически переключается на теневой набор ПОН без вмешательства программы. Это снижает задержку в обработке прерывания на сохранение контекста и уменьшает время реакции на прерывание. Набор теневых регистров управляется регистрами системного сопроцессора (System Coprocessor — CPO), а так же контроллером прерываний.

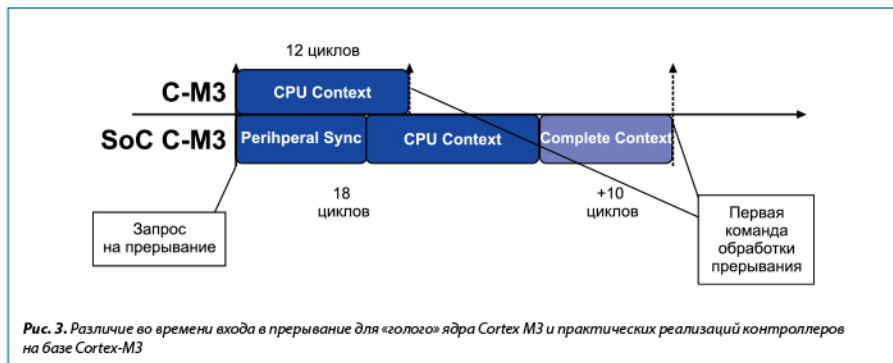
Контроллер прерываний

Ядро M4K поддерживает три варианта реализации контроллера прерываний: совместимый с ранней реализацией MIPS32 Release 1; векторный; внешний контроллер прерываний. Векторный контроллер прерываний в M4K поддерживает только восемь приоритетных прерываний, поэтому в SoC PIC32MX реализован внешний векторный контроллер прерываний, аналогичный применяемому в 16-разрядных контроллерах Microchip (PIC24 и dsPIC).

Контроллер прерываний в PIC32MX обладает следующими характеристиками:

- время реакции на прерывание — не более 5 тактов генератора;
- до 96 источников прерываний;
- до 64 векторов прерываний;
- каждый вектор прерывания может иметь приоритет от 1 до 7;
- каждый вектор прерывания может иметь дополнительный приоритет от 0 до 3;
- теневой набор ПОН для обслуживания высокоприоритетного прерывания;
- конфигулируемое положение векторов прерываний;
- конфигулируемая дистанция между векторами прерываний;
- возможность программной генерации любого прерывания;
- таймер отложенных прерываний.

В контроллере прерываний PIC32MX векторов прерываний меньше чем источников, поэтому часть источников прерываний используют один вектор. Как правило, это прерывания одного периферийного модуля. Приоритеты назначаются пользователем не источнику прерывания, а вектору.



Вектора с приоритетами 7 могут использовать дополнительный набор РОН, что позволяет снизить время входа в функцию обработки прерывания, так как в этом случае контекст сохранять не требуется.

Интересной особенностью контроллера прерываний является наличие таймера отложенных прерываний. Для использования этого таймера необходимо установить его период (32-битный регистр) и приоритет прерывания таймера. При возникновении запроса на прерывание все источники с приоритетом ниже или равным приоритету таймера запустят этот таймер. Как только значение таймера будет равно нулю, установится флаг источника прерывания, запустившего таймер.

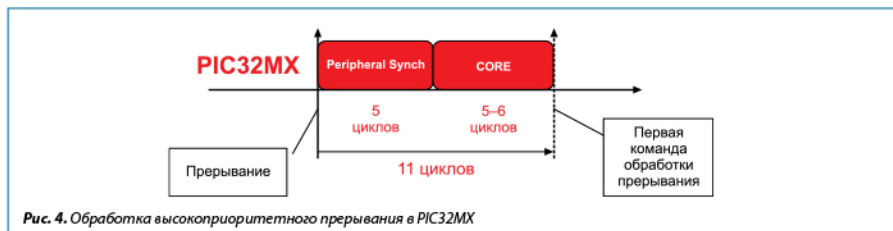
Процессоры PIC32MX являются системой на кристалле. Аналогично и процессоры на базе Cortex-M3 нужно рассматривать не как «голое» ядро, а как систему со своими особенностями. Рассмотрим отличия контроллеров прерываний, реализованных в SoC PIC32 и некоторых из System on Chip на базе Cortex-M3. Ядру Cortex-M3 требуется 12 циклов для сохранения контекста. Однако, в практических реализациях процессоров

на базе Cortex-M3, ситуация несколько иная. Так, в SoC на базе Cortex-M3, обработчику прерываний нужно от 18 до 28 циклов на вход в прерывание (рис. 3). Время входа в обработчик прерывания состоит из: 6 циклов реакции на прерывание и синхронизации периферийной шины SoC; автоматического сохранения контекста ядра C-M3 (сохранение регистров r0–r3, r12, LR, PC) за 12 циклов; и полного сохранения контекста — еще 10 циклов (сохранение регистров r4–r11, r13, r14).

При обработке высокоприоритетного прерывания, как писалось выше, в PIC32MX используется набор теневого РОН, поэтому не требуется сохранение и восстановление контекста. На вход в прерывание требуется только 11 циклов (рис. 4).

При обработке низкоприоритетных прерываний процессору PIC32 требуется 28 цикла (рис. 5). Время обработчика низкоприоритетных прерываний состоит из: 5 циклов реакции на прерывание и синхронизации периферии; 5–6 циклов для автоматического сохранения регистров ядра и 13 циклов на сохранение контекста.

Только простой обработчик прерываний выигрывает от автосохранения контекста в Cortex-M3. Ком-



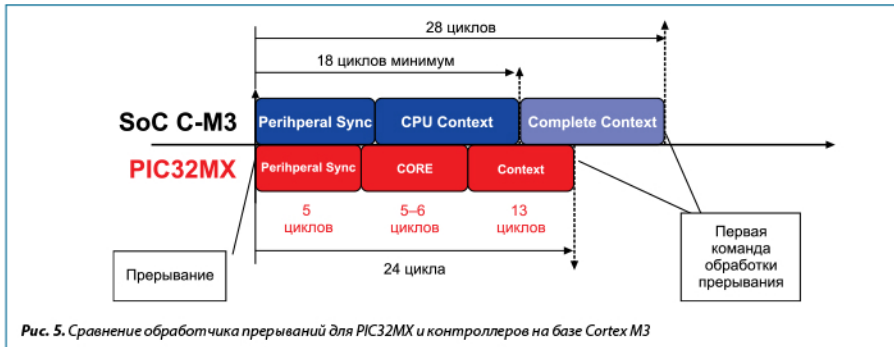


Рис. 5. Сравнение обработки прерываний для PIC32MX и контроллеров на базе Cortex M3



Рис. 6. Вариант автосохранения контекста без использования цепочек

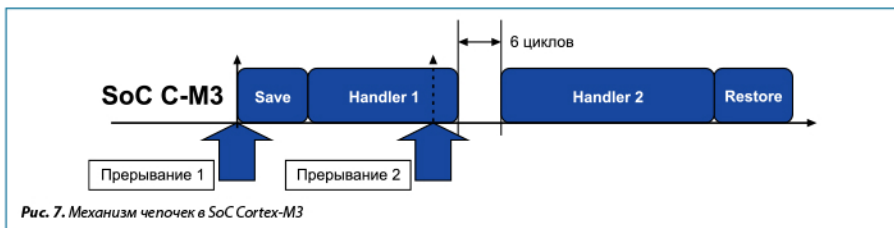


Рис. 7. Механизм цепочек в SoC Cortex-M3

пلياتоры Си автоматически сохраняют контекст при вызове функций и использовании регистров, поэтому общее время обработки прерывания становится больше.

Рассмотрим случай, когда начата обработка одного прерывания и поступает второе прерывание с таким же приоритетом. Автосохранение контекста в SoC Cortex-M3 в таком случае не эффективно (рис. 6), поэтому применяется специальный механизм цепочек.

Механизм цепочек уменьшает задержку между обработкой двух прерываний, запрещая автосохранение контекста (рис. 7).

Архитектура PIC32MX не требует специальных механизмов для обработки нескольких прерываний. Все-

го 3 дополнительных цикла требуется для обработки двух прерываний в многовекторном режиме (рис. 8).

Интерфейс отладки ICSP

Помимо стандартного для архитектуры MIPS интерфейса JTAG, в PIC32 добавлен интерфейс отладки ICSP, присутствующий во всех PIC-микроконтроллерах Microchip, что обеспечивает совместимость отладочных средств и программаторов с остальными семействами контроллеров.

За счет этого, разработчики могут переходить от одного семейства контроллеров к другому, в рамках одного производителя, не меняя отладочные средства. Для тех же, кто имеет JTAG отладчики остается возможность отладки через этот интерфейс.

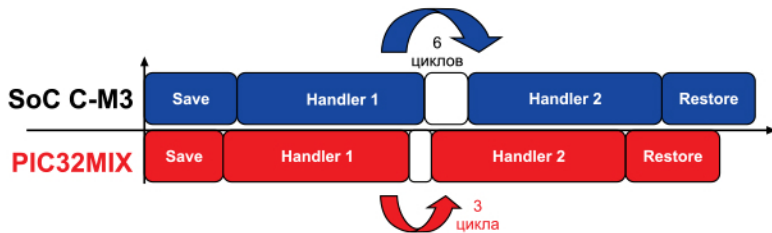


Рис. 8. Сравнение обработки последовательных прерываний в PIC32MX и SoC Cortex-M3

Итоги

За счет перечисленных особенностей ядра MIPS M4K, а так же перечисленных улучшений, внесенных Microchip при разработке PIC32MX, получившиеся процессоры имеют большее быстродействие, чем «голое» ядро M4K (1.56DMIPS/МГц против стандартных 1,5 DMIPS/МГц).

Архитектура ядра M4K, а соответственно и PIC32 имеет хорошую гибкость кода, позволяя применять две системы команд: MIPS32 и MIPS16e. Разработчик может использовать обе системы команд одновременно. Система команд Thumb2 конкурирующего ядра ARM Cortex-M3 теряет гибкость — можно применять либо 16-либо 32-битные команды.

На многих задачах с плавающей точкой PIC32MX работает существенно быстрее, чем, например

Cortex-M3. Диаграмма на рис. 9 демонстрирует нормированное, приведенное к одной частоте время выполнения алгоритмов работы с плавающей точкой на контроллерах Cortex-M3 (Thumb2) относительно PIC32MX (источник www.smxrtos.com, данные для Cortex-M3 приведены для STM32F103VBT6 и компилятора Keil v4.13; для LM3S8962 и компилятора IAR v5.20; для PIC32 используется GNU-компилятор). Диаграмма показывает, что при использовании библиотек плавающей точки в компиляторах Keil и IAR архитектура Cortex-M3 существенно проигрывает MIPS32 M4K и в частности контроллерам PIC32MX.

Контроллеры PIC32 являются лидерами в своем классе по производительности. Одно и то же приложение занимает меньше памяти и выполняется

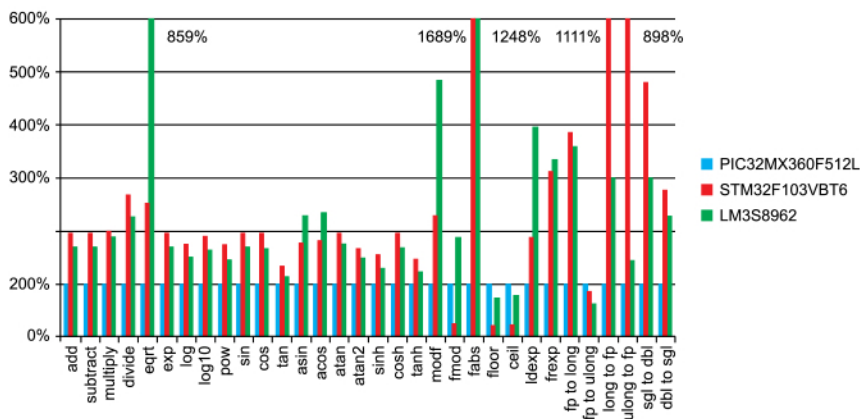


Рис. 9. Сравнение времени выполнения алгоритмов с плавающей точкой для PIC32 и контроллеров, на базе Cortex-M3

быстрее, что позволяет уменьшить тактовую частоту процессора, обеспечив меньше потребление.

ЯДРО MICROAPTIV

Ядро M14K (и версия с кэшем M14Kc) является развитием ядра M4K, в котором реализована система команд microMIPS™, которая содержит как 16- так и 32-битные инструкции, что позволяет увеличить плотность кода и пропускную способность ядра. Система команд microMIPS™ уменьшает размер кода как минимум на 30% при сохранении быстродействия на уровне ядра M4K.

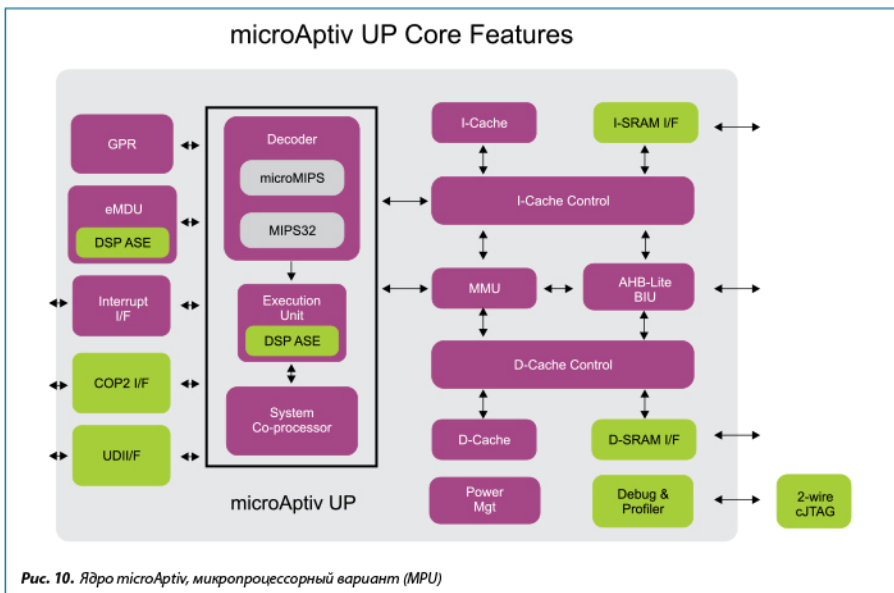
Ядро microAptiv™ это следующая ступень развития ядра MIPS32 (рис.10). Основанное на M14K, ядро microAptiv получило большее быстродействие, дополнено ЦОС расширением ядра MIPS и новыми возможностями защиты памяти и интерфейса отладки.

Основное улучшение архитектуры microAptiv это ЦОС расширение ядра и системы команд (MIPS32 DSP Application Specific Extension — ASE), позволяющее выполнять за один такт любую команду из полного набора DSP- и команд умножения с накоплением (Multiply and Accumulate — MAC).

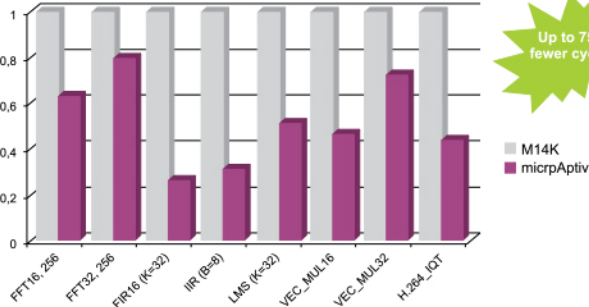
Расширение MIPS32 DSP ASE это комбинация аппаратной и программной частей, разработанное для улучшения возможностей применения ядра в задачах ЦОС. При разработке DSP ASE разработчики старались как можно больше задействовать существующие цепи ядра для того, чтобы не влиять на площадь кристалла и тактовую частоту.

Ядро microAptiv, как M14K и M4K, имеет два независимых 5-стадийных конвейера: конвейер ядра, который выполняет стандартные команды (загрузка/хранение, вычисления, переходы) и конвейер MDU (Multiply Divide Unit). Оба конвейера работают параллельно и независимо друг от друга. Расширение MIPS32 DSP ASE использует оба конвейера ядра и MDU для выполнения своих инструкций.

В дополнение к операциям целочисленного деления и умножения, конвейер MDU выполняет DSP инструкции с командами умножения и доступом к аккумуляторам (microAptiv имеет до четырех 64-битных аккумуляторов). Кроме того, реализованы передерасации внутри конвейера ядра, а так же между АЛУ и MDU, когда результат предыдущей команды посылается непосредственно к текущей, в обход обновления регистров.



Cycles



Up to 75% fewer cycles

Рис. 11. Сравнение microAptiv (с DSP ASE) и M14K (без DSP ASE). (Чем меньше циклов, тем лучше)

Расширенный набор инструкций добавляет 159 DSP команд, включая 70 команд поддерживающих множественный поток данных (Single Instruction Multiple Data — SIMD) и 38 команд умножения/МАС. Специализированный ЦОС набор включает ряд арифметических инструкций с опциями насыщения и округления, операции сравнения/выборки, загрузки и накопления и команды упаковки/распаковки данных, которые обычно используются в функциях масштабирования. В дополнение к обычно встречающимся операциям, DSP ASE также включает некоторые функции, повышающие производительность. Примером являются функции извлечения произвольных битов, например из входного потока. Другие функции позволяют эффективно обрабатывать комплексные числа. Набор команд также включает в себя новый и эффективный способ для поддержки виртуальных кольцевых буферов.

Инструкции умножения/МАС работают со встроенным массивом умножителей 32×32, который выполняет 32×32, 16×16, две по 16×16, две 16×8 и две 8×8 операции умножения за один такт. Результаты умножения/МАС инструкций могут быть записаны на любом РОН или аккумуляторе.

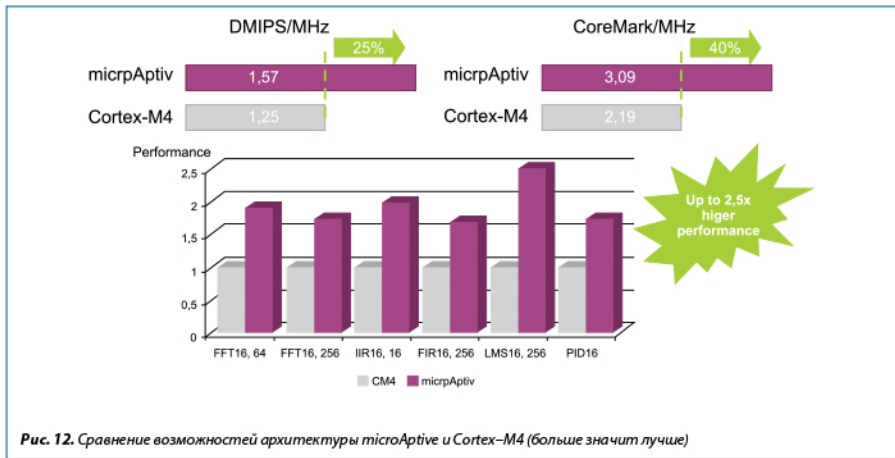
Дополнительный аппаратный модуль ЦОС позволяет существенно повысить быстродействие для приложений, требующих математических вычислений. Так, в сравнении с ядром M14K, большинство DSP-инструкций требуют в два раза меньше времени, а реализация 16-битного КИХ-фильтра ($k = 32$) требует на 75% меньше циклов (рис. 11).

Высокое быстродействие и функционирование ядра микроконтроллера в реальном времени обеспечивается быстрой реакцией на прерывание, одноцикловым доступом к статическому ОЗУ и Flash-памяти. Возможности отладки так же были улучшены с добавлением возможности использования 2-проводного JTAG интерфейса. В дополнение, microAptiv предоставляет повышенный уровень секретности при помощи модуля защиты памяти и новыми защищенными возможностями отладки.

Ядро microAptiv включает контроллер Кэш-памяти и Модуль управления памятью (Memory Management Unit — MMU), что делает его пригодным для использования операционных систем реального времени, требующих управления виртуальной памятью. Ядро microAptiv конфигурируется для поддержки трех систем команд: MIPS32, MIPS32 + microMIPS или только microMIPS. В режиме системы команд microMIPS, ядро microAptiv достигает быстродействия 3,09 CoreMark/МГц и 1,57 DMIPS/МГц.

Ядро microAptiv доступно в двух вариантах:

- microAptiv MCU ядро — микроконтроллерный вариант без кэша с быстродействующим интерфейсом со статической памятью ОЗУ;
- microAptiv MPU ядро — микропроцессорный вариант с контроллером кэш-памяти, контроллером управления памятью с буфером динамической трансляции адресов (TLB MMU), что позволяет запускать операционные системы, которые оперируют виртуальной памятью, например, Linux или Android.



СРАВНЕНИЕ АРХИТЕКТУР MIPS MICROAPTIVE И ARM CORTEX-M4

Наиболее близким конкурентом ядра microAptiv является Cortex-M4. Обе архитектуры microAptiv и Cortex-M4 были разработаны для микроконтроллеров с возможностью выполнения задач ЦОС. Однако microAptiv предлагает более богатый набор микроконтроллерных и ЦОС возможностей. Сравнение основных отличий приведено в табл. 3. Ядро Cortex-M4 основано на Cortex-M3 с добавлением простых функций ЦОС. По тестам производительности ядро microAptiv показывает большую на 25% (DMIPS) и 40% (CoreMark) производительность относительно Cortex-M4 (рис. 12).

При оценке возможностей Цифровой Обработки Сигналов отличия становятся еще более существенными. Расширение DSP ASE ядра microAptiv имеет свой отдельный конвейер, работающий параллельно конвейеру ядра, тогда как в Cortex-M4 существует только один конвейер. Ядро microAptiv имеет до четырех 64-битных аккумуляторов и дополнительные наборы РОН для хранения результатов ЦОС-инструкций, тогда как Cortex-M4 не имеет аккумуляторов и использует общий с АЛУ набор РОН, который к тому же, состоит только из 16 регистров (против 16 наборов из 32 регистров). Ядро microAptiv имеет в два раза больше ЦОС команд, больший набор функций и больше SIMD и MAC-инструкций. И наконец, microAptiv имеет более гибкие операнды сдвига/масштабирования.

Таблица 3.
Сравнение архитектур microAptiv и Cortex-M4

	MIPS microAptiv	ARM Cortex-M4
Особенность		
Длина конвейера	5	3
Версия с Кэшем/MMU	Да	Нет
Система команд	MIPS32 и microMIPS	Thumb2
Число инструкций	300	155
РОН (наборов)	32 (32)	16 (1)
Closely coupled memory support	Да	Нет
Реакция на прерывания	10 циклов	12 циклов
Трассировка команд	Да	Нет
Быстрый канал отладки	Да	Нет
DSP-возможности		
Число DSP-инструкций	159	80
SIMD команд	70	38
Команд умножения/MAC	38	29
Выделенный DSP/MDU	Да	Нет
Аккумулятор	Да (64 бит x4)	Нет
16x8, два 8x8 умножителя/MAC	Да	Нет
Команды сдвига	Да	Нет
Команды Сравнения/Pick	Да	Нет

Компания ARM предоставляет программную библиотеку для Cortex-M4, называемую Cortex Microcontroller

Таблица 4. Основные параметры контроллеров PIC32MX и PIC32MZ

	PIC32MX	PIC32MZ
Ядро	M4K	microActive MPU
Тактовая частота (МГц)/быстродействие (DMIPS)	80 МГц/125 DMIPS	200 МГц/314 DMIPS
Размер памяти Flash/ОЗУ (кбайт)	512 (+12K Boot Flash)/128	2048 (+160K Boot Flash)/512
Кэш	2 кбайт предвыборки команд	Кэш L1 (16 кбайт инструкций и 4 кбайт данных)
РОН (число наборов)	32(2)	32(8)
ЦОС	Нет. Отдельный MDU с поддержкой MAC-команд	Да. Отдельный MDU с поддержкой MAC-команд, DSP и SIMD-команды, четыре 64 бит аккумулятора
Интерфейсы внешней памяти	–	EBI (до 64 Мбайт) и SQI (до 64 Мбайт)
DMA	8 (+ до 8 для высокоскоростной периферии USB, Ethernet и CAN)	8 (+ до 14 для высокоскоростной периферии: USB, Ethernet, SQI и др.)
USB-интерфейс	USB FS Host, Device и OTG	USB HS/FS Host, Device и OTG
Крипто модуль	Нет	Да, поддержка AES, 3DES, SHA, MD5 и HMAC, RND-генератор

Software Interface Standard (CMSIS). Включенный в CMSIS набор ЦОС алгоритмов аналогичен представленным алгоритмам в библиотеке MIPS DSP Library. Отличия в производительности одних и тех же алгоритмов приведены на рис. 12. Результаты были получены для платы ST32FM4 Discovery с использованием отладочной платформы Keil MDK. Результаты для ядра microArtiv были измерены на плате MIPS SEAD-3 с применением компилятора Mentor Sourcery CodeBench gcc. Полученные результаты иллюстрируют существенное превосходство ядра microActive при выполнении наиболее часто применяемых ЦОС алгоритмов. Библиотека MIPS DSP Library содержит функции БПФ (FFT-16, FFT-32), фильтрации (IIR16, FIR, LMS), векторной математики и функции кодирования и декодирования видео H264. Эти алгоритмы были разработаны и оптимизированы с учетом описанных свойств ядра. Критические части кода написаны на ассемблере, другие, менее используемые и не критические подпрограммы, реализованы на Си. Версия DSP библиотеки, оптимизированная под ядро microArtiv, использует DSP ASE по возможности в microMIPS формате.

PIC32MZ С ЯДРОМ MICROACTIVE

Компания Microchip запускает производство новые высокопроизводительные 32-разрядные контроллеры PIC32MZ (табл. 4). Новые контроллеры

PIC32MZ семейства EC (Embedded Connectivity) имеют уникальные параметры, прежде не встречавшиеся в продукции Microchip. Основанные на ядре microArtiv MPU (микروпроцессорный вариант с контроллером кэш-памяти, контроллером управления памятью с буфером динамической трансляции адресов TLB MMU) микропроцессоры имеют до 2 Мбайт Flash-памяти программ, 512 кбайт ОЗУ, тактовую частоту 200 МГц.

ОСОБЕННОСТИ PIC32MZ

Память программ (Flash) контроллеров имеет две панели размером до 1 Мбайт и две области загрузчика (Boot сектор), по 80 кбайт каждый, то есть суммарный размер памяти 2 Мбайт + 160 кбайт. Подобная организация памяти позволяет иметь независимые секции и использовать часть памяти для эмуляции EEPROM или обновлять прошивку контроллера «на лету» без потери управления на время записи flash-памяти. Контроллеры PIC32MZ имеют возможность обнаружения и коррекции ошибок (Error Correction Code, ECC), что увеличивает надежность системы. Специальный регистр конфигурации позволяет указать какая область памяти будет основной, то есть из какой области выполняется программа при старте. Модуль предвыборки команд в PIC32MZ может обнаружить два типа ошибок Flash памяти: ошибку двух бит (ECC Double-bit Error Detected, DED) и одиночную ошибку (ECC Single-bit Error Corrected, SEC). Двой-

ная ошибка DED является критичной и обнаружение такой ошибки приведет к немаскируемому прерыванию. Одиночная ошибка памяти SEC не критична (исправима) и обнаружение такой ошибки может быть выявлено через установку прерывания. При обнаружении ошибки пользовательский код может перезаписать проблемный участок памяти.

Высокоскоростная периферия включает интерфейсы USB HS, Ethernet, шины EBI (Extended Bus Interface) и SQI (Serial Quad Interface). Интерфейс EBI позволяет подключать по параллельному интерфейсу внешнюю память, дисплеи, видекамеры и пр. Адресуемая через EBI внешняя память (до 64 Мбайт) отображается по умолчанию в область в KSEG2 контроллера.

Интерфейс SQI предназначен для подключения последовательной памяти (до 64 Мбайт), которая также отображается в сегменте KSEG2. Интерфейс SQI обеспечивает быстрое обращение к памяти через два выделенных канала DMA, а так же позволяет вы полнять код во внешней памяти.

Модуль поддержки Кристо-функций призван ускорить приложения, использующие криптографические алгоритмы. Модуль обеспечивает поддержку AES, DES/TDES, SHA, MD5, HMAC и др., а также генератор случайных и псевдослучайных чисел с настраиваемым полиномом (до 64 бит).

К **низкоскоростной периферии** относятся интерфейсы CAN, UART, I²S/SPI и I²C.

Контроллеры PIC32MZ имеют семь отдельных периферийных шин. Частота каждой шины настраивается индивидуально, что позволяет наборы периферийных модулей тактировать разной частотой.

Порты ввода вывода в контроллерах PIC32MZ получили возможность переопределения функций (Peripheral Pin Select, PPS), имеют возможность подключения встроенной подтяжки к напряжению питания или земле, часть портов толерантна к напряжению 5 В.

Модуль Аналого-Цифрового преобразователя (АЦП) существенно отличается от АЦП предыдущих контроллеров Microchip. Дифференциальный АЦП обеспечивает разрешение 12 бит при 18 Msps (суммарно) по 6 УВХ (для контроллеров EF серии). Наличие шести УВХ позволяет производить одновременную выборку 6 каналов. Пять каналов АЦП подключаются к фиксированным выводам контроллера, а шестой имеет возможность измерения множества каналов. Все каналы АЦП могут быть включены в автоматизированный список сканирования (scan list). Часть каналов имеют выделенные триггеры на запуск измерения, а часть имеют общий триггер запуска. Модуль АЦП имеет шесть цифровых фильтров передискретизации для увеличения разрядности и шесть цифровых компараторов, для формирования прерываний при попадании сигнала в заданное окно результатов.

Модуль аппаратной поддержки вычисления с плавающей точкой получило семейство контроллеров PIC32MZ EF. Это семейство содержит модуль FPU и модуль сопроцессора CP1, поддерживающие MIPS ISA для вычислений с плавающей точкой. Реализация поддерживает стандарт ANSI/IEEE 754 (IEEE for Binary Floating Point Arithmetic) для вычислений с одиночной или двойной точности. Модуль FPU может быть запрограммирован и иметь тридцать два 32- или 64-битных регистра для использования в вычислениях с плавающей точкой.

Таблица 5. Семейство контроллеров PIC32MZ

Микроконтроллер	Тактовая частота, МГц	Плавающая точка	Размер памяти Flash/ RAM, кбайт	Число выводов	UART/SPI/PC	I ² S/AC97	USB	Крипто	CAN	Ethernet	PPS
PIC32MZ1024ECG	200	Нет	1024/512	64/100/124/144	6/6/5	Да	HS/Host/OTG	—	—	Да	Да
PIC32MZ1024ECH								—	2		
PIC32MZ1024ECM								Да	2		
PIC32MZ2048ECG			—		—						
PIC32MZ2048ECH			—		2						
PIC32MZ2048ECM	—	2									

Таблица 5. Семейство контроллеров PIC32MZ (продолжение)

Микроконтроллер	Тактовая частота, МГц	Плавающая точка	Размер памяти Flash/ RAM, кбайт	Число выводов	UART/SP/I ² C	I ² S/AC97	USB	Крипто	CAN	Ethernet	PPS
PIC32MZ2048EFG	200	Да, Двойной точности	от 1024/512 до 2048/512	64/100/124/144	6/6/5	Да	HS Host/OTG	—	—	Да	Да
PIC32MZ2048EFH								—	2		
PIC32MZ2048EFM								Да	2		
PIC32MZ1024EFE			—		—						
PIC32MZ1024EFF			—		2						
PIC32MZ1024EFK			Да		2						
			от 512/128 до 1024/256		(6/4/5 в 64 выв. корпусах)						

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Компания Microchip предлагает бесплатную среду разработки MPLAB X, поддерживающую все 8-, 16- и 32-битные контроллеры, а также C/C++ компиляторы для PIC32. Текущая версия компилятора основана на GNU Compiler Collection.

Вместе с анонсом PIC32MZ компания Microchip объявила выходе новой системы разработки программного кода для 32-разрядных микроконтроллеров – MPLAB® Harmony. Новый фреймворк включает в себя: программные драйверы, библиотеки и ОСРВ разработанные не только Microchip, но и сторонними компаниями. MPLAB® Harmony предоставляет возможность использовать бесплатные и лицензируемые программные решения. В данный момент Harmony содержит USB, TCP/IP-стеки, графические библиотеки а также программные продукты сторонних производителей: Express Logic, FreeRTOS, InterNiche, WITTENSTEIN High Integrity Systems и wolfSSL. В создании MPLAB Harmony участвовали несколько компаний, благодаря их совместным усилиям сократилось число возможных ошибок при интеграции нескольких решений в одно, что в свою очередь сильно упрощает процесс написания программного кода для микроконтроллеров и позволяет быстрее выпустить товар на рынок.

Архитектура MIPS известна много лет и поддерживается многими производителями средств разработки. Для поддержки сторонних разработчиков MIPS Technologies создала MIPS Alliance Program (MAP). Альянс включает более ста компаний, которые предлагают сотни решений для поддержки MIPS архитектуры: компиляторы, отладчики, интегрированные среды и комплексы разработки (IDE, EDA), операционные системы и прикладные библиотеки.

Некоторые партнеры альянса, которые предоставляют поддержку MIPS-платформы:

- Операционные системы реального времени (RTOS) предоставляют такие компании как Express Logic, Mentor Graphics, Micrium, Segger, Green Hills Software, Wind River, CMX, FreeRTOS, Interniche Technologies, AVIX-RT, Pumpkin, RoweBots.
- Отладчики, эмуляторы и программаторы предлагают Ashling, Lauterbach, Macraigor, Corelis, ElneC.
- Программные средства разработки, включая компиляторы, IDE, EDA/ESL предлагают компании Green Hills, Mentor Graphics, Synopsys, Cadence, Magma, mikroElektronika, RoweBots.
- Модели для симуляции доступны от Carbon и Imperas. Некоторые Open Source и бесплатные проекты:
- OpenOCD (бесплатный и открытый проект, предоставляющий внутрисхемную отладку, программирование и граничное сканирование).
- EJTAGроху утилита для подключения GNU-отладчика к PIC32-микроконтроллерам через JTAG или ICSP-адаптер. Реализует стандартный последовательный протокол GDB для удаленной связи. Может использоваться совместно с Eclipse, DDD, Insight или другими совместимыми отладчиками. Поддерживает: PICkit 2, PICkit 3, Olimex ARM-USB-xxx, Olimex MIPS-USB-xxx, Bus Blaster v2 (JTAG адаптер от Dangerous Prototypes) и Flyswatter (JTAG адаптер от TinCanTools).
- Программатор Pic32prog для программирования flash-памяти контроллеров PIC32. Поддерживаемые программаторы и протоколы: PICkit 2, PICkit 3, Olimex ARM-USB-xxx, Olimex MIPS-USB-xxx, Bus Blaster v2 (JTAG адаптер от Dangerous Prototypes)

и Flyswatter (JTAG адаптор от TinCanTools), AN1388 HID bootloader (Microchip).

- chipKIT – Arduino совместимая OpenSource платформа с бесплатной средой разработки и C++ компилятором.
- TNKernel – Операционная Система Реального Времени.
- Кроссплатформенный фреймворк QP (Quantum Platform) от компании Quantum Leaps – средство разработки приложений для встраиваемых систем в виде конечных автоматов на основе UML-диаграмм состояний.

ИТОГИ

MIPS предоставляет ядра, составляющие серьезную конкуренцию ARM платформам. Новые процессоры PIC32MZ Embedded Connectivity, основанные на процессорном варианте ядра MIPS microAptive, имеют уникальные параметры и могут применяться как в задачах управления, так и в задачах Цифровой Обработки Сигналов. Существенное превосходство в быстродействии по сравнению с процессорами ARM Cortex позволяют выполнять одни и те же задачи быстрее или на более низкой частоте, что позволит уменьшить потребление системы. ■

PIС16F157Х 8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ В МИНИАТЮРНОМ КОРПУСЕ С 16-РАЗРЯДНЫМ ШИМ

Использование ШИМ с высокой разрешающей способностью широко распространено в современных приложениях: светодиодном освещении, блоках управления приводами и импульсных источниках питания. Обычно такие возможности реализованы в микроконтроллерах с большим числом выводов, и большим объемом памяти, но это больше не так. Семейство PIC16F157X микроконтроллеров комбинирует 16-разрядный модуль ШИМ, реализацию обратной связи и коммуникационные возможности в миниатюрном корпусе, позволяя реализовать высокопроизводительные драйвера в недорогих применениях.

Интегрированные 16-разрядные модули ШИМ имеют усовершенствованные возможности, отсутствующие в типичных модулях ШИМ. Они могут быть оптимизированы для точности, эффективности и электромагнитной совместимости, или могут быть сконфигурированы как таймеры общего назначения. После того как модули ШИМ сконфигурированы, они работают абсолютно независимо от ядра, позволяя ядру выполнять другие задачи. Любой из 16-разрядных модулей ШИМ может использоваться с генератором комплементарных сигналов (CWG),

который генерирует пару противофазных сигналов на выводах контроллера с настраиваемыми основными параметрами, такими как «мертвое» время и аварийное выключение.

Встроенные 10-разрядные АЦП, 5-разрядный ЦАП, источник опорного напряжения и компаратор могут быть соединены внутренне, чтобы создать обратную связь с закрытым контуром, не требуя контактов или использования пространства печатной платы.

Независимые от ядра периферийные модули и EUSART (LIN, DMX) позволяют реализовать обратную связь коммуникацию для использования во множестве сегментов рынка. Новые микроконтроллеры сделаны по технологии XLP, которая позволила снизить рабочий ток до 30 мкА/МГц и до 20 нА в режиме сна, что идеально для низко потребляющих приложений. Семейство продуктов доступно в различных корпусах, включая безвыводный корпус 3x3 DFN. Технология PeripheralPinSelect (PPS) позволяет переопределять порты ввода/вывода для увеличенной гибкости, простоты трассировки и использования пространства печатной платы.

МОДУЛИ WI-FI КОМПАНИИ MICROCHIP TECHNOLOGY

Компания Microchip Technology Inc. производит несколько Wi-Fi модулей стандарта 802.11b и 802.11b/g с ультранизким потреблением предназначенных для встраиваемых приложений. Эти сертифицированные Wi-Fi модули позволяют разработчикам быстро добавить связь с интернетом или с локальной сетью в свои изделия. Модули имеют небольшие размеры, большую функциональность и низкое потребление, что делает их отличным выбором для мобильных беспроводных приложений, таких как системы мониторинга, датчики, батарейные устройства.

ВСТРАИВАЕМЫЙ WI-FI®

Компания Microchip предлагает два семейства модулей: серий RNxxx и MRFxxx. Основное отличие модулей заключается в расположении TCP/IP стека по отношению к модулю. Модули RNxxx имеют встроенный процессор с TCP/IP стеком, а для модулей MRF24W нужен стек во внешнем микроконтроллере.

Модули серии RN разработаны компанией Roving Networks (сейчас Roving Networks является частью компании Microchip Technology Inc.) для предо-

ставления разработчикам наипростейшего способа коммуникации в Wi-Fi-сетях. Модули содержат встроенный стек протоколов и для разработчика выглядят как «беспроводной последовательный кабель». Все что нужно пользователю приложения, это использовать UART-интерфейс для связи через Wi-Fi. Модули RN предоставляют быстрый способ коммуникаций для практически любых 8-, 16- и 32-битных микроконтроллеров через Wi-Fi-соединения.

Модули серии MRF требуют наличия большей части стека во внешнем PIC® микроконтроллере который также может содержать пользовательское приложение. Реализация стека во внешнем МК является более сложной задачей для разработчика, но обеспечивает больше возможностей по доступу к стеку и оптимизации стоимости конечного изделия за счет исключения неиспользуемых сервисов TCP/IP-стека. Для поддержки разработок на модулях MRF компания Microchip предоставляет бесплатный стек протоколов TCP/IP в исходных кодах для 16- и 32-разрядных PIC® микроконтроллеров (по запросу Microchip предоставляет универсальный драйвер для работы с другими микроконтроллерными платформами).

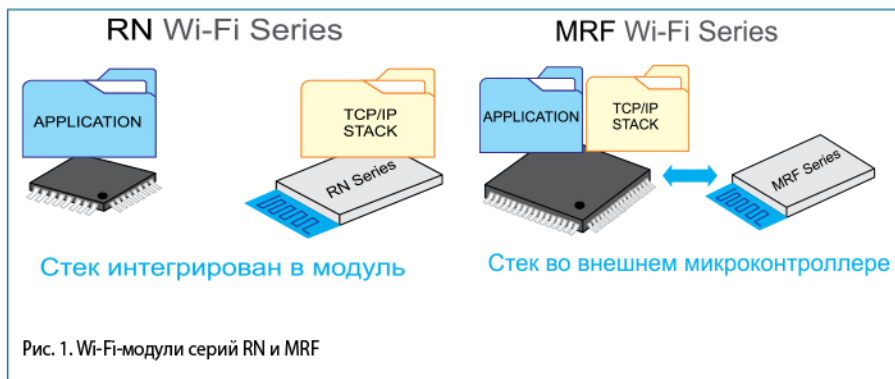
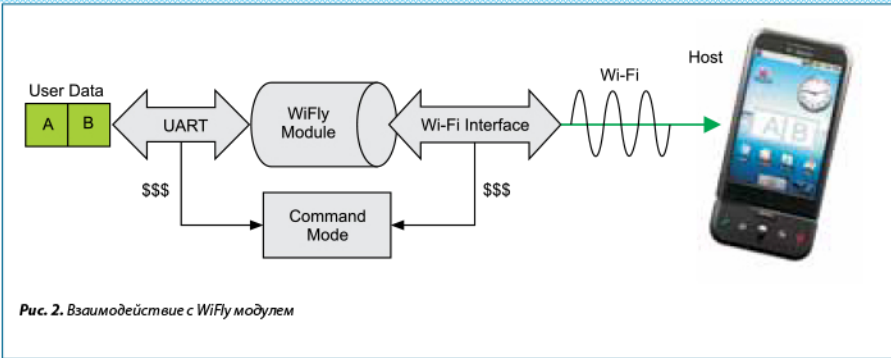


Рис. 1. Wi-Fi-модули серий RN и MRF



WI-FI-МОДУЛИ СЕРИИ RN

Модули серии RNxxx, также известных как WiFly® модули, предоставляют разработчику простой механизм передачи данных через Wi-Fi в виде «коммуникационного туннеля» или «беспроводного последовательного кабеля», освобождая программиста обрамлять передаваемые данные служебной информацией. Для программиста передача данных через WiFly выглядит как работа через обычное последовательное проводное соединение – все данные UART транслируются в Wi-Fi сеть через настроенное соединение. Модули WiFly работают в двух режимах: режим данных (data mode) и режим управления (control mode).

«Режим данных» – это режим приема и передачи данных. Данные принятые UART-модуля будут переданы через Wi-Fi и данные принятые через Wi-Fi будут отосланы в UART.

Специальная последовательность символов (\$\$\$) переводит модуль в «Командный режим», в котором передаваемые данные в UART или принятые через Wi-Fi (если соответствующая возможность разрешена), используются для управления и конфигурации WiFly модуля, например задания имени и пароля Wi-Fi-сети, установка скорости и др.

Модули RN131 соответствуют стандарту 802.11 b/g и представляют собой завершённое встраиваемое решение с ультранизким потреблением. Потребление модуля 35 мА в активном режиме (прием данных) и 4 мкА в режиме энергосбережения, позволяет применить Wi-Fi-решения в батарейных устройствах и создавать новые изделия класса «интернет-вещей». Комбинация низкого потребления и возможности пробуждения, подключения к сети, пере-

дачи данных и возврата в режим экономии энергии за время менее 100 мс, позволяют модулям RN131 работать долгое время от одного комплекта батарей. Модули RN131 доступны в двух вариантах: RN131G с температурным диапазоном -40...+85 °С и RN131C с температурным диапазоном от 0 до +85 °С.

Модуль RN171, как и RN131 это встраиваемый 802.11 b/g Wi-Fi-модуль с ультранизким потреблением. Модуль RN-171 отличается от RN-131 меньшим размером и отсутствием чип-антенны. Модули RN1723 совместимы с RN171 по корпусу и интерфейсам. Отличие модулей RN1723 заключается в меньшей цене, уменьшенном времени включения (больше эффективность по сохранению энергии при батарейном питании) и поддержка протоколов SSL/TLS совместно с внешним микроконтроллером из семейства PIC32. Основные отличия модулей приведены в таблице 1.

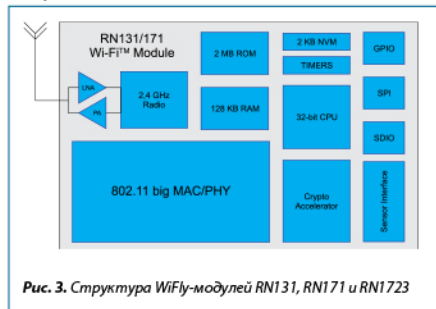


Рис. 3. Структура WiFly-модулей RN131, RN171 и RN1723

Особенности WiFly-модулей:

- Wi-Fi сертифицированные 2,4 ГГц IEEE 802.11 b/g приемопередатчики.
- FCC/ETSI/IC сертификаты.

Таблица 1. Основные различия Wi-Fi модулей RN131 и RN171

	RN171, RN1723	RN131
Размеры, мм	26×18×3,1	37×20×4
Мощность передатчика, дБм	0 ... 12 (программируемая)	18 (фиксированная)
Точный Sleep-таймер	Нет (точность ±10%)	Да (32 кГц)
Доступные GPIO	14, GPIO1 – GPIO14	10, GPIO4 – GPIO13
Каналы АЦП / диапазон, мВ	8/0 - 400	8/0 - 400
Антенна	Внешняя	Чип-антенна и U.FL-разъем
Температурный диапазон, °C	-40 ... +85	RN131G: -40 ... +85 RN131C: 0 ... +85

- Ультранизкое потребление:
 - Интеллектуальное, интегрированное управление питанием с программируемым пробуждением.
 - RN131: 4 мкА в Sleep, 35 мА в приеме (Rx), 210 мА в передаче (Tx) при выходной мощности 18 дБм (мощность передатчика не настраивается).
 - RN171: 4 мкА в Sleep, 35 мА в приеме (Rx), 185 мА в передаче (Tx) при 12 дБм (мощность передатчика настраивается).
- Антенны:
 - RN131: керамическая чип-антенна и U.FL-разъем для подключения внешней антенны.
 - RN171: подключение внешней антенны.
- Аппаратные возможности:
 - Встроенный 32-битный процессор, 8 Мбайт flash-памяти, 128 кбайт ОЗУ, 2 кбайт ПЗУ; 2 кбайт ОЗУ с возможностью сохранения данных от резервной батареи.
 - Цифровые порты ввода/вывода (General-purpose digital I/O – GPIO). RN131: 10 GPIO, RN171: 14 GPIO.
 - 8 аналоговых входов (14 бит, 1,2 В).
 - Часы реального времени (Real-Time Clock – RTC) для вывода и входа в Sleep, для установки временных отметок.
- Поддержка сетевых сервисов:
 - Встроенный TCP/IP-стек
 - Поддержка режимов Access Point (AP), ad hoc, и infrastructure.
 - Поддержка WPS-подключения к сетям.
 - Возможность обновления прошивки по воздуху (через FTP сервер).
 - Аппаратная поддержка WEP, WPA-PSK (TKIP), WPA2-PSK (AES) и Enterprise Security.

- Конфигурирование через UART с применением простых ASCII команд.
- Встроенное web- приложение для беспроводного конфигурирования через Wi-Fi.
- Встроенная поддержка: DHCP client, DNS client, ARP, ICMP ping, FTP client, TELNET, HTTP, UDP и TCP.

Все Wi-Fi-модули от Roving Networks имеют FCC, CE, ICS сертификацию и аппаратную поддержку AES и TKIP (WEP, WPA, WPA2, Enterprise Security).

БЕЗОПАСНОСТЬ

Модули WiFly поддерживают режимы шифрования WEP, WPA1, WPA2 и WPA1/WPA2 Enterprise.

 <p>WEP</p>	<p>Устаревший стандарт. Запрещен к использованию Советом по стандартам безопасности индустрии платежных карт (Payment card industry security standards council, PCI SSC) с 2008 года</p>
 <p>WPAv1</p>	<p>Аналогичен WEP, но использует TKIP (протокол целостности временного ключа). TKIP отвечает за увеличение длины ключа и замену одного статического WEP ключа генерируемыми сервером аутентификации ключами.</p>
 <p>WPAv2</p>	<p>Использует SMPP протокол шифрования с алгоритмом AES. С 2006 года поддержка WPA2 является обязательной для сертификации Wi-Fi устройств. Обеспечивает надежное шифрование данных, хотя имеет некоторые уязвимости</p>
 <p>WPA/WPA2 Enterprise</p>	<p>Обеспечивает защиту данных корпоративного уровня. Обеспечивает надежное шифрование данных. Пока нет информации об успешных атаках на WPA2-Enterprise</p>

Замечания по обеспечению безопасности

Шифрование WEP не обеспечивает безопасность данных: сеть может быть взломана в течение нескольких секунд, поэтому применение WEP равносильно использованию сети в открытом режиме. Microchip рекомендует использовать как минимум WPA аутентификацию из-за её большей безопасности. Протокол TKIP (протокол целостности временного ключа), который используется в WPAv1, также имеет уязвимость (хотя требуется больше времени для нарушения данных или разрыва соединения). Стандартами предусматривается, что точки доступа как минимум используют либо WPA1-PSK с TKIP или WPA2-PSK с AES (CCMP – протокол блочного шифрования с кодом аутентичности сообщения). Режим установления связи Wi-Fi Protected Setup (WPS) использует WPA2-PSK с шифрованием AES.

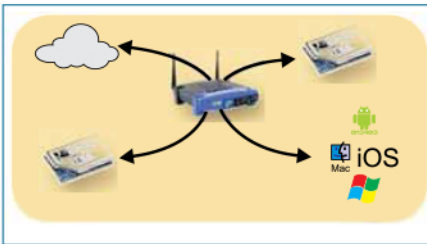
ТИПЫ ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ WI-FI СЕТЕЙ

Модули WiFly RN171, RN1723 и RM131 поддерживают следующие типы WiFi сетей.

Инфраструктура

Wi-Fi узлы общаются через сеть, создаваемую точкой доступа (Access Point)

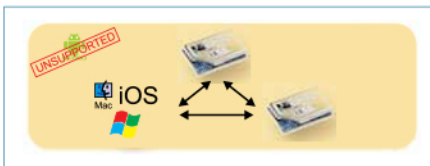
Наиболее распространенный тип соединения.



Adhoc

Соединение типа точка-точка

Каждый модуль соединяется с другим



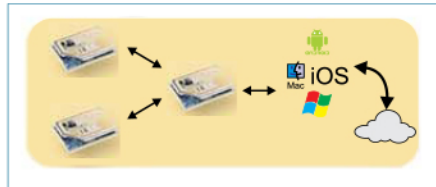
Примечание 1. Модули WiFly с последними прошивками не поддерживают режим AdHoc. Если вам нужна поддержка AdHoc, то нужно загрузить прошивку версии 2.38, которая доступна для скачивания с сайта www.microchip.com

Примечание 2. Android устройства не поддерживают Adhoc.

SoftAP

Модуль работает как Точка Доступа (AP)

AP модуль является центральным координатором сети. Предоставляет базовое управление сетью (DHCP, routing, gateway redirection)



МЕТОДЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ К WI-FI СЕТЯМ

Модули RN поддерживают настройку и установку соединения через WPS, CLI и web-интерфейс.

WPS – Wi-Fi Protected Setup

Установка соединения и настройка с помощью WPS (Wi-Fi Protected Setup) дает возможность настройке сети тем пользователям, кто далек от знаний как конфигурировать сеть и устанавливать защищенное Wi-Fi-соединение. Метод WPS предоставляет способ автоматического конфигурирования новой Wi-Fi-сети, добавление устройства в сеть и установку защищенного соединения.

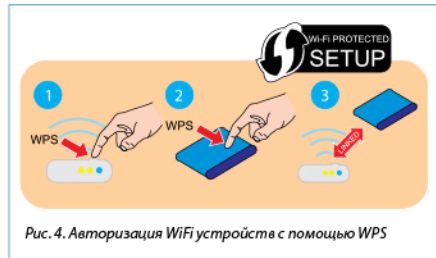


Рис. 4. Авторизация WiFi устройств с помощью WPS

Наиболее распространенный режим подключения WPS это режим запуска по кнопке (Push Button Mode – PBC), в котором пользователь нажимает

кнопку WPS на Wi-Fi-точке доступа и на беспроводном клиенте, например модуле WiFly.

Модули WiFly начиная с версии прошивки 2.28 поддерживает два способа запуска WPS режима:

- Через командный режим с помощью команды `wps` или `run wps`.
- С помощью изменения состояния вывода GPIO9 (лог. «0» -> «1»).

Перед тем как использовать запуск WPS по кнопке (вывод GPIO9), нужно разрешить этот вариант запуска с помощью команд:

```
set sys launch_string wps_app
// Запуск WPS по изменению
// GPIO9 для WiFly 4.xx
```

и/или

```
set system trigger 0x10
// Запуск WPS по изменению GPIO9
```

Когда запущен процесс установки связи с помощью WPS, то модуль «договаривается» с точкой доступа об имени SSID и коде доступа к сети и перезагружается для установления связи с новыми сетевыми настройками.

Необходимо обратить внимание, что если GPIO9 остается в высоком состоянии во время перезагрузки модуля, то модуль запустится в режиме создания своей сети: в режиме точки доступа или ad hoc (в зависимости от версии прошивки). Поэтому, чтобы после перезагрузки подключиться к ассоциированной WPS точке доступа, нужно чтобы до перезагрузки модуля GPIO9 был в низком состоянии. На отладочных платах с модулями RN131 и RN171 есть светодиоды, отображающие состояние модуля. Когда красный светодиод начинает мигать, то это индицирует сканирование точек доступа с инициированным процессом установки связи WPS. В это время необходимо отпустить кнопку, подключенную к GPIO9.

Web Server

Модули WiFly содержат конфигурационный web-сервер, при запуске которого модуль переключается в режим точки доступа (AP), что дает возможность подключиться созданной Wi-Fi-сети и конфигурировать модуль через браузер. В режиме web сервера можно увидеть доступные сети,



Рис. 5. Конфигурирование WiFly модуля через встроенный web-сервер

изменить режим подключения к сети и режимы безопасности.

CLI (Command Line Interface)

Конфигурирование модулей WiFly в командном режиме доступно через UART или SPI-интерфейс и может осуществляться любым микроконтроллером или компьютером.

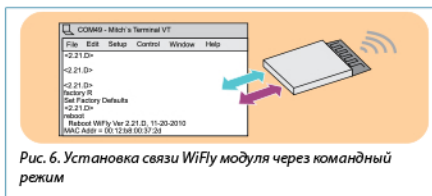


Рис. 6. Установка связи WiFly модуля через командный режим

ВОЗМОЖНОСТИ МОДУЛЕЙ WIFLY

Модули WiFly имеют массу возможностей, рассмотрим некоторые из них.

Режим точки доступа

Помимо возможности подключения к готовой Wi-Fi сети (infrastructure), модули WiFly могут создавать свою сеть и работать в режиме точки доступа (Access Point, AP). Режим точки доступа заменил поддержку Adhoc в версии 2.45 и старше.

Достоинства AP режима:

- Возможность создания защищенной сети (Adhoc поддерживал только открытое соединение), в версии прошивки 4.40 режим точки доступа получил поддержку WPA2-PSK.
- Подключение до 7 клиентов (Adhoc поддерживает только соединения типа «точка-точка»).
- Поддержка подключений iOS, Android и др. устройств (Android не поддерживает Adhoc).
- Поддержка DHCP сервера и выдача IP адресов подключенным клиентам, что намного быстрее чем установка связи в Adhoc.
- Поддержка маршрутизации между клиентами.

Запуск режима точки доступа возможен аппаратно (удержание GPIO9 в высоком состоянии при перезагрузке модуля) и программно с помощью командного режима.

Если модуль запущен в режиме точки доступа, то любое клиентское устройство может быть подключено к созданной сети. При подключении клиента к сети DHCP-сервер модуля WiFly назначает IP-

адрес подключенному клиенту (до 7 подключений).

По умолчанию срок аренды IP-адреса составляет 1 день, то есть 86 400 с, но возможно это время изменить с помощью команды `set dhcp lease <value>`, где `<value>` это время в секундах. С помощью команды `show lease` можно просмотреть список ассоциированных с точкой доступа клиентов.

Режим точки доступа поддерживает монитор подключений (link monitor), который позволяет определить какие клиенты активны и находятся в зоне досягаемости модуля. Монитор подключений имеет таймер, который отсчитывает время от любого пакета, прошедшего от ассоциированных устройств. Если время таймера истекает (время настраивается), то точка доступа деавторизует клиента, тем самым обеспечивается отключение устройств, которые долгое время не посылают данные через Wi-Fi.

Режим точки доступа поддерживает маршрутизацию между клиентами. Любой клиент, подключенный к точке доступа, может передавать UDP и TCP-пакеты любому другому клиенту в сети.

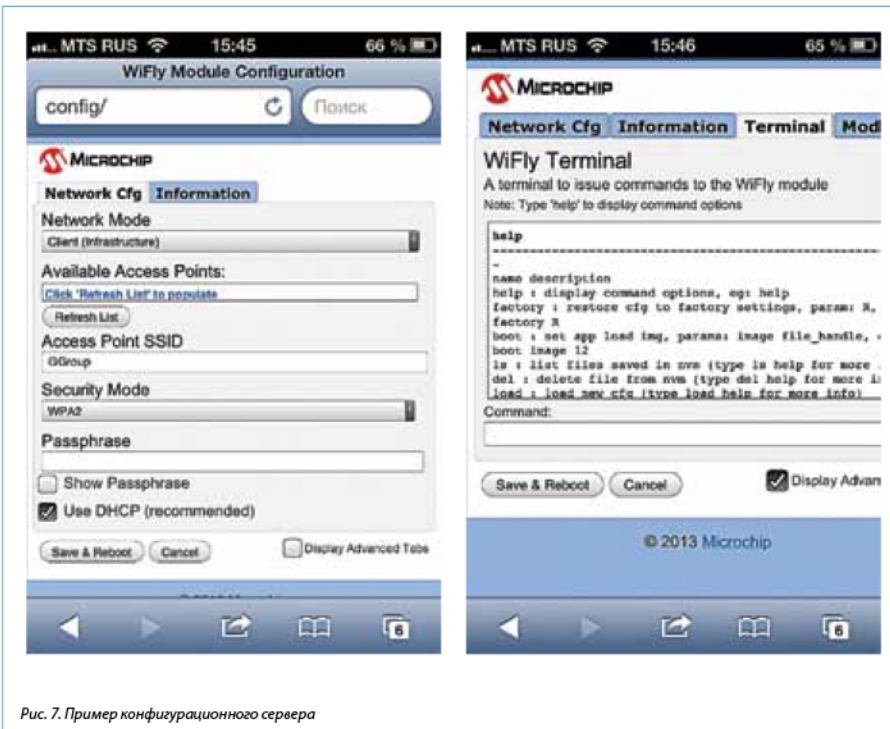


Рис. 7. Пример конфигурационного сервера

Конфигурационный web-сервер

Модули имеют конфигурационный web-сервер, который запускается по команде `run web_app` или по изменению состояния GPIO9 (с лог. «0» в лог. «1»). При запуске встроенного web-сервера модуль переключается в режим точки доступа (AP), что дает возможность подключиться созданной Wi-Fi-сети и конфигурировать модуль через web-браузер (модуль доступен по адресу config).

Через Web-интерфейс можно сканировать доступные сети и ассоциировать модуль с одной из них с заданием типа шифрования и пароля доступа к сети. Выбранные параметры вступают в силу после сохранения и перезагрузки модуля (кнопка Save & Reboot).

Для полной конфигурации модуля доступен WiFly-терминал (WiFly Terminal), с помощью которого можно осуществлять все настройки, также доступные через UART-интерфейс (CLI-интерфейс).

Часы реального времени

Модули WiFly имеют часы реального времени (RTC), которые считают время от включения питания модуля и точное время, когда модули подключены к интернету и синхронизированы с sNTP сервером. При синхронизации с сервером модуль считает время в UNIX-формате представления времени.

Часы RTC обеспечивают функции программируемого управления режимами энергосбережения (вход/выход в Sleep, функции auto-Sleep), возможности установки временных меток.

Модули имеют следующие таймера:

- о **Sleep timer** – это 32-битный таймер, используется для ввода модуля в спящий режим. Управляется командой `set sys sleep <value>`.
- о **Wake timer** – это 22-битный таймер используется для пробуждения модуля. Максимальное устанавливаемое время 1165 часов. Управляется командой `set sys wake <value>`.
- о **Auto-connect timer** – используется для автоматического открытия TCP соединения.
- о **Idle timer** – используется для автоматического закрытия TCP соединения.

Помимо выхода из Sleep по часам реального времени, модуль может быть разбужен поступлением команды по UART или изменением состояния ввода GPIO.

HTML-клиент

Модули WiFly имеют встроенный HTML-клиент, с помощью которого получают или отправляют данные на web сервер, при этом процессы могут быть автоматизированы и не требуют участия внешнего микроконтроллера. К примеру, можно отправлять данные с датчиков (входов АЦП модуля, портов В/В) и/или данные получаемые через UART-интерфейс на удаленный web-сервер. Эта возможность позволяет использовать модули WiFly и добавлять Wi-Fi в такие приложения, как навигационные GPS/ГЛОНАСС системы, удаленные датчики, погодные станции и т.п. При отправке на сервер необходимо передавать данные в ASCII формате. Если данные в UART поступают в бинарном формате, то модуль WiFly может сам преобразовать их в ASCII.

Соединение с FTP-сервером

Модули WiFly позволяют соединиться с ftp-сервером для загрузки обновлений прошивки. Однако можно настроить связь со своим ftp-сервером для считывания файла с сервера или создания и загрузки файла на сервер. При считывания файла с ftp-сервера модуль не сохраняет его в памяти модуля: модуль выступает в качестве транспорта и выдает файл через UART-интерфейс.

```
ftp get <filename> - чтение файла с ftp-сервера
ftp put <filename> - запись файла на ftp-сервер
```

Передача данных через UDP-протокол

Протокол UDP не предполагает установление связи между устройствами и приемник не посылает подтверждение после получения UDP-пакетов. Поэтому протокол UDP не гарантирует правильность данных. Однако этот протокол широко применяется в задачах, где необходима минимальная задержка и допускаются некоторые ошибки в данных, например UDP используется при передаче звука/голоса или видео. Для использования UDP нужно его разрешить с помощью команды `set ip proto 1`. Также необходимо задать адрес удаленного хоста и номера локального и удаленного портов, которые используются для обмена UDP-пакетами.

Так как UDP является протоколом без установления соединения, то данные могут начинать приниматься и передаваться сразу после перезагрузки модуля.

В отличие от TCP-соединения, не нужно посылать команду открытия соединения для установки связи. Модуль выглядит как «коммуникационный туннель»: данные посланные в UART пересылаются через Wi-Fi и данные принятые через Wi-Fi посылаются в UART. В режиме UDP имеется возможность автоматического ассоциирования с удаленным хостом: «UDP auto-pairing». Если такой режим разрешен, то модуль сохраняет в ОЗУ IP-адрес хоста, который первый послал UDP-пакет модулю. Эта возможность позволяет не программировать IP-адрес хоста и обмениваться данными с любым удаленным устройством, обратившимся к WiFly модулю. Адрес такого удаленного устройства храниться в ОЗУ до перехода модуля в спящий режим или выключения питания.

В режиме UDP с включенной опцией «UDP auto-pairing» модули WiFly удобно использовать как преобразователи «Wi-Fi ↔ UART». По умолчанию для UART задана скорость 9600 бод, Пользователю доступно изменение этого значения от 2400 до 921 600 бод. В режиме UDP данные из UART сразу поступают в Wi-Fi, но если необходимо отсылать данные пакетами и для коммуникации используется медленный микроконтроллер или клавиатура, то можно настроить «flush-таймер»: если в течение заданного времени не пришло новых данных, то модуль транслирует ранее накопленное. Для пакетной передачи данных так же можно использовать отправку данных по заполнению буфера (задается размер до 1460 байт) или при приеме конкретного символа (например: признака конца строки).

Другой возможностью модуля является формирование UDP повтора (UDP Retry), что позволяет повысить надежность UDP без добавления громоздкости TCP-протокола. Если UDP-повтор разрешен, то модуль ждет ответ (любую UDP-посылку) на каждый посланный им пакет. Если модуль в течение примерно 250 мс не получает подтверждения, то он отправляет снова предыдущий пакет. Этот процесс повторяется модулем пока он не получит ответ или новый пакет не будет послан и подтвержден.

Широковещательные UDP-пакеты

Модуль WiFly можно настроить в режим автоматической, с заданными интервалами, генерации широковещательных UDP-пакетов (UDP Broadcast). Это полезно для следующих случаев:

- Некоторые точки доступа разрывают связь с неактивными устройствами. Широковещательный UDP-пакет будет автоматически оповещать точку доступа о том, что модуль активен.
- Использование UDP Broadcast пакетов для автоматического нахождения и конфигурирования модуля. В широковещательном пакете передаются такие данные, как IP-адрес и номер порта, которые могут быть использованы для подключения к модулю и для его удаленного конфигурирования.
- Присутствующие в пакете MAC-адреса ассоциированных точек доступа, номер канала и значение RSSI могут использоваться для определения положения модуля в пространстве и реализации функций мониторинга.

Настройка передачи и состав пакета UDP Broadcast осуществляется командами set broadcast. В состав пакета включены данные о MAC адресе точки доступа, номер канала, RSSI, значение времени внутренних часов реального времени (RTC), напряжение батареи/питания, значение GPIO, ASCII время, версия модуля, идентификатор модуля (может задаваться пользователем), время с момента включения, а также можно включить в пакет значения напряжений на аналоговых входах модуля.

Некоторые другие режимы и возможности модулей WiFly

Выход 9 порта GPIO имеет несколько вариантов использования. Удержание GPIO9 в высоком состоянии при загрузке модуля (подаче питания) запускает модуль в режиме точки доступа и создания своей сети.

Начиная с версии прошивки 4.00 изменение состояния GPIO9 с уровня лог. «0» в лог. «1» может запустить конфигурационный web-сервер или запустить режим WPS подключения к сети.

Какое из приложений будет запускаться по изменению состояния GPIO9 определяется конфигурацией модуля. Пример выбора запуска приложения:

```
set sys launch_string web_app
// Запуск web сервера
// (режим по умолчанию)
set sys launch_string wps_app
// Запуск WPS приложения
```

Вывод GPIO9 так же может использоваться как обычный порт общего назначения.

Команда `set wlan rate <value>` устанавливает скорость передачи данных через Wi-Fi. От 1 до 54 Mbps. Чем меньше скорость, тем больше возможная дальность связи.

Команда `set wlan tx <value>` устанавливает выходную мощность передатчика от 1 до 12 дБм.

Команда `show io` возвращает состояние портов GPIO. `show q <value>` – возвращает значение напряжения на аналоговом входе, номер которого определяется значением `<value>`. Разрядность АЦП 14 бит, диапазон измеряемого напряжения от 0 до 400мВ.

`show q 0x1 <mask>` аналогично предыдущей команде, но возвращает значения по нескольким каналам АЦП.

Полный список команд и примеры их применения можно найти в руководстве пользователя [1].

ОБНОВЛЕНИЕ ПРОШИВКИ

WiFly 2 → WiFly 4

Обновление прошивки производится «по воздуху» с FTP-сервера Microchip. Для обновления прошивки необходимо, чтобы модуль WiFly имел



Рис. 8. Окно утилиты «Microchip MIF Wizard»

доступ в интернет. Пример команд для обновления прошивки:

```
set wlan ssid XXX // XXX = SSID of access point
set wlan pass XXX // XXX = Passphrase of access point
set wlan join 1 // auto join feature is enabled
save // сохранение изменений
reboot
ftp update wifly7-400.img
ftp update wifly7-400.mif
reboot
$$$
factory R
reboot
```



Рис. 9. Изменение конфигурационного сервера

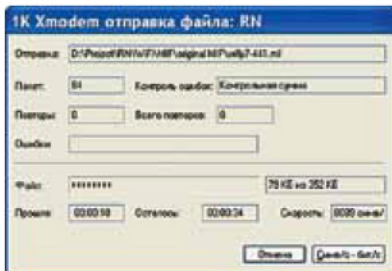
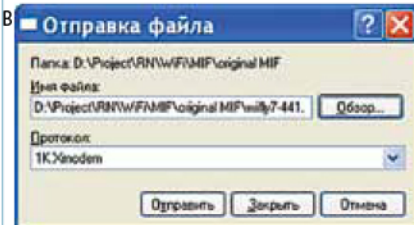
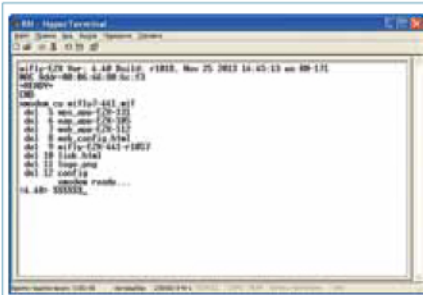


Рис. 10. Обновление прошивки через XMODEM 1K протокол

конец 2013 года вышло обновление прошивки до версии 4.40, которое дает следующие дополнительные функции: возможность дальнейших обновлений прошивки через UART (протокол XMODEM 1K); добавлен режим безопасности WPA2-PSK при работе модуля как программной точки доступа (soft AP); обновлен конфигурационный сервер.

С обновлением версии прошивки модуля 4.40 появилась возможность изменять страницу конфигурации модуля для придания своего стиля изделиям на базе модулей WiFly: поменять логотип и стиль, изменить возможности конфигурации, добавить страницу помощи и описания и т.п. Для этого Microchip предоставляет утилиту RN Wi-Fi MIF

Generator Tool (рис. 8). Сформированный утилитой файл .mif (Multiple Image Format) можно «залить» в модуль через UART или собственный FTP-сервер. Исходные html-файлы конфигурационного сервера также можно скачать с сайта компании (архив wify.zip).

Обновление прошивки через протокол XMODEM 1K

Рассмотрим пример обновления прошивки модуля WiFly с помощью терминальной программы.

1. Подключить модуль к ПК и открыть терминальную программу.
2. Для увеличения скорости обновления рекомендуется увеличить скорость UART модуля WiFly:

```
set uart baud 230400 //set baud rate to 230400
set uart flow 1 //enable UART flow control
save
reboot
```

3. Изменить скорость в терминальной программе и разрешить аппаратное управление потоком.
4. Подать команду на включение режима обновления прошивки через протокол XMODEM 1K:

```
xmodem <option> <filename>,
```

где <option> это u – загрузить прошивку и сделать загрузочным образ <filename> (имя прошивки с расширением .img или .mif), c – очистить файловую систему модуля перед загрузкой новой прошивки. Также будут удалены все файлы из файловой системы, включая пользовательские конфигурационные файлы, за исключением текущего загрузочного образа и заводской прошивки (сектор # 2).

Пример команды обновления:

```
xmodem cu wifly7-441.mif
```

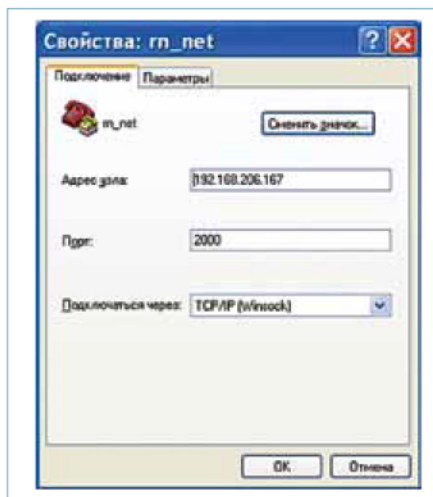
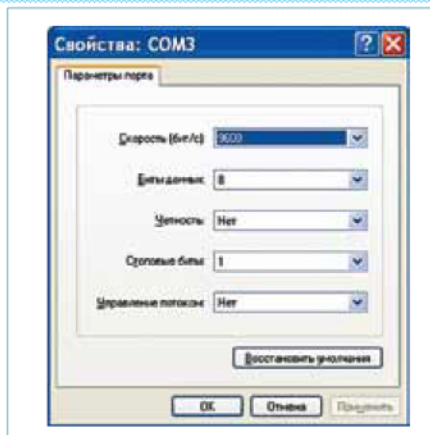
Примечание.

Пользовательские конфигурационные файлы можно предварительно скачать и сохранить через конфигурационный web-сервер.

ПРИМЕРЫ КОНФИГУРАЦИИ МОДУЛЕЙ

Быстрый старт

Есть несколько способов использования модулей WiFly, наиболее близкий к встраиваемым системам



пример соединения это использование CLI интерфейса, который может легко смоделирован с помощью терминала и telnet клиента.

Терминальное приложение показывает трафик через последовательный порт, а telnet сессия показывает трафик через Wi-Fi.

Несколько простых шагов для установки соединения:
1) Подключаем WiFly-модуль к компьютеру через последовательный порт (преобразователь UART в RS-232 или UART в USB).

2) Конфигурируем WiFly модуль в режим точки доступа (AP):

```
$$$ // вход в командный режим
set wlan join 7 // режим AP (точки доступа)
set wlan ssid my_net // задаем имя сети
set ip addr 192.168.206.167 // адрес модуля
set ip dhcp 4 // включение DHCP сервера
```

3) Подключаем компьютер к созданной модулем WiFly-сети.

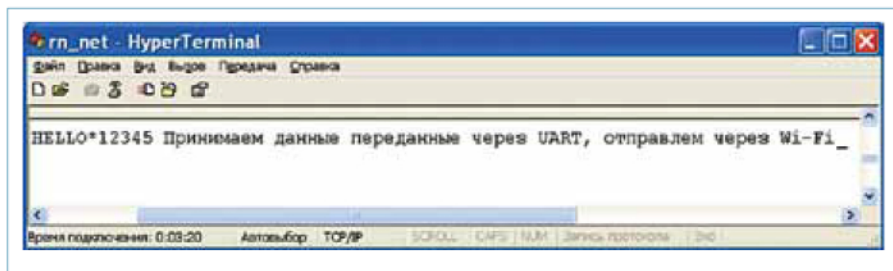
4) Открываем telnet соединение с модулем WiFly (используем порт 2000).

5) Передаем данные из терминала в telnet и обратно. При подключении к модулю в telnet сессии появится сообщение *HELLO*, а в терминальной - *OPEN*. Теперь все вводимые символы в терминале (UART) будут отображаться в telnet (Wi-Fi) и наоборот.

Подключение к существующей сети

Для подключения к сети нужно задать имя сети и ключ доступа. Пример последовательности команд:

```
show net // просмотр доступных сетей
set wlan ssid XXX // XXX = SSID имя точки доступа
set wlan pass XXX // XXX = пароль к сети
set wlan join 1 // включение автоматического подключения к сети
save // сохранение конфигурации
reboot // перезагрузка модуля
```



Использование часов RTC

Для примера рассмотрим случай, когда нужно сконфигурировать модуль в следующий режим: просыпаться каждые 2 минуты, подключаться к сети и быть доступным для установки TCP-соединения в течение 30 с.

```
set wlan ssid my_net // имя сети
set wlan passphrase pass // пароль к сети
set sys sleep 30 // заснуть после 30 с активности
set sys wake 90 // проснуться через 90с
save // сохранить настройки
reboot // перезагрузка
```

Модуль может считать текущее время и осуществлять синхронизацию часов с sNTP сервером. По умолчанию для модуля WiFly задан временной пояс 7 (Zone = 7, Тихоокеанское время в США). Пример конфигурации часов

```
set time zone 20 // установка часового пояса
Москва
set time enable 10 // синхронизировать время
каждые 10 минут
// 0 – синхронизация выключена
// 1 – синхронизация при включении
// N – синхронизация каждые N минут
time // синхронизировать время с sNTP
```

тогда команда **show time** (или **show time t** для выдачи полных данных) даст ответ в виде:

```
<4.41> show time t
Time=13:58:33
UpTime=12590 s
RTC=1391162402
```

```
Restarts=1
Wake=1
RAW=2975ba116bf8
```

Управление портами В/В

Модули WiFly имеют порты ввода/вывода, которыми можно управлять через UART или Wi-Fi. На отладочной плате к выводам GPIO подключены светодиоды, которые отображают состояние модуля, но могут управляться внешними командами. Несколько простых действий для управления состоянием GPIO:

- 1) Войти в командный режим (\$\$\$).
- 2) С помощью команды **set** с параметром **sys** выбрать необходимый порт GPIO

```
set sys iofunc <mask>.
```

Значение 0x00 маски обозначает, что все GPIO управляются модулем WiFly, тогда как нам нужно установить значения GPIO независимо от программы модуля WiFly (альтернативная функция GPIO). Например, нужно управлять GPIO4. В [1] в соответствии с таблицей TABLE 3-11: GPIO PIN ALTERNATE FUNCTION BITMASK нужно установить маску на 0-й бит, тогда команда будет иметь вид:

```
set sys iofunc 0x01.
```

- 3) Далее изменить состояние порта GPIO4. Это можно сделать с помощью команды

```
set sys output <mask1> <mask2>.
```

Данная команда устанавливает вывод GPIO в высокое или низкое состояние. Маска **mask1** это номер бита (см. TABLE 3-10: GPIO PIN USAGE,



Рис. 12. Отладочные платы RN-131-EK, RN-171-EK и RN-1723-EK

DEFAULT STATE & FUNCTIONALITY в [1]). Опциональный параметр mask2 устанавливает диапазон GPIO. Для установки GPIO4 в высокое состояние команда

```
set sys output 0x10.
```

В итоге, для перевода GPIO4 в пользовательский режим и установки его в высокое состояние нужно выполнить команды:

```
set sys iofunc 0x01 // GPIO4  
в пользовательское управление  
set sys output 0x10 //  
выставить лог «1» в GPIO4.
```

СРЕДСТВА ОТЛАДКИ И ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Для поддержки разработчиков Microchip предлагает несколько отладочных плат с модулями RN131, RN171 и RN1723.

Отладочные комплекты RN-131-EK, RN171-EK и RN1723-EK имеют распаянный модуль, кнопку сброса и конфигурируемую кнопку на GPIO9 (запуск режима точки доступа, WPS или конфигурационного web-сервера), светодиоды для отображения режима работы, преобразователь интерфейсов USB-UART, стабилизатор питания. Все аналоговые и цифровые порты В/В выведе-

ны на контактные площадки. Отладочный комплект RN-171-EK имеет PCB антенну и батарейный отсек под две батарейки AAA.

ИТОГИ

Модули WiFly компании Roving Networks, принадлежащей Microchip, идеально подходят для задач преобразования последовательного интерфейса связи в Wi-Fi и обратно. Модули могут работать под управлением внешнего микроконтроллера, но так же отлично справляются с рядом простых функций, которые может выполнять в автономном режиме. Благодаря низкому потреблению тока, часам реального времени, возможностью управления выходной мощностью и скоростью передачи данных можно гибко управлять потреблением энергии и применять Wi-Fi в батарейных устройствах. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. WiFly Command Reference, Advanced Features & Applications User's Guide. www.microchip.com
2. Wi-Fi® Protected Setup (WPS). Application Note. www.microchip.com
3. Webscan Application Note www.microchip.com
4. FTP Client mode. Application Note. www.microchip.com
5. Wi-Fi® Data Logger. Application Note. www.microchip.com

МІСРОСНІР РАСШИРИЛ ЛИНЕЙКУ НЕДОРОГИХ СЕМЕЙСТВ PIC32MX1/2 МК С БОЛЬШИМИ ОБЪЕМАМИ FLASH И RAM

Особенности:

- Новинки прекрасно подходят для цифровых аудио приложений с поддержкой Bluetooth® и USB audio, а также недорогих графических и сенсорных устройств.
- Сочетание богатой периферии и низкой цены.
- Увеличенные Flash и ОЗУ память позволяют разработчикам реализовывать большой функционал.
- Микроконтроллеры семейства PIC32MX1/2 поддерживаются новым фреймворком

от Microchip – MPLAB® Harmony, бесплатной средой разработки MPLAB и недорогими плагинами.

Компания Microchip анонсировала о расширении семейств PIC32MX1/2 микроконтроллерами с конфигурацией памяти: 256 кбайт Flash и 64 кбайт ОЗУ. Новые PIC32 поддерживаются инструментами Microchip для разработки цифровых аудио приложений с поддержкой Bluetooth®, USB audio, а также устройств общего назначения.

МОДУЛИ RN2483 СЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА LoRAWAN

В конце 2014 г. компания Microchip Technology Inc. анонсировала, а в первой половине 2015 г. запустила в серийное производство модули RN2483, поддерживающие функции конечного устройства класса А для сетей LoRaWAN.

В течение многих лет потенциал «интернета вещей», который заключается в сборе и анализе данных с пользовательских устройств, не был раскрыт из-за таких ограничений как относительно малый срок действия элементов питания, короткие расстояния передачи информации по радиоканалу, высокая стоимость и отсутствие подходящих стандартов.

Основанный на технологии LoRa, сетевой протокол LoRaWAN (LongRange-wide-area networks) позволяет преодолеть эти сложности. Используя новые спецификации и протокол для энергоэффективных WAN-сетей, которые используют не лицензируемый радиочастотный диапазон, технология может соединять сенсоры, расположенные на большом расстоянии друг от друга, при этом предлагая оптимальный срок жизни аккумулятора и не требуя больших инфраструктурных затрат. Все это позволяет обеспечить мобильность, безопасность, двунаправленность, локализацию и позиционирование, а также снижение стоимости.

С целью поддержки технологии LoRaWAN такие крупные компании как IBM, Cisco и другие объявили о создании LoRaAlliance (<http://www.lora-alliance.org>) — организации, которая занимается поддержкой, развитием и стандартизацией технологии LoRaWAN. При этом IBM, чтобы попытаться стимулировать использование LoRa клиентами устройств, создала протокол на языке Си, распространяемый под лицензией с открытым исходным кодом.

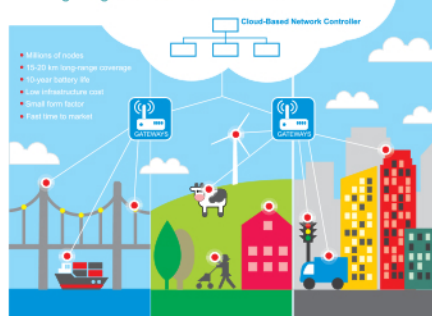
Сенсоры LoRaWAN могут передавать информацию на дистанции более 80 км в загородной среде, 15 км — в небольших городах и более 2 км — в плотно застроенных городах, обеспечивая скорость обмена данными от 300 бит/с до 100 кбит/с. Сенсоры идеально подходят для передачи небольших объ-

емов информации, к примеру, данных с приборов учета ресурсов (газ, вода, тепло, электроэнергия), GPS-координат и метеоданных (с чем плохо справляется широкополосная связь). Более того, сенсоры требуют мало энергии; многие из них могут бесперебойно функционировать вплоть до 10 лет, питаясь от одного элемента питания типоразмера AA. Поддержка алгоритма шифрования AES с 128-битным ключом обеспечивают конфиденциальность, защиту от изменения и достоверность данных.

ТЕХНОЛОГИЯ LORA

LoRa (LongRange) — это низкоскоростной протокол передачи данных на большие расстояния. Протокол LoRa может использоваться в различных приложениях: контроль и учет энергоресурсов, передача данных от систем умный город, умный дом, промышленных, сельскохозяйственных и экологических датчиков в распределенным интернет-сетям.

LoRa™ End-Node Solution For Long Range and Low Power IoT Networks.



Технология LoRa™ использует модуляцию основанную на технике расширения спектра (spread spectrum modulation), при которой данные кодируются импульсами с широкополосной линейной частотной модуляцией (chirp spread spectrum, CSS) с прямой коррекцией ошибок (forward error correction, FEC) в субгигагерцовом диапазоне частот. Технологи-

гия LoRa существенно улучшает чувствительность приема, как и другие варианты модуляции с расширением спектра использует всю полосу пропускания канала для передачи сигнала, что делает его устойчивым к шумам в канале и нечувствительным к частотным сдвигам, вызванных использованием дешевых кварцевых резонаторов. Технология LoRa позволяет демодулировать сигналы на уровне 19,5 дБ ниже уровня шумов, тогда как большинство систем с частотной манипуляцией (frequency shift keying, FSK) могут корректно работать с сигналами на уровне не ниже 8–10 дБ выше уровня шумов. Модуляция LoRa определяет физический уровень (physical layer, PHY), который может использоваться в сетях с различной архитектурой — Mesh-сети, Звезда, точка-точка и др.

Благодаря своей высокой чувствительности технология LoRa идеально подходит к устройствам с требованиями низкого потребления энергии и высокой устойчивости связи на больших расстояниях.

- Технология LoRa позволяет демодулировать сигналы на уровне ~20 дБ ниже уровня шумов, что в сочетании с возможностью исправления ошибок значительно улучшает устойчивость протокола.
- Технология LoRa имеет высокую чувствительность 148 дБм, что обеспечивает связь на больших расстояниях.

ПРОТОКОЛ LORAWAN™

Модуляция LoRa определяет физический уровень передачи данных, в то время как LoRaWAN это MAC-протокол для высокочастотных сетей с большим радиусом действия и низким потреблением, который LoRa-альянс стандартизировал для малопотребляющих глобальных сетей (Low Power Wide Area Networks, LPWAN). LoRaWAN организована как сеть типа звезда и включает различные классы узлов для оптимизации компромисса между скоростью доставки информации и сроком работы при батарейном питании.

Протокол обеспечивает двустороннюю связь с шифрованием. Архитектура протокола разрабатывалась, в том числе и для того, чтобы легко найти мобильные объекты для отслеживания передвижений — наиболее быстрорастущим направлением приложений «интернета вещей» (Internet of Things, IoT).

LoRaWAN разрабатывается с возможностью применения в общенациональных сетях крупных операторов связи и LoRa-альянс стандартизирует LoRaWAN с учетом совместимости и взаимодействия с глобальными операторами связи.

АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ LORAWAN

Сеть LoRaWAN состоит из нескольких элементов:

- **Конечный узел (Endpoints).** Конечный узел это элемент сети, где находятся датчики или осуществляется управления. Они, как правило, расположены удаленно.
- **Шлюз LoRa (gateway, concentrator).** Шлюз (в другой терминологии базовая станция или концентратор) принимает по радиоканалу данные от конечных устройств и транслирует их в транзитную систему, в качестве которой может выступать Ethernet, сотовая связь или другие телекоммуникационные каналы связи. Шлюзы соединяются с сетевым сервером с использованием стандартных IP-соединений. На этом пути передачи данных используются стандартные протоколы и шлюз может быть подключен к любой телекоммуникационной сети. Если проводить аналогию с сотовыми сетями, то LoRa-шлюз аналогичен по функциям с базовыми станциями сотовых сетей и даже может располагаться вместе с ними. В этом случае LoRaWAN может дополнять сотовую связь и расширять возможности сети. Шлюз LoRaWAN разработаны для работы в сетевой топологии типа звезда и содержат многоканальные приемопередатчики, которые могут обрабатывать сигналы в нескольких каналах одновременно и даже демодулировать несколько сигналов в одном канале. Шлюзы используют другие радиочастотные компоненты нежели чем конечные узлы для обеспечения большей мощности формируют прозрачный мост ретрансляции сообщений между конечными устройствами и центральным сервером сети. Шлюзы соединены с сетевым сервером через стандартное IP-соединение. В основном все соединения с конечными узлами имеют двунаправленность, но также поддерживается массовая рассылка (multicast) сообщений, обновление программ по воздуху и другие массово-распространяемые сообщения для уменьшения времени доставки сообщений. Предполагается возможность реали-

зации различных версий шлюзов в зависимости от желаемой емкости и мест установки (помещение или вышки).

- **Сервер (Server).** Сетевой сервер LoRa управляет сетью. Сетевой сервер реализует функции устранения дублирования пакетов, управления расписанием, подтверждения и адаптирует скорость передачи данных.
- **Удаленный компьютер (Remotecomputer).** Удаленный компьютер может контролировать действия конечных узлов или собирать данные из них – сеть LoRaWAN практически прозрачна.

Таким образом, сеть LoRaWAN имеет топологию звезда из звезд, имеет конечные узлы, которые через шлюзы, образующих прозрачные мосты для ретрансляции сообщений, общаются с центральным сервером сети.

Связь между конечными устройствами шлюзами осуществляется на различных частотных каналах и скоростях. Выбор скорости передачи данных это компромисс с междуальностью связи и длительностью сообщения. Благодаря использованию технологии с расширением спектра, передаваемые данные от различных конечных узлов с различными скоростями не мешают друг другу и создают набор «виртуальных» каналов и увеличивают пропускную способность шлюза.

Скорости передачи данных в сетях LoRaWAN лежат в пределах от 0,3 до 50 кбод. Чтобы максимизировать срок службы источника питания для конечного устройства и общую пропускную способность сети, сервер LoRaWAN управляет скоростью передачи данных выходной мощностью радиопередатчика для каждого оконечного устройства в отдельности, то есть реализуется адаптивная скорость передачи данных (adaptivedatarate, ADR).

Глобальные сети передачи данных должны обеспечивать конфиденциальность персональных данных и иной информации. В сетях LoRaWAN это решается с помощью нескольких слоев шифрования и используются:

- Уникальный ключ сети (UniqueNetworkkey, EU164) – обеспечивает безопасность на сетевом уровне.
- Уникальный ключ приложений (Unique-Applicationkey, EU164) обеспечивает сквозную безопасность на уровне приложений.

- Ключ устройства (Device specific key, EU128).

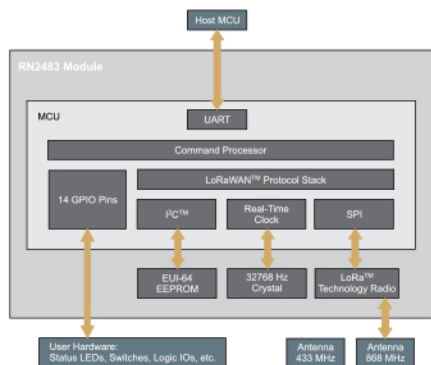
В рамках сети LoRaWAN могут существовать несколько классов конечных устройств для решения различных задач и использования в широком диапазоне применений:

- Двухнаправленные конечные устройства «класса А» (Bi-directionalend-devices, Class A). Конечные устройства класса А (End-devices of Class A) позволяют организовать двухнаправленную. Причем связь инициирует конечное устройство, после чего выделяется два временных окна, в течение которых ожидается ответ от сервера. Интервал передачи планируется конечным устройством на основе собственных потребностей в связи с небольшими случайными временными флуктуациями (протокол типа ALOHA). Конечные устройства класса А имеют наименьшую мощность потребления и применяются в приложениях, где требуется передача данных от сервера только после того, как конечное устройство отсылает данные на сервер. Передача данных от сервера конечному узлу возможна только после того как конечное устройство выйдет на связь.
- Двухнаправленные конечные устройства «класса Б» (Bi-directionalend-devices, Class B). Конечные устройства класса Б (end-devices Class B): в дополнение к функциям устройств класса А, устройства класса Б открывают дополнительное окно приема по расписанию. Для того чтобы открыть окно приема, конечные устройства синхронизируются по специальному сигналу от шлюза (по маякам, Beacon). Это позволяет серверу знать время, когда конечное устройство готово принимать данные.
- Двухнаправленные конечные устройства «класса С» с максимальным приемным окном (Bi-directionalend-devices, Class C). Конечные устройства класса С имеют почти непрерывно открытое окно приема. Приемное окно закрывается только на время передачи данных. Этот тип конечных устройств подходит для задач, когда необходимо получать большие объемы данных.

МОДУЛЬ RN2483 КОМПАНИИ MICROCHIP

Модули RN2483 содержат LoRaприемопередатчик и микроконтроллер со стеком, реализующим конеч-

ное устройство «класса А» сети LoRaWAN. Модули имеют компактный размер и содержат все необходимое для реализации конечных устройств — остается подключить антенны (модуль поддерживает два частотных диапазона 433 и 868 МГц) и внешний управляющий микроконтроллер по интерфейсу UART.



Работа с RN2483 сводится к активации модуля (регистрации в сети) и дальнейшей передачи или приема данных через UART-модуля.

Регистрация в сети производится на основании уникального номера модуля, ключа сети и ключа приложения. Регистрация может осуществляться по радиоканалу (Over-the-Air-Activation, OTAA) или на этапе производства и настройки оконечного устройства (ActivationByPersonalization, ABP).

Командный интерфейс модулей RN2483 состоит из 3 наборов команд: это MAC-команды (конфигурирование протокола LoRaWAN), радиокоманды (команды прямого управления трансивером) и системные команды (обновление прошивки модуля, управление и контролирование портами ввода/вывода).

Компания Microchip предлагает 2 варианта отладочных средств:

- **RN-2483-PICtail** — отладочная плата с интерфейсом PICtail для подключения к другим отладочным платам Microchip. Поддерживает частотные диапазоны 433 и 868 МГц.



- **DM164138** — демонстрационная плата RN2483 LoRaMote. Содержит LoRa-модуль; микроконтроллер с USB-интерфейсом для возможности управления с помощью ПК; OLED-дисплей; датчик освещенности, температуры; кнопки. Дисплей позволяет отображать данные со стороны сервера, а датчики и кнопки могут использоваться для формирования данных, передаваемых в сеть.

ИТОГИ

Телекоммуникационные операторы видят множество областей применения для сетей LPWAN, например:

торговые аппараты могут посылать автоматический сигнал поставщикам, когда товары распроданы или оборудование нуждается в ремонте; городские администрации могут предлагать решения для экономии электроэнергии, а также приложения, которые помогут водителям найти свободные парковочные места; любители животных могут изучать миграцию представителей фауны, а владельцы домашних животных — отслеживать место нахождения своих питомцев; логистические компании могут отслеживать движение грузовиков, кораблей и поездов, перевозящих контейнеры.

LoRaWAN предназначена для создания беспроводной недорогой системы, которая имеет значительные преимущества перед сотовыми и Wi-Fi-сетями, но, с другой стороны, с успехом может их дополнить. Технология поддерживает батарейные и мобильные устройства с дальностью действия до 50 км и большие площади могут быть покрыты относительно небольшим количеством базовых станций. ■

ДА БУДЕТ СВЕТ!

В апреле 2014 года компания Microchip официально объявила о покупке компании Supertex. Основанная в 1976 году Supertex Inc. успешно занимается разработкой высококачественных комплементарных металло-оксидных полупроводников (CMOS) и металло-оксидных полупроводников с двойной диффузией (DMOS). 20 лет назад Supertex стала пионером в изготовлении совмещенных высоковольтных структур HVCMOS® с низковольтными CMOS и DMOS-структурами полупроводников, и на сегодняшний день уверенно занимает лидирующие позиции в этом направлении.

Наибольшую популярность Supertex Inc. получила за свои разработки высоковольтных линейных и импульсных драйверов с широким диапазоном входных напряжений – от 8 до 450 В, которые нашли широкое применение в различных областях светодиодного освещения. Первым настоящим хитом на рынке LED освещения от Supertex стала выпущенная в 2004 году микросхема HV9910. Благодаря простоте схемотехники и доступной цене, она моментально нашла применение, как в офисных, так и промышленных светильниках, и в особенности в светильниках для ЖКХ. В HV9910 используется управление ключевым понижающим преобразователем по пиковому току дросселя, что позволяет создавать на ее основе неизолированные источники тока для светодиодных линеек с выходным током более 1 А. Начиная с 2008 года, было сделано несколько незначительных модернизаций HV9910: HV9910B, HV9910C, не отличающихся по параметрам и способам применения от своей предшественницы. Продолжая совершенствовать схемотехнику драйвера, в 2009 году Supertex выпустил микросхему с совершенно другим принципом работы –

HV9961. HV9910 и HV9961 полностью совместимы по выводам, но в HV9961 используется управление ключевым понижающим преобразователем по среднему току дросселя, что в значительной степени сокращает разброс уровня стабилизации тока светодиодов (примерно с 20-25 до 3-5%). Такой разброс при управлении током дросселя по пиковому значению обусловлен разницей между пиковым и средним значением тока – $\Delta I_{L(ERR)}$ (см. рис.2), которая возникает вследствие того что микросхема управляет пиковым током дросселя $I_{L(PK)}$, в то время как необходимо управлять средним значением тока $I_{L(AVG)}$. Разницу между этими двумя токами можно выразить формулой:

$$\frac{\Delta I_L}{2} = \frac{V_o t_{off}}{2L}$$

где V_o – напряжение на светодиодах; t_{off} – время нахождения вывода GATE в выключенном состоянии; L – величина индуктивности дросселя.

Еще одной причиной возникновения ошибки является время задержки распространения сигнала в компараторе Δt_{cs} . Из-за этой задержки реальный пиковый ток $I_{L(PK)}$ превышает пороговое опорное значение сигнала компаратора $I_{L(CS)}$. Таким образом, полная ошибка усредненного тока равна:

$$\Delta I_{L(ERR)}(ERR) = \frac{V_o t_{off} - 2V_{in} \Delta t_{cs}}{2L}$$

где V_{in} – входное напряжение; V_o – выходное напряжение; t_{off} – время пребывания вывода GATE в выключенном состоянии; Δt_{cs} – время задержки распространения сигнала в компараторе.

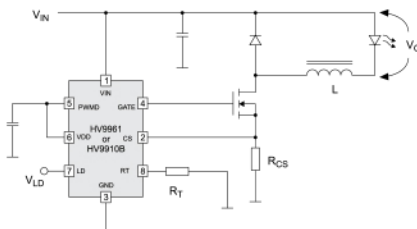


Рис. 1. Типовая схема включения интегральных схем HV9910 и HV9961

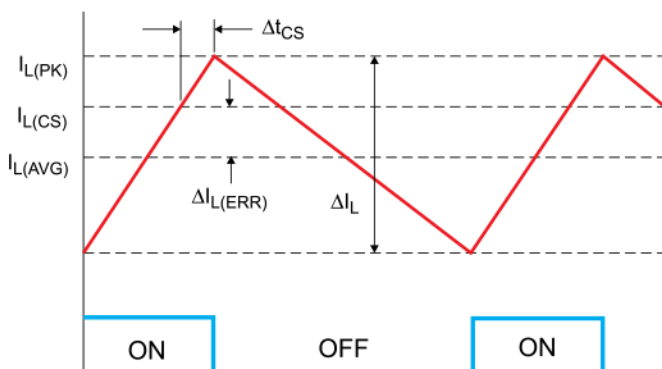


Рис. 2. Управление ключевым понижающим преобразователем по пиковому току дросселя

Помимо этого в микросхеме HV9961 по сравнению с HV9910 расширены функции диммирования и добавлена функция защиты от короткого замыкания по выходу.

Конечно, если инженеры удовлетворены работой HV9910, то переходить на HV9961 особых причин у них нет, но не стоит забывать, что качество сигнала влияет и на продолжительность жизни светодиодов, и яркость получаемого освещения, а, следовательно, и на количество необходимых светодиодов. Поработав над HV9961, инженерам из Supertex удалось сделать ее удешевленный вариант HV9861A. HV9861A совместимая по выводам замена для HV9961, доступная по более привлекательной цене. Единственное отличие новой версии от предыдущей состоит в минимальном значении входного напряжения: 12 В для HV9861A и 8 В для HV9961.

Полный список понижающих драйверов с коммутацией на землю приведен в табл. 1.

BOOST/SEPIC LED-драйверы позволяют достичь очень высокой стабилизации тока светодиодов. Интересной особенностью этих драйверов является широкий диапазон частоты диммирующего сигнала (свыше 20 кГц) (табл. 2).

DC/DC LED-драйверы приведены в табл. 3.

DC/DC LED-драйверы с автомобильной квалификацией (табл. 4).

Еще одно интересное направление разработок Supertex – драйвер последовательной линейки светодиодов. Это односхемное решение для управления последовательностью светодиодов напрямую от сети. При этом микросхема позволяет сократить число внешних компонентов: не требует электромагнитных элементов или электролитических конденсаторов, не создает помех, превышающих

Таблица 1.

Наименование	Пороговое опорное напряжение, мВ	Выходное напряжение, мВ	Тип управления	Режим	Входное напряжение, В	Тип корпуса
HV9910B	250±10%	$V_{LD} \pm 12$	По пиковому току	Fixed Freq/Fixed toff	8~450	S08/S016
HV9910C	250±10%	$V_{LD} \pm 12$	По пиковому току	Fixed Freq/Fixed toff	15~450	S08/S016
HV9961	275±3%	0,182~0,188 $V_{LD} +0/-10$	По среднему току	Fixed toff	8~450	S08/S016
HV9861A	270±3%	0,175~0,182 $V_{LD} \pm 10$	По среднему току	Fixed toff	15~450	S08/S016
HV9803	Нет	0,49 $V_{LD} \pm 6$	По среднему току	Fixed toff	8~16	S08
HV9803B	Нет	0,495 $V_{LD} \pm 6$	По среднему току	Fixed toff	8~16	S08

Таблица 2.

Наименование	Кол-во каналов	Входное напряжение Uвх, В	Основные особенности	Корпус
HV9911	1	9~250	защелкивание при размыкании выходной цепи или КЗ	SO16
HV9912	1	9~90	перезапуск при размыкании выходной цепи или КЗ	SO16
HV9964	1	8~40	широкий диапазон частоты диммирования	SO16
			защелкивание при размыкании выходной цепи	
HV9982	3	10~40	трехканальный LED-драйвер	QFN-40
			перезапуск при размыкании выходной цепи или КЗ	
HV9985	3	10~40	трехканальный LED-драйвер оптимизированный для работы с MOSFETом логического уровня	QFN-40
HV9986	3	10~40	Независимая защита по КЗ и разомкнутому цепи для каждого канала	QFN-40

Таблица 3.

Наименование	Uвх, В	Топология	Принцип работы	Основные особенности	Корпус
HV9918	4,5~40	Buck	Гистерезис	<ul style="list-style-type: none"> • встроенный ключ на 40 В, 1 Ом • встроенный конвертор аналогового сигнала в ШИМ 	DFN8
HV9919B	4,5~40	Buck	Гистерезис	<ul style="list-style-type: none"> • встроенный драйвер затвора полевого транзистора с током истока 0,5 и током стока 1 А • встроенный конвертор аналогового сигнала в ШИМ 	DFN8
HV9919B	4,5~40	Buck	Гистерезис	<ul style="list-style-type: none"> • встроенный драйвер затвора полевого транзистора с током истока 0,5 и током стока 1 А • встроенный конвертор аналогового сигнала в ШИМ 	DFN8
HV9930	8~200	Boost-Buck (Cuk)	Гистерезис	<ul style="list-style-type: none"> • Задаваемое ограничение входного тока • Превосходное подавление шумов переходного напряжения 	SO8
HV9967B	8~60	Buck	Гистерезис	<ul style="list-style-type: none"> • Встроенный МОП транзистор, 60 В, 0,8 Ом • Защита от КЗ и перегрева 	MSP08 / DFN8

требования ЭМС и позволяет достигнуть значения коэффициента мощности свыше 0,95.

Зачастую, при создании устройства, работающего от сети, инженеров возникает желание применить простое и изящное решение для подачи питания на микроконтроллер, светодиоды, датчики и пр., без лишнего нагревания. Supertex не оставил это желание без внимания и предлагает как высоковольтные линейные регуляторы напряжения, так и бездрозсельные off-line регуляторы. Первые представляют из себя компактное решение, заключенное

в миниатюрном корпусе с 2/3 выводами, преобразующее широкий диапазон входных напряжений (от 90 до 450 В) и/или токов до фиксированного значения или настраиваемого пользователем напряжения или тока. Off-line-регулятор преобразует входной сигнал от сети в последовательность импульсов фиксированных или подстраиваемых пользователем периода и амплитуды. При этом они не требуют гальванической развязки и имеют встроенный конденсатор. В основном подобные микросхемы применяются в LED-освещении, бытовой технике,

Таблица 4.

Наименование	Uвх, в	Топология	Принцип работы	Основные особенности	Корпус
AT9917	5,3~40	Boost / SEPIC	Замкнутый контур Фикс. частоты	Программируемая компенсация температурного отклонения низкое энергопотребление в спящем режиме	TSSOP24
AT9919B	4,5~40	Buck	Гистерезис	Встроенный драйвер затвора полевого транзистора с током истока 0,5 и током стока 1 А встроенный конвертер аналогового сигнала в ШИМ	DFN8
AT9932	5,3~40	Boost-Buck (Cuk)	Замкнутый контур Фикс. частоты	Превосходное подавление шумов переходного напряжения программируемая термокомпенсация	TSSOP24
AT9933	8~75	Boost-Buck (Cuk)	Гистерезис	Программируемый порог входного тока превосходное подавление шумов переходного напряжения	SO8

Таблица 5.

Наименование	Vвх, В	Vвых, В	Выходной ток, мА, пиковый	Количество ступеней	Диммирование	Возможность параллельного включения	Корпус
CL8800	90-275	70-350	115	6	Внешнее	Да	QFN-33
CL8801	90-275	70-350	200	4	Внешнее	Да	QFN-33

Таблица 6.

Наименование	Vвх, В	Подстраиваемый диапазон Vвых, В	Фиксированное Vвых, В	Iвых, мА	Регулировка нагрузки, %/мА	Корпус
SR086	80-285	9-50	3,3	100	0,025	8-Lead SOIC w/Heat Slug
SR087	80-285	9-50	5	100	0,017	8-Lead SOIC w/ Heat Slug
SR10	80-285	6-28	6, 12, 24	60	-	8-Lead SOIC

Таблица 7.

Наименование	+Vвх Min, В	+Vвх Max, В	Выходное напряжение	Iвых Max, мА	Линейное регулирование Тур, %/V	Регулирование нагрузки Тур, %/мА	Корпус
LR8	12	450	1,2-440	10	0,003	0,15	TO-252, TO-92, SOT-89
LR12	12	100	1,2-88	50	0,003	0,06	TO-252, 8-Lead SOIC, TO-92
LR645	15	450	10	3	0,0001	0,5	TO-220, 8-Lead SOIC, TO-92, SOT-89
LR745	25	450	20	2	0,0001	0,5	TO-92, SOT-89

Таблица 8.

Наименование	Vв, В	Vвых, В	Iвых, мА	Диммирование	Возможность параллельного включения	Корпус	Особенность
CL2	5–90	5–90	20	Внешнее	Да	TO-252 TO-92 SOT-89	—
CL25	5–90	5–0	25	Внешнее FET	Да	TO-92 SOT-89	—
CL220	5–220	5–220	20	Внешнее FET	Да	TO-252 TO-220	—
CL320	6,5–90	4–0	20	ШИМ	Да	SOIC-8 w/Heat Slug	OTP and Separate Enable Pin
CL325	6,5–90	4–0	25	ШИМ	Да	SOIC-8 w/Heat Slug	OTP and Separate Enable Pin
CL330	6,5–90	4–90	30	ШИМ	Да	SOIC-8 w/Heat Slug	OTP and Separate Enable Pin
CL520	4,75–90	1–90	20	-	Да	TO-252 TO-92-3	—
CL525	4,75–90	1–0	25	-	Да	TO-252 TO-92-3	—
CL6	6,5–90	4–90	100	Нет	Да	TO-252 TO-220	Reverse Polarity Protection and OTP
CL7	6,5–90	4–90	100	ШИМ	Да	SOIC-8 w/Heat Slug	Reverse Polarity Protection and OTP

измерительных приборах, пусковых схемах и т. п. Рассмотрим эту линейку более подробно.

Линейные регуляторы напряжения приведены в табл. 6

В табл. 7 приведены линейные регуляторы тока. Бездукторные off-line-регуляторы см. в табл. 8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день компания Supertex Inc. является лидером в производстве совмещенных высоковольтных HVCMOS® структур с низковольтными CMOS и DMOS структурами полупроводников. Портфолио компании включает множество интересных

решений для построения источников питания, работающих в диапазоне от 8 до 450 В. Продукция компании Supertex по сравнению с конкурентами обладает рядом преимуществ: требует меньше внешних компонентов, отличается высокой стабильностью сигнала и невысокой ценой.

Более подробно с продукцией Supertex можно ознакомиться на сайтах www.microchip.com, где Вы можете найти документацию, примеры применения, описания отладочных плат. За технической поддержкой или бесплатными образцами Вы можете обратиться к официальному дистрибьютору компании Microchip в России и СНГ, компании Гамма—Санкт-Петербург. ■

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ТРАНСИВЕРЫ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕО И ИНТЕРНЕТ ТРАФИКА ПО КОАКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Компания Microchip представляет новые решения для передачи цифровых данных по коаксиальной линии – микросхемы серии EQCO. Изначально эта продукция была разработана компанией EqscoLogic. Недавно Microchip приобрела эту компанию и в настоящее время изделия EqscoLogic выпускаются под маркой Microchip.

Эти устройства позволяют использовать уже существующий кабель для передачи видео, а также реализовать соединение по различным интерфейсам, таким как Ethernet, LVDS, FireWire. При этом исключаются дополнительные затраты на покупку кабеля и работу по его монтажу.

Функционально микросхемы EQCO представляют собой аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи. Цифровой сигнал преобразовывается в аналоговый для передачи его по коаксиальной линии, а затем преобразовывается обратно в цифровой формат для последующей обработки на приемной стороне.

При прохождении сигнала через кабель, его высокочастотные составляющие затухают больше, чем низкочастотные, в результате чего принятые данные могут оказаться искаженными. В продукции серии EQCO применяется лучшая на сегодняшний день технология выравнивания спектра — **Multi-Rate adaptive equalization**, позволяющая восстановить сигнал на приемной стороне, обеспечив тем самым корректный прием данных.

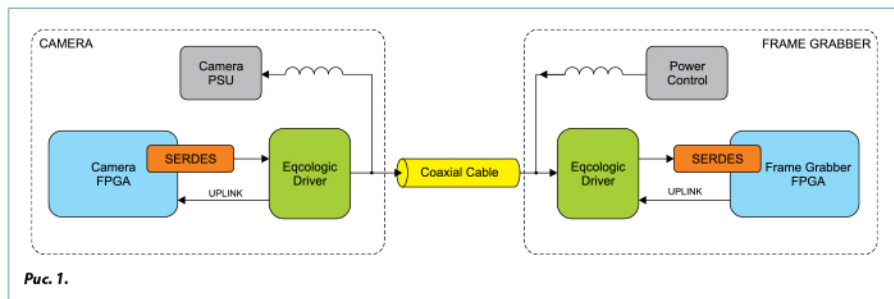
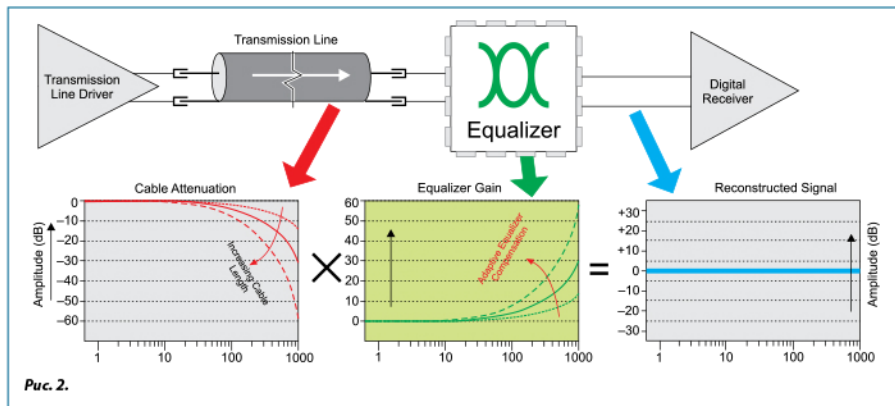


Рис. 1.

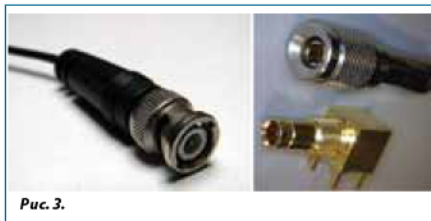


Области применения:

- Передача видео по протоколу CoaXPress.
- Передача IP-видео по коаксиальной линии.
- Передача SDI-видео (включая SD-SDI, HD-SDI и 3G-SDI).
- Firewire.
- Fast Ethernet/Gigabit Ethernet.
- Протокол LVDS.

ПЕРЕДАЧА HD-ВИДЕО ПО ПРОТОКОЛУ COAXPRESS (CXP)

CoaxPress – это промышленный стандарт, определяющий передачи HD-видео с цифровой камеры по коаксиальной линии. Физической средой для передачи данных служит коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом. Скорость передачи зависит от длины кабеля и от качества его изготовления. Ниже приведены сравнительные таблицы, в которых отражены зависимости для кабелей трех популярных производителей –



Belden, Герсо и Canare. Например, при использовании кабеля производства Belden марки 7731A длиной менее 58 м, возможно, достичь предельного значения скорости, которое составляет 6,25 Гбит/с.

Стандартом CoaXPress установлены типы коннекторов для подключения устройств к линии. Стандартные разъемы – это 75 Ом BNC, DIN 1.0/2.3, внешний вид которых приведен на рис. 3.

Стандарт CoaxPress применяется в промышленных приложениях, медицине, а также в системах видеонаблюдения.

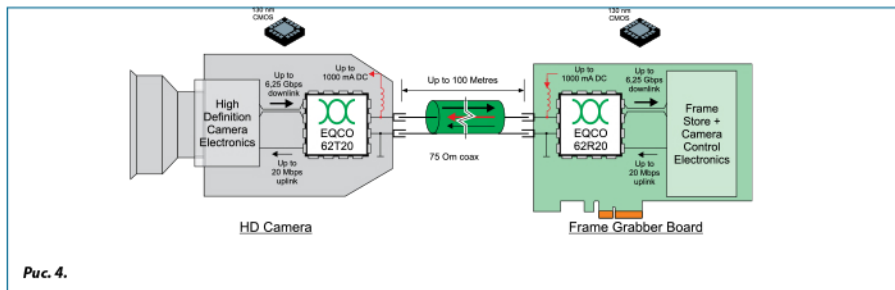


Таблица 1.

BELDEN	Name Type	Belden 7731A Long Distance	Belden 1694A Industry Standart	Belden 1505A Compromis Coax	Belden 1505F Flexible	Belden 1855A Thinnest cable
Diameter	mm	10.3	6.99	5.94	6.15	4.03
1.25 Gbps	m	194	130	107	80	55
2.5 Gbps	m	162	110	94	66	55
3.125 Gbps	m	147	100	86	60	55
5 Gbps	m	87	60	52	35	38
6.25 Gbps	m	58	40	35	23	25

Таблица 2.

GEPCO	Name Type	Gepco VHD1100 Long Distance	Gepco VSD2001 Industry Standart	Gepco VPM2000 Compromis Coax	Gepco VHD2000M Flexible	Gepco VDM230 Thinnest cable
Diameter	mm	10.3	6.91	6.15	6.15	4.16
1.25 Gbps	m	212	140	109	81	66
2.5 Gbps	m	185	120	94	67	66
3.125 Gbps	m	169	110	86	61	62
5 Gbps	m	102	66	53	36	38
6.25 Gbps	m	68	44	35	24	25

Таблица 3.

CANARE	Name Type	Canare L-7CFB Long Distance	Canare L-5CFB Industry Standart	Canare L-4CFB Compromis Coax	Canare L-3CFB Flexible	Canare L-2.5CFB Thinnest cable
Diameter	mm	10.2	7.7	6.1	5.5	4
1.25 Gbps	m	165	118	94	72	43
2.5 Gbps	m	135	98	79	66	43
3.125 Gbps	m	122	88	71	60	43
5 Gbps	m	71	52	42	36	30
6.25 Gbps	m	46	34	28	24	20

Для реализации передачи видео через коаксиальный кабель с использованием стандарта CoaxPress применяются две микросхемы: EQCO62T20 (передатчик) и EQCO62R20 (приемник). Структурная схема системы передачи видео изображена на рис. 4. Сочетание этих двух устройств позволяет создать полнодуплексное соединение по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом. При этом

возможно передавать одновременно по одному кабелю следующие сигналы:

- Изображения с цифровой камеры. Скорость передачи видео при этом составляет до 6,25 Гбит/с.
- Сигнал управления камерой. Скорость передачи данных при этом составляет до 21 Мбит/с
- Напряжение питания. Ток потребления нагрузки при этом должен быть менее 900 мА.

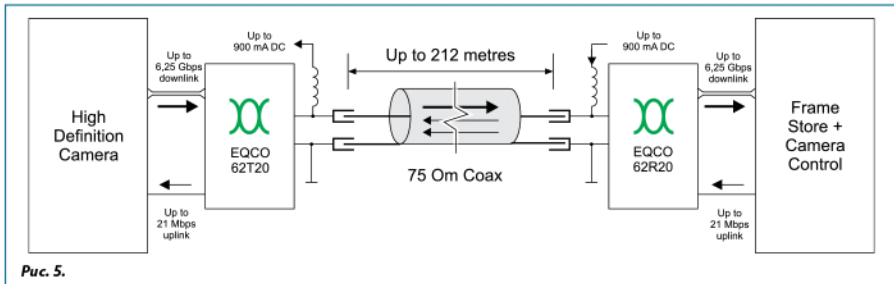


Рис. 5.

Таблица 4.

Наименование	Описание	Области применения	Поддерживаемые протоколы	Нисходящий трафик, Гбит/с	Восходящий трафик, Мбит/с
EQCO62T20 EQCO62R20	Передатчик Приемник	Системы видеонаблюдения	CoaXPress (CXP), LVDS, Differential & 8b/10b Signaling	До 6,25	21
EQCO31T20 EQCO31R20	Передатчик Приемник	Системы видеонаблюдения	CoaXPress (CXP), LVDS, Differential & 8b/10b Signaling	До 3,125	21

Микросхемы обладают низким энергопотреблением. Напряжение питания каждой их микросхем EQCO62T20 и EQCO62R20 составляет 1,2 В. При этом потребляемая мощность равна 70 мВт.

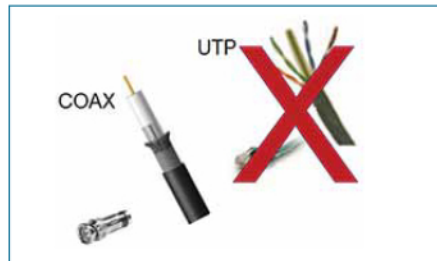
Для менее скоростных приложений существуют микросхемы EQCO31T20 и EQCO31R20, аналогичные соответственно микросхемам EQCO62T20 и EQCO62R20. Максимальная скорость передачи по коаксиальной линии для них составляет 3,125 Гбит/с. Скорость трафика для управления камерой остается неизменной – до 21 Мбит/с.

Компания Microchip выпустила также платы, на которых смонтированы микросхемы EQCO с обвязкой и разъемом для подключения кабеля.

EVB-DBSUB1584 – плата, на которой смонтирована микросхема передатчика.

EVB-DBSUB1586 – плата, на которой смонтирована микросхема приемника.

ПЕРЕДАЧА IP-ВИДЕО И ETHERNET-ТРАФИКА ПО КООКСИАЛЬНОЙ ЛИНИИ



В настоящее время аналоговые камеры видеонаблюдения интенсивно вытесняются IP-камерами, которые подключаются к устройству сбора данных через кабель UTP (медная витая пара). Таким образом, при замене аналоговых видеокамер возникает необходимость прокладки нового кабеля, что влечет за собой дополнительные расходы, складывающиеся из стоимости самого кабеля и монтажных работ. Недавно на рынке появилось решение от компании Microchip – специальные микросхемы, позволяющие использовать для передачи цифровых данных уже проложенный ранее коаксиальный кабель.

Все Ethernet-трансиверы, использующие коаксиальную линию, сведены в таблицу 5.

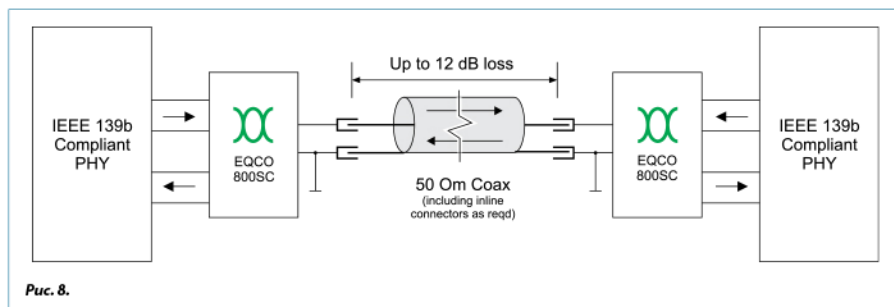


Рис. 6.



Таблица 5.

Наименование	Описание	Области применения	Поддерживаемые протоколы	Нисходящий трафик	Восходящий трафик
EQCO875SC	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Fast Ethernet	100 Мбит/с	100 Мбит/с
EQCO875SC-HS	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Gigabit Ethernet IEEE 1394 (FireWire) Optical	1,2 Гбит/с	1,2 Гбит/с
EQCO850SC	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Fast Ethernet	100 Мбит/с	100 Мбит/с
EQCO850SC-HS	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Gigabit IEEE 1394 (FireWire) Optical	1,2 Гбит/с	1,2 Гбит/с
EQCO1R6 EQCO1T6	Приемник и передатчик для обмена данными по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель на расстояние до 470 м	Fast Ethernet	100 Мбит/с	6 Мбит/с



EQCO8755C используется при длине кабеля менее 250 м, а EQCO1T6 и EQCO1R6 – при длине кабеля свыше 470 м.

Помимо этого, все микросхемы серии EQCO позволяют одновременно передавать данные и питающее напряжение по одному кабелю.

Помимо передачи изображения данные трансиверы применяются для передачи любого Ethernet-трафика. Например, можно организовать FireWire соединение через проложенную коаксиальную линию. Функциональная схема такого решения приведена на рис. 8.

Основные преимущества такого подхода:

- Экономическая выгода – используется уже проложенный кабель.
- Коаксиальная линия позволяет передавать данные на большие расстояния, чем витая пара, максимальная длина сегмента которой ограничена 100 м.
- Возможность подачи питающего напряжения по коаксиальному кабелю одновременно с передаваемыми данными.

ПЕРЕДАЧА ВИДЕО ПО ПРОТОКОЛУ SDI ЧЕРЕЗ КОАКСИАЛЬНЫЙ КАБЕЛЬ

SDI (Serial Digital Interface) — стандартизованный последовательный цифровой видеоинтерфейс.

Существует несколько стандартов SDI:

- SD-SDI — для передачи цифрового видео вещательного качества стандартного разрешения.
- ED-SDI (Enhanced Definition Serial Digital Interface) — для передачи цифрового видео улучшенного качества с прогрессивной развёрткой.

- HD-SDI (High-Definition Serial Digital Interface) — SDI для телевидения высокой чёткости (ТВЧ) предусматривает поток данных 1485 Мбит/с.
- DualLink HD-SDI — для ТВЧ с прогрессивной развёрткой, позволяет передавать до 2970 Мбит/с посредством двух физических соединений HD-SDI.
- 3G-SDI — для передачи ТВЧ с прогрессивной развёрткой потоком до 2970 Мбит/с посредством одного коаксиального кабеля.

Эти стандарты используются для передачи несжатых и некодированных цифровых видеосигналов (могут также иметь вложенные аудиопотоки и/или таймкод) в профессиональном телевизионном оборудовании.

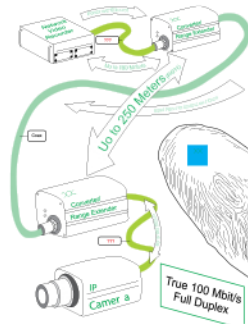


Рис. 9.

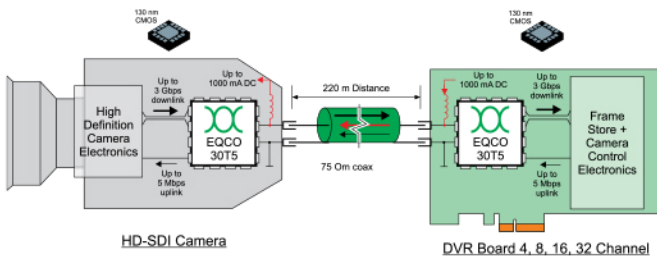


Рис. 10.

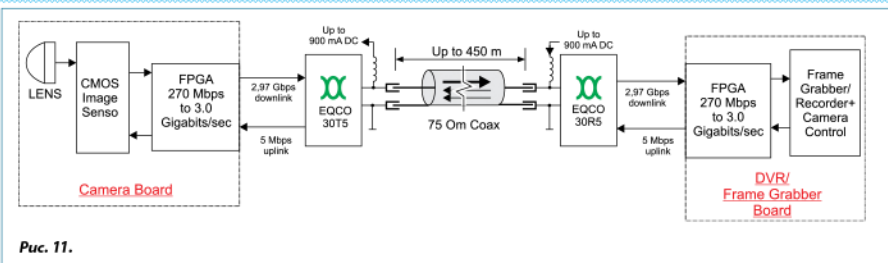


Таблица 6.

Range using Belden 1694A (including 5 Mbps uplink and power supply transmission)	
270 Mbps	450 m
1,5 Gbps	200 m
3 Gbps	140 m

Таблица 7.

Наименование	Описание	Области применения	Поддерживаемые протоколы	Нисходящий трафик	Восходящий трафик
EQCO30R5 EQCO30T5	HD-SDI приемник и передатчик	Камеры видеонаблюдения, DVR	SDI, SMPTE	до 3 Гбит/с	5 Мбит/с

довании. Поскольку изображение передается в несжатом виде, то его качество чрезвычайно высоко. Скорость передачи по стандарту SDI зависит от длины кабеля и достигает 3 Гбит/с. Передача потока данных со скоростью 270 Мбит/с возможно на расстоянии до 300 м по коаксиальному кабелю. Для HD-потоков расстояние не превышает 100 м. Для передачи видео от камеры используются специальная микросхема передатчика - EQCO30T5. Управление камерой осуществляется по протоколу RS-485 одновременно с передачей данных (в дуплексном режиме). Для передачи управляющих сигналов по коаксиальному кабелю используется микросхема приемника - EQCO30R5. Сказанное иллюстрирует рис. 10.

Кроме того, использование такого решения позволяет одновременно с передаваемыми в обе стороны данными, подавать также питающее напряжение по одному коаксиальному кабелю. Ток потребления нагрузки при этом должен быть менее 1000 мА. Особенности решения, представленного на рис. 10 и 11:

- Передача изображения, сигналов управления камерой и питающего напряжения по одному кабелю



- Возможность управления камерой по протоколу RS-485. Скорость передачи при этом — до 5 Мбит/с
- Скорость передачи видео до 3 Гбит/с

В таблице 6 приведены несколько значений скоростей в зависимости от длины кабеля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продукция компании Microchip серии EQCO открывает широкие возможности для простой замены аналоговых камер видеонаблюдения на цифровые, а также установки нового сетевого оборудования с подключением его к уже проложенному коаксиальному кабелю. Благодаря использованию уже существующей линии, отсутствует потребность в приобретении нового кабеля и его последующего монтажа.

На базе микросхем EQCO можно создавать переходники с Ethernet, FireWire, LVDS, SDI на коаксиал и обратно.

Данное решение особенно хорошо подходит для задач видеонаблюдения для передачи цифрового HD-видео по коаксиальному кабелю с последующим преобразованием его в цифровой формат на приемной стороне. Благодаря технологии Multi-Rateadaptiveequalization качество сигнала после прохождения по линии практически не ухудшается.

В таблице 8 приведена полная линейка продукции серии EQCO. Устройства выполнены в компактных 16-контактных QFN-корпусах с размерами 4×4 мм.

Таблица 8.

Наименование	Описание	Области применения	Поддерживаемые протоколы	Нисходящий трафик	Восходящий трафик
EQCO62T20 EQCO62R20	Передатчик Приемник	Системы видеонаблюдения, мониторинг движения транспорта	CoaXPress (CXP), LVDS, Differential & 8b/10b Signaling	До 6,25 Гбит/с	21 Мбит/с
EQCO31T20 EQCO31R20	Передатчик Приемник	Системы видеонаблюдения, мониторинг движения транспорта	CoaXPress (CXP), LVDS, Differential & 8b/10b Signaling	До 3,125 Гбит/с	21 Мбит/с
EQCO8755C	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Fast Ethernet	100 Мбит/с	100 Мбит/с
EQCO8755C-HS	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Gigabit Ethernet IEEE 1394 (FireWire) Optical	1,2 Гбит/с	1,2 Гбит/с
EQCO8505C	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Fast Ethernet	100 Мбит/с	100 Мбит/с
EQCO8505C-HS	Трансивер для передачи по оптическому или коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 50 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель	Gigabit IEEE 1394 (FireWire) Optical	1,2 Гбит/с	1,2 Гбит/с
EQCO1R6 EQCO1T6	Приемник и передатчик для обмена данными по коаксиальному кабелю с волновым сопротивлением 75 Ом	Передача Ethernet-трафика (включая видео) через коаксиальный кабель на расстояние до 470 м.	Fast Ethernet	100 Мбит/с	6 Мбит/с
EQCO30R5 EQCO30T5	HD-SDI-приемник и передатчик	Камеры видеонаблюдения, DVR	SDI, SMPTE	до 3 Гбит/с	5 Мбит/с
EQCO400T8	Передача данных по FireWire через кабель UTP (CAT5/6) на расстоянии до 100 м	Камеры видеонаблюдения, FireWire хабы и репиторы	IEEE 1394 (FireWire)	400 Мбит/с	400 Мбит/с

ОТЛАДКА МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC ПРОДВИНУТЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИМУЛЯТОРА

ИСТОРИЯ

Много-много лет назад, в Microchip в команде разработчиков симулятора MPLAB был разработан VHDL-подобный язык SCL – StimulusControlLanguage, с помощью которого можно создавать тестовые модули (testbench) для отладки и тестирования кода. Однако, в связи с уходом из команды автора реализации SCL и «сложности» языка, было решено создать GUI, которая освобождает embedded-программиста от вникания в тонкости VHDL-подобного SCL и помогает создать последовательности тестовых сигналов и инжекций данных в регистры симулируемого микроконтроллера. Такая GUI-обертка в MPLAB IDE называется Stimulus.

Microchip особо не продвигал SCL и не предоставлял описание языка. В 2006 году даже было объявлено, что в следующей версии MPLAB IDE v8.xx вообще уберут поддержку SCL, но участники forum.microchip.com высказались против этого и SCL оставили в следующих релизах.

Некоторые энтузиасты даже начали «реверсить» SCL (благо Stimulus может генерировать SCL-файлы) и создавать учебник по SCL и репозиторий примеров. Особо стоит отметить русскоязычный труд с описанием SCL, сопровождающийся несколькими примерами (от простого генератора,

до эмуляции UART и генерации DTMF-сигналов) <http://pic24.ru/doku.php/osa/articles/scl>.

В связи с тем, что новое поколение MPLAB X IDE полностью переписано и получило кроссплатформенность (MPLAB X основан на NetBeans), то реализация SCL так же переписана и нынешние разработчики в документацию к MPLAB X IDE уже включили «неофициальный» SCL User's Guide.

ВОЗМОЖНОСТИ GUI STIMULUS

Сейчас Stimulus позволяет:

1. Создавать синхронные последовательности изменений состояний выводов или значений регистров, что удобно для формирования повторяющихся последовательностей:

Во время T_n состояние (pin, регистр) = XX

Во время T_m состояние (pin, регистр) = YY

Процесс можно повторять, начиная с шага i ; между повторами задать задержку ii .

2. Создавать комплексные воздействия:

Если выполняется условие, что (pin, bit или регистр) становится (=, !=, <=, <, >= или >), то через N (тактов, нс, мкс, мс или ч.м.с) выполнить (однократно или с периодом M) воздействие (одно или несколько): записать в регистр значение, изменить состояние pin или bit, установить напряжение на аналоговом входе.

3. Генерировать сигналы:

На выводе (pin_yu) с начальным значением (ВЫСОКОЕ или НИЗКОЕ) выдать последовательность (задается длительность ВЫСОКОГО и НИЗКОГО состояния). Задается условия запуска и останова (старт программы или по значению программного счетчика или в заданное время или когда значение на pin_xx== ВЫСОКОЕ или НИЗКОЕ).

4. Инъекция данных в регистры:

Из указанного файла взять значение и записать его в заданный регистр. Действие произвести когда: происходит чтение из регистра (то есть в отлаживаемой программе читаем регистр) или программный счетчик примет зафиксированное значение или выполнится указанное в файле условие. Например, можно инжектировать в UART данные из файла вида:

```
wait 1 sec // ждать 1 секунду
01 54 106 // инжектируемые данные
02 55
wait 200 ms // ждать 200 мс
"hello" // инжектируемые данные
rand 1 15 sec // случайная пауза от 1 до 15 с
32 33 34
```

Stimulus, помимо описанного, позволяет сохранить созданные воздействия в виде SCL файла и (!) загружать собственные SCL-сценарии.

ЯЗЫК SCL

Stimulus является достаточно мощным инструментом, но имеет существенные ограничения – служит в основном для задания простых и детерминированных воздействий, не всякую модель поведения «внешней среды» можно описать с помощью предлагаемой в среде разработки GUI.

SCL, являясь языком программирования, дает больше гибкости: доступны условные выражения (конструкции if-elsif-else), циклы, инструкции работы с файлами и др.

Некоторые возможности SCL:

- Инжектирование значения в pin или в память данных микроконтроллера.
- Чтение значения рипили из памяти данных
- Чтение и обработка файлов

- Выполнение действий на основании времени симуляции, командных циклов на основании значения программного счетчика
- Выдача информационных сообщений в окно симулятора

То есть SCL может все, что доступно через GUI Stimulus в MPLAB IDE, но при этом предоставляет больше возможностей и позволяет формировать сложные зависимости между значениями на выводах и значениями регистров микроконтроллера; моделировать взаимодействие с внешней периферией; моделировать воздействия, которые сложно воспроизвести в «железе» и выявлять ситуации, приводящие к ошибкам. Кроме того, среда разработки позволяет подключать несколько SCL файлов, для их параллельного выполнения. Это может пригодиться, например, для подключения к проекту типовых testbench-ев.

ПРИМЕРЫ

Допустим, для проверки программы нужно сформировать манчестерский код на входе микроконтроллера для отладки и тестирования программного декодера. С применением Stimulus задачу можно выполнить с помощью формирования последовательности изменения состояния вывода, но это слишком нудное занятие, так как каждое изменение битов нужно прописывать руками, типа так:

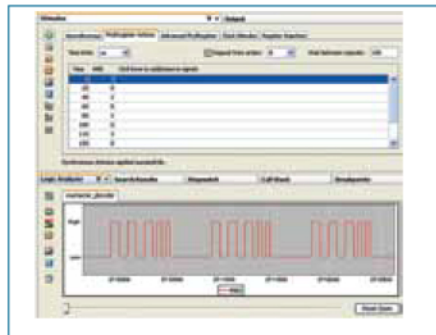


Рис. 1.

Другое дело с использованием SCL: пишем testbench, который берет входной битовый поток (не кодированный), кодирует его и отправляет на вход симулируемого микроконтроллера. Для удобства изменения данных, входной битовый поток можно

брать из внешнего файла. Попутно наш testbench может выводить информационные сообщения в окно симулятора.

Пример SCL-файла:

```
configuration for «pic16f1509» is
end configuration;

testbench for «pic16f1509» is
begin

process is
filefileVar : text;
variablelineVar : line;
-- Строка, прочитанная из файла
variable status: file_open_status;
variable data_in: integer;

begin
loop
file_open (status, fileVar, «dat.txt», read_mode);

while endfile (fileVar) == false loop
-- Обработываем, пока файл не пуст

readline (fileVar, lineVar);
report («Прочитана строка»);
RB5 <= '1';
-- стартовый бит (1/2 битового интервала)
report («== start bit ==»);
wait for 500 us;

while match (lineVar, «») == false loop
-- Обработываем строку, пока она не пуста

read (lineVar, data_in);
if data_in == 0 then -- кодируем 0
report («== 0 ==»);
RB5 <= '0';
wait for 500 us;
RB5 <= '1';
wait for 500 us;
elsif data_in == 1 then -- кодируем 1
report («== 1 ==»);
RB5 <= '1';
wait for 500 us;
```

```
RB5 <= '0';
wait for 500 us;
else
report («Ошибка данных!»);
end if;
end loop; -- match InLine
end loop; -- endfile
RB5 <= '0';
file_close (fileVar);
wait for 15 ms; -- пауза между пакетами
end loop;
wait;
end process;
end testbench;
```

Файл внешних данных с битовой последовательностью:

```
0000000000000000
101011100000011
111010100111000
```

В случае применения SCL гораздо проще изменять данные, длину последовательности, и временные параметры симулируемого потока, что облегчает проверку алгоритма, обработку ошибок и т.п.



Рис. 2.

Скрипт SCL может разбирать входной файл и получать внешние команды. Например, помимо битового потока можно изменять параметры сигналов. Например, задание параметров ШИМ-кодированной посылки с синхро-преамбулой:

```

sync_bit_hi 2000 us
sync_bit_lo 500 us
pulse_lo 500 us
pulse_hi_0 500 us
pulse_hi_1 1000 us
1 0 0 0 1 1 0 1
wait 2 ms
1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0
wait 3 ms
0 0 0 0 1 1 1 1
1 0 1 0 1 0 1 1
wait 15 ms

```



Рис. 3.

Возможность работы SCL с внешними файлами существенно расширяет возможности симуляции. Так, в «репозитории SCL» [3] есть пример получения данных для симуляции из внешнего приложения (Input to a Simulation From an External Application). Данный пример симулирует матричную клавиатуру и входной сигнал для АЦП (написано на VBA в Excel). «Нажатия» кнопок и изменения напряжения записываются в два файла, SCL скрипт читает эти файлы и симулирует изменение логических уровней портов В/В и напряжение на входе АЦП.

ИТОГИ

SCL-программе доступны метки, адреса и переменные отлаживаемого .c или .asm кода. Доступно со-

стояния регистров, программного счетчика микроконтроллера, время симуляции. SCL позволяет формировать несколько параллельных процессов в пределах одного testbench. Также скрипты SCL могут быть синхронизированы с отлаживаемой программой.

Таким образом, SCL помогает организовать testbench-и для отладки кода микроконтроллера. Так как SCL является частью родного симулятора, то в одном проекте и в одном цикле отладки доступны SCL-сценарии, точки останова, секундомер, стек, логический анализатор и др., выполняется симуляция периферии (таймера, UART, АЦП и пр.), прерывания и все это работает в одной среде разработки.

Следует отметить и некоторые недостатки текущей реализации SCL:

- ограниченные возможности отладки SCL-кода (при подключении к проекту скрипта с ошибкой получаем лишь сообщение типа «ошибка парсера в строке №xx»). Если при подключении скрипта вы получили сообщение о дублировании переменных, то, скорее всего, вы подключили этот же testbench второй раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. SCL User's Guide (в составе документации пакета MPLAB X IDE, www.microchip.com/mplabx/).
2. Язык SCL <http://pic24.ru/doku.php/osa/articles/scl>.
3. SCL Code repository <http://www.microchip.com/forums/m109149.aspx>.
4. SCL PRIMER / TUTORIAL <http://www.microchip.com/forums/m11255.aspx>.

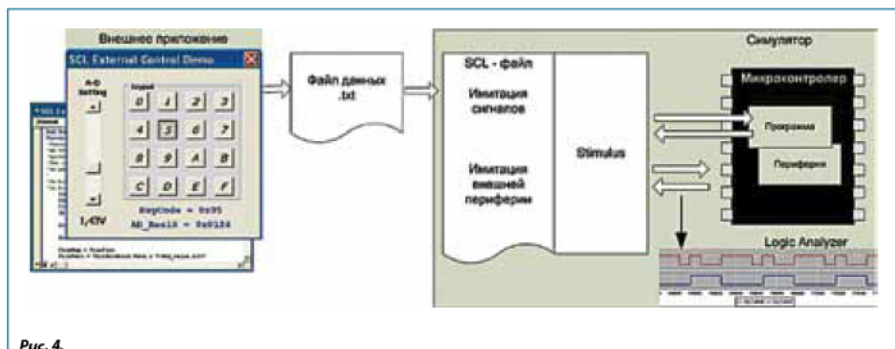
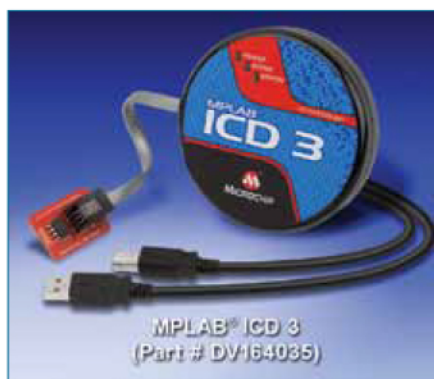


Рис. 4.

ОБЗОР НОВЫХ ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ MICROCHIP

MPLAB ICD-3 (DV164035)



ICD-3 — последователь хорошо известного разработчикам внутрисхемного отладчика и программатора ICD-2. Он способен запрограммировать большинство Flash-микроконтроллеров и поддерживает все, ставшие уже привычными, функции для отладки программ: разные режимы работы (в реальном времени и пошагово), расширенные точки останова (по совпадению адреса программного счетчика, по совпадению адреса/значения чтения/записи в памяти данных, по вхождению в режим Sleep, по срабатыванию сторожевого таймера), комбинационные точки останова (И, ИЛИ, последовательное выполнение расширенных точек останова), возможность просмотра и модификации содержимого управляющих регистров, FLASH, RAM и EEPROM, возможность измерения временных интервалов между точками останова и т. д.

PICKIT3 (PG164130)



Программатор-отладчик PICKIT™ 3 — недорогой и простой в использовании «карманный» программатор для внутрисхемного программирования и отладки Flash-микроконтроллеров компании Microchip, последователь отлично себя зарекомендовавшего PICKIT2.

Связь с компьютером, обновление программного обеспечения и питание программатора осуществляется по интерфейсу USB.

Для быстрого начала работы и освоения микроконтроллеров PIC программатор-отладчик PICKIT3 предлагается в комплекте стартового набора разработчика:

- Демонстрационная плата на базе 44-выводного 8-битного микроконтроллера PIC18F45K20.
- CD с программным обеспечением:
 - интегрированная среда разработки MPLAB IDE;

- документация;
- примеры;
- бесплатная версия Си-компилятора HI-TECH PICC LITE;
- бесплатная версия Си-компилятора CCS.
- 12 уроков по обучению работы с микроконтроллерами: работа с портами, система прерываний, АЦП, таблицы данных, таймеры. К каждому уроку поставляются исходные коды примеров, что позволяет начать работу даже тем, кто никогда не занимался программированием микроконтроллеров.
- Буклеты «Приемы и Трюки» по эффективному применению микроконтроллеров.

Дополнительная информация по работе с отладчиками PICKit3 и PICKit2 доступна на сайте

www.pickit2.ru

ВНУТРИСХЕМНЫЙ ЭМУЛЯТОР REAL ICE (DV244005)

Для внутрисхемной эмуляции 8-, 16- и 32-разрядных контроллеров предлагается новое отладочное средство — MPLAB REAL ICE. По сути REAL ICE является усовершенствованной версией популярного внутрисхемного отладчика ICD-2 и использует тот же последовательный интерфейс ICSP, но предоставляет дополнительные возможности:

- до 6 аппаратных точек останова;
- до 1000 программных точек останова;



- программная трассировка выполняемого кода и памяти программ для 16-битных МК;
- аппаратная трассировка выполняемого кода, памяти программ, портов и т. п. для 32-битных МК;
- отображение значений переменных в реальном времени и графическое представление статистики изменений (DMCI);
- высокоскоростной интерфейс USB 2.0 для связи с компьютером;
- возможность работы при напряжениях питания целевого контроллера от 2 до 6 В;
- опторазвязанный интерфейс для связи с отлаживаемым контроллером;
- защита от перенапряжений и короткого замыкания;
- логический пробник.

Таблица. Сравнительная характеристика внутрисхемных отладочных средств

Возможность	PIC10 PIC12 PIC16	PIC16F1XXX	PIC18	dsPIC30	PIC24F	PIC24H dsPIC33F	PIC32MX	Отладчик
Трассировка аппарат.							+	REAL ICE
Трассировка прогр.			+	+	+	+	+	
Просмотр в реал. времени		+	+		+	+	+	ICD3
Точки останова прогр.		+	+	+	+	+	+	
Останов по совпадению		+	+	+	+	+	+	
Останов по обращению		+	+	+	+	+	+	
Счетчик проходов		+	+	+	+	+	+	
Секундомер		+	+	+	+	+	+	
Переполнение WDT		+	+	+	+	+	+	PICKit3
Пуск, стоп, один шаг	+	+	+	+	+	+	+	
Точки останова аппарат.	1	1–3	1–3	1–4	1–6	1–6	1–6	
Останов периферии	+	+	+	+	+	+	+	

Примечание: * — поддерживается не во всех контроллерах семейства

ЭМУЛЯЦИОННЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ 8-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ (AC244066)

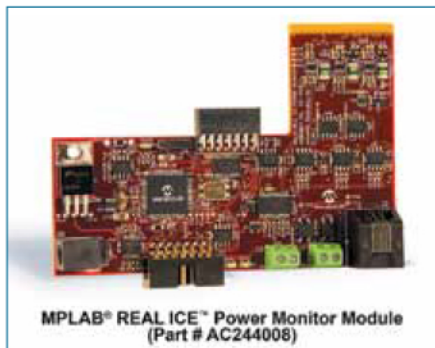


Аппаратная эмуляция микроконтроллеров PIC16(L)F1613/4/5/8/9, PIC12(L)F1612.

Поддерживает:

- Трассировка.
- 32 точки отслеживания данных.
- 32 точки останова/триггера по совпадению адреса, данных, попадания в диапазон, вход и выход в прерывание.
- Чтение и запись регистров и точек останова на лету.
- 4 контейнеров событий: сбор до 8 событий.
- Состояние стека.
- Комплексные точки останова.

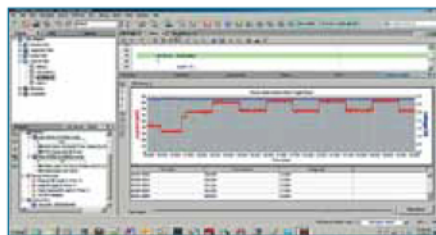
МОНИТОР ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ MPLAB REAL ICE POWER MONITOR (AC244008)



MPLAB REAL ICE POWER MONITOR, являющийся устройством расширения внутрисхемного эмулятора REAL ICE, позволяет контролировать потребление системы на основе микроконтроллера при выполне-

нии того или иного участка кода, в реальном времени. Система работает с более чем 1000 микроконтроллеров Microchip PIC 8-, 16- и 32-разрядных семейств и в графическом виде отображает потребление. Монитор измеряет токи в диапазоне от мкА до 1 А и напряжения 1,25–5,5 В — можно отлаживать устройства с батарейным питанием, источники питания, системы с постоянным питанием, измерительные схемы и пр. Основные характеристики:

- Ток — 1 мкА – 1 А.
- Напряжение — 1,25–5,5 В.
- Питание целевой платы от монитора.
- Четкое фиксирование временных интервалов с разрешением 100 нс.
- Точки останова по току.
- Различное разрешение захвата — 1 МГц/10 бит или 500 кГц/12 бит.



АНАЛИЗАТОР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ PICKIT SERIAL ANALYZER (DV164122)



Анализатор последовательных протоколов USART, I²C, SPI и MICROWIRE с открытым исходным кодом.

Анализатор подключается к персональному компьютеру по интерфейсу USB и позволяет захватывать, анализировать и генерировать пакеты данных, подключаясь к USART, I²C, SPI или MICROWIRE шине устройства. Предусмотренный бутлоадер позволяет обновлять прошивку модуля.

Программное обеспечение для ПК обладает широкой функциональностью, существует возможность использования пользовательских скриптов передачи/приема данных. В комплекте поставляется DLL-библиотека, позволяющая разработать собственное программное обеспечение.

В комплект поставки также входит демонстрационная плата для работы с 28-выводными микроконтроллерами. Плата включает: установленный микроконтроллер PIC16F886, кнопку, светодиоды, разъемы для подключения программатора PICkit2 и анализатора PICkit Serial Analyzer, макетное поле для создания своей схемы. В микроконтроллер прошита тестовая программа, эмулирующая работу с тремя устройствами с интерфейсом I²C: EEPROM, АЦП и часы реального времени, что позволяет исследовать работу интерфейса I²C с помощью анализатора протоколов PICkit Serial Analyzer.

АНАЛИЗАТОР LIN-ПРОТОКОЛОВ LIN SERIAL ANALYZER (APGDT001)

Анализатор LIN протоколов LIN Serial Analyzer (APGDT001) — отладочное средство, позволяющее персональному компьютеру (ПК) общаться по LIN протоколу и анализировать данные проходящие через LIN-сеть. Анализатор LIN может выступать в роли MASTER-устройства, SLAVE-устройства или как устройство, прослушивающее LIN-сеть. Программное обеспечение, входящее в комплект, позволяет через графический интерфейс вводить и отображать блоки данных. Анализатор LIN-протокола подключается к компьютеру по интерфейсу USB. Программное обеспечение распространяется в открытых исходных кодах и доступно для скачивания с сайта.

Компания Microchip предлагает для скорейшего освоения своей продукции всевозможные отладоч-



ные платы, являющиеся полностью завершенными устройствами и демонстрирующими возможности PIC-контроллеров и аналоговых микросхем. Ко всем демонстрационным платам предоставляется ПО, открытые программные стеки и библиотеки с описаниями и примерами использования, а также схемотехника и разводка самих плат. Многие демоплаты являются взаимодополняющими и могут работать вместе, организуя единую более сложную систему. Далее приведен перечень и краткие описания к наиболее популярным отладочным платам и комплектам Microchip.

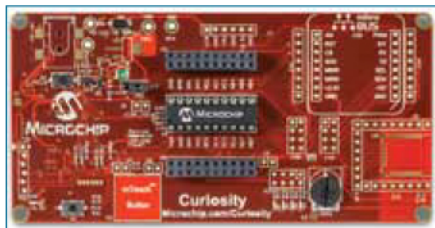
АНАЛИЗАТОР ШИНЫ CAN BUS ANALYZER (APGDT002)



Анализатор шины — простой в использовании монитор, который может применяться для изучения и отладки высокоскоростных CAN-шин. Он поддерживает стандарты CAN 2.0b и ISO11898-2 и может применяться широком спектре задач. В состав набора включен непосредственно модуль для подключения и графическая среда.

ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 8-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC18CRO

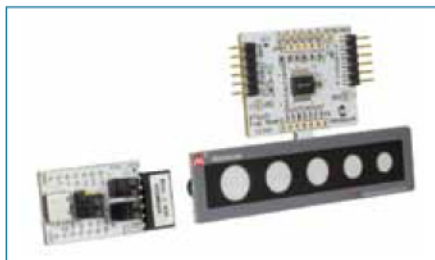
Отладочная плата Curiosity (DM164137)



Простой старт с 8-битными микроконтроллерами – изучение периферии независимой от ядра, особенностей режимов пониженного потребления, место для установки модуля Bluetooth LE RN4020.

- Поддержка 8-, 14- и 20-выводных микроконтроллеров.
- Встроенный программатор-отладчик.
- Поддержка в MPLAB X и Code Configurator.
- Различные пользовательские интерфейсы: сенсорная кнопка, потенциометр, кнопки.

Low Cost mTouch Evaluation Kit (DM160227)

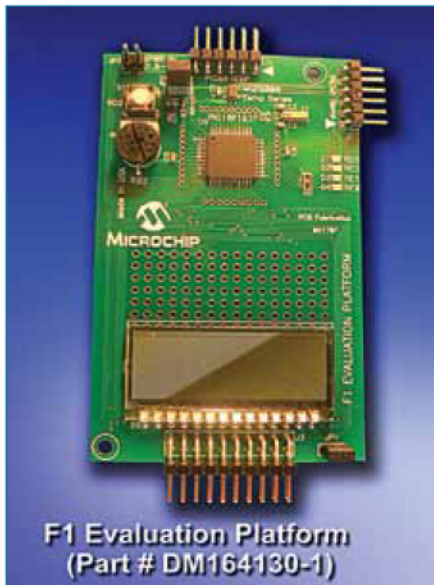


Предназначена для ознакомления с технологией опроса емкостных сенсорных кнопок mTouch и разработки собственных кнопок и клавиатур.

- Поддержка датчика приближения.
- Кнопки различного размера.
- Защита от ложных срабатываний.
- Основана на микроконтроллере PIC16LF1559.

Интерфейс USB на основе преобразователя MCP2221.

F1 Evaluation Platform (DM164130-1)/F1 LV Evaluation Platform (DM164130-5)/F1 PSMC 28-pin Evaluation Platform (DM164130-10)



Серия отладочных плат для изучения возможностей современных контроллеров семейства Enhanced Mid-range (PIC12F1xxx/PIC16F1xxx).

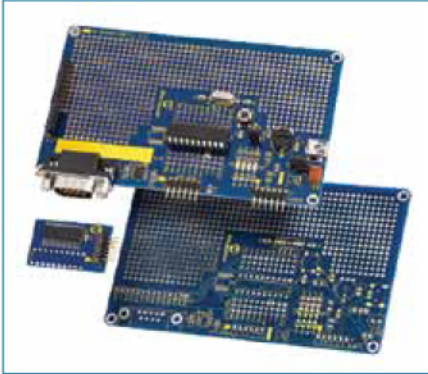
F1 Evaluation Platform – на основе контроллера PIC16LF1937 (44 выводов), 40-сегментного ЖКИ и термодатчика предназначена для быстрого освоения нового семейства и ознакомления с возможностями микропотребления и новой периферией.

F1 LV Evaluation Platform имеет контроллер PIC16LF1947 с большим количеством выводов (64 вывода), термодатчик, повышающий DC/DC (для работы от одной батарейки AA), преобразователь USB-UART MCP2200, ЖКИ. Позволяет ознакомиться с большим разнообразием функций и возможностей применения.

F1 PSMC 28-pin Evaluation Platform ориентирован на изучение подсемейства PIC16F178x Intelligent Analog – микроконтроллеров с расширенной аналоговой периферией. В ее состав входит модуль PSMC – высокопроизводительный 16-битный ШИМ с множеством режимов. На основе PSMC можно реализовать

управление коллекторными, бесколлекторными и шаговыми электродвигателями, импульсными источниками питания, драйверами светодиодов.

Low Pin Count USB Development Kit (DM164127)



- Микроконтроллер PIC18F14K50 с USB, колодка под 20-выводные DIP-корпуса.
- USB mini-B разъем.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладчиков, разъем для подключения внутрисхемного анализатора последовательных протоколов.
- Пользовательские светодиоды, кнопка, потенциометр.
- Большое макетное поле с посадочных местом под SSOP.
- Разъем для подключения плат расширения PICtail.
- Разъем RS-232.
- Модуль для отладки PIC18F14K50.

Low Pin Count USB Development Kit

- Аналогичен предыдущему, но с поддержкой новых PIC16 с USB PIC16F145x

Новый отладочный набор для исследования и разработок систем с сенсорными клавиатурами поддерживает различные варианты реализации на контроллерах PIC16F, PIC18F, PIC24F и PIC32. Позволяет в реальном времени изменять параметры сенсоров и отслеживать качество срабатывания. В состав комплекта входит:

- плата PIC16F CVD;
- плата PIC18F CTMU;

- плата PIC24F CTMU;
- плата PIC32MX CVD;
- клавиатура 8 сенсоров;
- клавиатура 12 сенсоров мультиплекс;
- 4-канальный слайдер;
- 2-канальный слайдер;
- PICkit Serial Analyzer;
- кабель USB.

Также есть платы для PIC32MX CTMU (AC323027) и PIC24H (AC243026), а также для технологии Metal Over Cap (AC183026).

ОПИСАНИЕ ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 16-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC24

PIC24FJ256DA210 Development Board (DM240312)



Отладочная плата для работы с графическими TFT-дисплеями. Основана на PIC24FJ256DA210 – 16-битном микроконтроллере со встроенным графическим контроллером и развитой периферией:

- Сенсорные кнопки.
- USB (embedded host/device/OTG).
- RS-232.
- Работа с дисплейными платами 3,2" 320×240 Truly TFT Display Board (AC164127-4) и 4,3" 480×272 Powertip TFT Display Board (AC164127-6).

LCD Explorer Development Board (DM240314)

Набор основан на микроконтроллере с большим количеством выводов и драйвером ЖКИ (на мезонинной плате установлен PIC24FJ128GA310). Также на плате установлен ЖКИ без драйвера 96 сегмен-



тов (37×8), управление которым осуществляется напрямую от микроконтроллера.

Возможны испытания различных режимов управления и формирования управляющих напряжений.

MPLAB Starter Kit for PIC24H MCUS (DM240021)



- Встроенный программатор/отладчик
- Питание от USB
- На базе микроконтроллера PIC24H128GP504
- Аналоговый трехкоординатный акселерометр
- 128×64 OLED, графическая библиотека пользователя (GUI)
- Встроенный динамик, проигрывание звука с компрессией G.711
- Пользовательские кнопки
- Независимая аналоговая схема согласования для подключения всевозможных сенсоров.
- Примеры ПО:
 - PIC24H Human Machine Interface for Massage Chairs.
 - PIC24H Human Machine Interface for HVAC.

– PIC24H Sensors for Automotive Stability Control.

MPLAB Starter Kit for PIC24F (DM240011)

- На базе микроконтроллера PIC24F256GB110.
- Интерактивное меню, выведенное на дисплей при помощи параллельного порта PMP.
- Управление емкостными сенсорами, реализованное при помощи СТМУ.
- Отображение времени и даты с использованием модуля часов реального времени RTCC.
- Использование ШИМ и программного переназначения выводов (PPS) для управления RGB-светодиодами.
- Встроенный USB host.
- Отображение данных в реальном времени (multitasking — АЦП и PMP).
- Захват данных в реальном времени (multitasking — USB).

Explorer 16 (DM240001, DM240002)



Наиболее универсальное и многофункциональное средство для знакомства и освоения 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров, а также цифровых сигнальных контроллеров dsPIC.

- 2 модификации:
 - DM240001: в комплекте два сменных модуля (PIM) с микроконтроллерами PIC24FJ128GA010 и dsPIC33FJ256GP710
 - DM240002: в комплекте сменный модуль (PIM) с микроконтроллером PIC24FJ64GA004
- Знакосинтезирующий ЖК-индикатор, EEPROM 25LC256, датчик температуры TC1047A, пользовательские кнопки и светодиоды, макетное поле, возможность использования интегрированного внутрисхемного отладчика (на базе PIC18F4550).

- Интерфейсы для подключения внутрисхемных отладчиков, USB и RS-232.
- JTAG-интерфейс.
- Разъем PICtail для подключения плат расширения (см. платы расширения PICtail).
- Огромное количество примеров, библиотек, стеков основных коммуникационных протоколов и т.п.

PIC24F Accessory Development Starter Kit for Android (DM240415)



Плата предназначена для разработки и отладки периферийных устройств для систем на основе Google Android.

Набор включает в себя все необходимое:

- непосредственно отладочную плату на основе PIC24F;
- программатор-отладчик PICkit 3 (PG164130);
- переходник RJ-11 — ICSP (AC164110);
- источник питания 9 В (AC002014);
- бесплатную библиотеку.

Особенности платы:

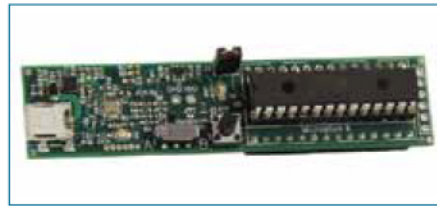
- контроллер PIC24F с USB OTG;
- разъем Type A USB;
- кнопки, светодиоды, потенциометр;
- схема зарядки до 500 мА;
- совместима с Arduino.

Microstick II (DM330013–2)

Microstick II — простая и законченная аппаратная платформа для начала работ с 16- и 32-битными микроконтроллерами Microchip PIC.

Особенности платы:

- дешевая, компактная;



- встроенный программатор/отладчик — не нужен внешний!
- питание от USB;
- контроллер на колодке;
- переходник на стандартные макетные платы;
- все выводы контроллера доступны;
- светодиод и кнопка сброса;
- примеры программ;
- поддерживает все 3,3 В PIC24FJ, PIC24H, dsPIC33 и PIC32 в корпусах SPDIP.

В комплекте:

- плата Microstick II;
- кабель USB;
- PIC24FJ64GB002;
- PIC24HJ64GP502;
- dsPIC33FJ64MC802;
- PIC32MX250F128.

PIC24E USB Starter Kit (DM240012)



Плата предназначена для ознакомления с возможностями семейства PIC24E, в том числе USB OTG, Host и Device. Плата содержит программатор-отладчик, разъемы USB, кнопки, светодиоды и разъем расширения (совместим с Multimedia Expansion Board (DM320005) и I/O Expansion Board (DM320002)).

XLP 16-bit Development Board (DM240311)



Плата предназначена для отработки механизмов управления энергопотреблением микроконтроллеров с технологией XLP, то есть вплоть до 20 нА. Она поддерживает разъемы расширения PICtail™.

Особенности:

- контроллер PIC24F16KA102, поддерживаются и другие PIC24F в корпусах 20 и 28 выводов;
- разрывы цепи питания для измерения потребления;
- разъем PICtail™ для подключения дочерних плат расширения;
- емкостные сенсорные кнопки mTouch™;
- разъемы внутрисхемного программирования;
- интерфейс USB;
- микросхема EEPROM 24AA256;
- кварцы для основного генератора и часов реального времени.

ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 32-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC32

PIC32MX1/2/5 Starter Kit (DM320100)



Плата основана на микроконтроллере PIC32MX570F512L (50 МГц/83DMIPS, 512 кбайт Flash, 64 кбайт ОЗУ, USB Host/Device/OTG, CAN2.0B). На плате установлен CAN-трансивер MCP2562 с разъемом DB9.

PIC32MZ Embedded Connectivity with FPU (EF) Starter Kit / wCRYPTO (DM320007/DM320007-C)



На основе PIC32MZ семейства EF — PIC32MZ2048EFH144 или PIC32MZ2048EFM144, помимо контроллера на плате установлены:

- Дочерняя плата с Ethernet PHY трансивером LAN8740A.
- Два разъема mini-USB: один для программирования/отладки, второй — преобразователь USB-UART.
- Micro-USB – device режим.
- USB A – режим embedded host.
- SPI-память 4 Мбайт.

PIC32 Starter Kit (DM320001)

- На базе микроконтроллера PIC32MX360F512L (512 кбайт Flash, 32 кбайт RAM, 4xDMA, 100 выводов).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- Огромное количество примеров по работе с различной периферией PIC32.

PIC32 USB Starter Kit III (DM320003-3)

- На базе микроконтроллера PIC32MX450F256L (512 кбайт Flash, 128 кбайт RAM, 8xDMA, 100 выводов).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.
- Питание от USB.

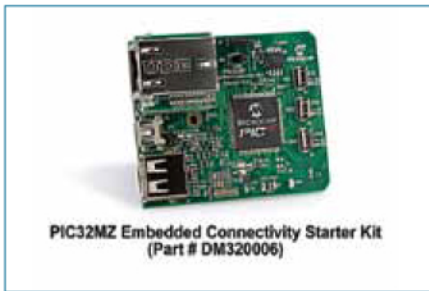
- Огромное количество примеров по работе с различной периферией PIC32.
- Разъем USB micro-AB для работы с USB-модулем контроллера (в том числе USB OTG).

PIC32 Ethernet Starter Kit II (DM320004-2)

Обновленная плата для изучения возможностей работы PIC32MX с интерфейсом Ethernet. Обновлена часть PHY-драйвера Ethernet — на мезонинной плате установлена микросхема LAN8740.

- На базе микроконтроллера PIC32MX795F512L (USB и Ethernet, 512 кбайт Flash, 128 кбайт RAM, 8×DMA, 100 выводов).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- Огромное количество примеров по работе с различной периферией PIC32.
- Разъем USB micro-AB для работы с USB-модулем контроллера (в том числе USB OTG).

PIC32MZ EC STARTER KIT (DM320006)/ PIC32MZ EC STARTER KIT W/ CRYPTO ENGINE (DM320006-C)



Стартовые наборы для освоения производительных 32-разрядных микроконтроллеров PIC32MZ семейства EC. Второй вариант – на контроллере с аппаратной поддержкой шифрования.

- На основе PIC32MZ2048ECH144 / PIC32MZ2048ECM144: 200 МГц/320 MIPS, 2 Мбайт Flash и 512 кбайт ОЗУ.
- PHY-трансивер Ethernet LAN8740 на мезонинной плате.
- CAN 2.0B, Hi-Speed USB 2.0 host/device/ dual-role/OTG.
- 4 Мбайт SQI Flash-память.

Multimedia Expansion Board II (DM320005-2)



Мощная плата расширения для стартовых наборов PIC32MZ EC STARTER KIT.

- 4,3" WQVGA дисплей с емкостным сенсорным экраном.
- 24-битный аудиокодек.
- Модуль Wi-Fi WRF24WG0.
- Bluetooth HCI-трансивер.
- Видеокамера.
- Термодатчик.
- Аналоговый акселерометр.
- Разъем microSD.

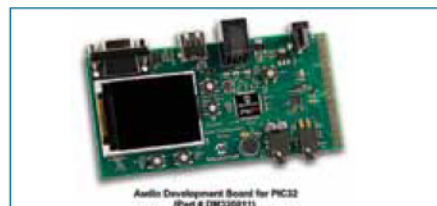
LAN8720A PHY Daughter Board (AC320004-3)/LAN9303 PHY Switch Daughter Board (AC320004-4)

Платы физического интерфейса Ethernet (PHY-трансивера) для плат PIC32MZ EC STARTER KIT и PIC32 Ethernet Starter Kit II.

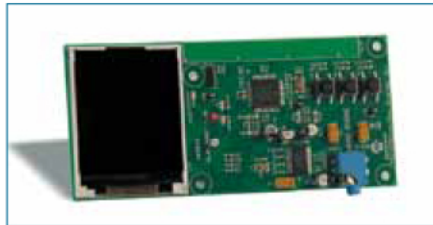
- AC320004-3 – на основе трансивера LAN8720A.
- AC320004-4 – на основе 3-портового коммутатора LAN9303.

Audio Development Board for PIC32 MCUs (DM320011)

Аналогична плате Audio Development Board for dsPIC33E.



PIC32MX1/MX2 STARTER KIT (DM320013)



- На базе микроконтроллера PIC32MX250F128 (128 кбайт Flash, 32 кбайт RAM).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- 24-битный аудиотракт
- Дисплей 2 дюйма, 220x176 точек
- mTouch-слайдер
- MicroSD-карта

ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 16-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ DSPIC

dsPIC33EV 5V CAN-LIN STARTER KIT (DM330018)



dsPIC33EV256GM106 как основной компонент стартового набора, имеет в своем составе интерфейсы CAN, LIN и SENT, а на плате установлены необходимые трансиверы и разъемы. Питание платы и отладка осуществляется по USB.

MPLAB Starter Kit for Digital Power (DM330017-2)



Для разработки и исследований понижающих и повышающих полностью цифровых преобразователей напряжения с топологиями buck и boost.

- На основе dsPIC33EP64GS502.
- Независимые buck и boost схемы DC/DC.
- ЖК-индикатор.
- Программатор/отладчик на плате.
- Программируемые резистивные нагрузки до 3 Вт.
- Пилообразная компенсация.
- Термодатчик.
- Питание – от внешнего источника 9 В.

dsPIC33E USB Starter Kit (DM330012)



Плата предназначена для ознакомления с возможностями семейства dsPIC33E, в том числе USB OTG, Host и Device. Плата содержит программатор-отладчик, разъемы USB, кнопки, светодиоды и разъем расширения (совместим с Multimedia

Expansion Board (DM320005) и I/O Expansion Board (DM320002)).

Microstick II (DM330013-2)

См. DM330013-2 в разделе PIC24

Digital LED Lighting Development Kit (DM330014)



Набор для исследования возможностей семейства dsPIC33 GS для задач эффективного управления мощными светодиодами.

Особенности:

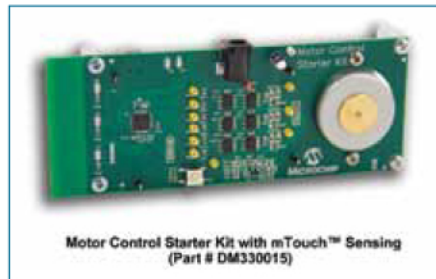
- управление RGB-светодиодами;
- поддержка интерфейса DMX512;
- поддержка повышающей и понижающей топологий;
- полностью цифровое управление, защиты;
- работает на dsPIC33FJ16GS504.

Motor Control Starter Kit with mTouch Sensing (DM330015)

Простая плата для начала работ с семейством dsPIC MC, ориентированным на управление электродвигателями.

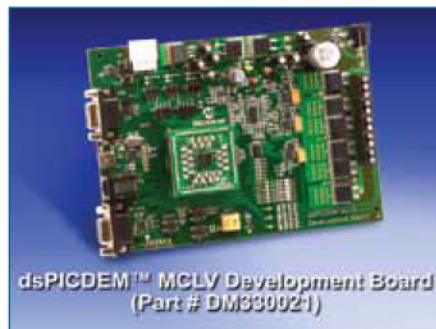
Особенности:

- dsPIC33FJ16MC102;
- встроенный программатор-отладчик;
- бесколлекторный трехфазный мотор на плате;
- схема питания мотора 15 В, 2,6 А;
- сенсорный слайдер и светодиоды для управления скоростью вращения;



- бездатчиковый алгоритм управления двигателем (AN1160).

dsPICDEM MCLV Development Board (DM330021)



- В комплекте контроллер dsPIC33FJ32MC204 (32 кбайт Flash, 44 вывода).
- Поддержка сменных модулей контроллеров (PIM) с dsPIC-контроллерами моторной “MC” серии от 28 до 100 выводов.
- Трехфазный инвертор (48 В/15 А).
- Датчик Холла/квадратурный энкодер для управления датчиковыми PMSM-двигателями.
- Обратная связь по фазе для работы с бездатчиковыми BLDC-двигателями.
- Различные алгоритмы управления двигателями.
- Связь по USB (мост USB-UART на PIC18LF2450), CAN, LIN и RS-232.
- Пользовательские кнопки, светодиоды (ШИМ), потенциометр.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.

dsPICDEM MCHV Development Board (DM330023)-2



Отладочная плата предназначена для разработок современных электроприводов для бесколлекторных, асинхронных и электродвигателей на постоянных магнитах как в датчиковом, так и в бездатчиковом режимах.

Особенности:

- максимальная мощность 1000 Вт при 400 В, коррекция коэффициента мощности;
- входное напряжение ~85...265 В;
- контроль входных тока, напряжения и перехода через ноль;
- контроль шины постоянного тока;
- встроенные источники собственного питания;
- трехфазный инвертор 400 В/6,5 А;
- работа с датчика Холла и с квадратурным энкодерами;
- контроль напряжения в фазах для бездатчиковой работы;
- контроль тока в шине питания и в фазах для векторного управления;
- встроенный оптоизолированный программатор-отладчик для dsPIC33FJ32MC304-I/PT.

dsPICDEM MCSM Development Board (DM330022)

Плата для управления униполярными и биполярными шаговыми двигателями.

Универсальный дизайн для подключения 4-, 6- и 8-выводных моторов. Работа в шаговом и микрошаговых режимах на основе микроконтроллера dsPIC33FJ32MC204.

Особенности:



- два полных моста, до 80 В/3 А;
- контроль токов, напряжений, аварийных ситуаций;
- обмен с ПК по USB.

dsPICDEM SMPS Buck Development Board



- Источник питания на SMPS-микроконтроллере dsPIC30F2020, схема для управления двумя независимыми маломощными DC/DC синхронными понижающими преобразователями.
- Понижающий преобразователь поддерживает синхронный и асинхронный режимы.
- Входное напряжение от 7 до 15 В (номинальное — 9 В).
- Возможность подключения динамической нагрузки для исследования переходных процессов.
- Дополнительные потенциометры для слежения за напряжением, симуляции перепадов напряжения, эффектов совместного потребления тока и т.п.

- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.
- Последовательный интерфейс RS-232.
- Пример программы в исходных кодах для реализации двойного понижающего синхронного преобразователя.

Buck/Boost Converter PICtail Plus Daughter Board (AC164133)



- Требуется Explorer16 и PIM MA330020 — dsPIC33FJ16GS504 (SMP5-контроллер).
- 2 понижающих и один повышающий преобразователи: 3 выходных напряжения 3,3 В при 3 А, 5 В при 3 А, 20 В при 0,75 А.
- Цифровое PID-управление преобразователем мощности.
- Работа на динамическую нагрузку.
- Поддерживается симулятором Mindi™ Power Design and Simulator Tool.

БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ

BM77 Bluetooth Dual Mode PICtail™/PICtail Plus Board (BM-77-PICtail)



Плата предназначена для изучения режимов работы модуля Microchip BM77 Bluetooth Version 4.0 Dual Mode – Classic и Bluetooth Low Energy.

BM78 PICtail Plus (BM-78-PICtail)



Плата предназначена для работы с модулем BM78, поддерживающем режимы Bluetooth 3.0+EDR и Bluetooth 4.0.

RN4020 Bluetooth Low Energy PICtail/PICtail Plus (RN-4020-PICtail)



Демонстрационная и отладочная плата для модулей RN4020 – полностью сертифицированных модулей Bluetooth Version 4.1 low energy (BLE, BTLE).

- Модуль RN4020 со встроенной антенной и поддержкой скриптов.
- Сверхмалопотребляющий микроконтроллер PIC18F25K50 для работы по шине USB.
- Отладка с помощью PICkit3.

MIWi Demo Kit - 2,4 ГГц MRF24J40 (DM182016-1)/MIWi Demo Kit - 868 MHz MRF89XA (DM182016-2)

Готовая платформа для отладки беспроводных сетей на частотах 2,4 ГГц (IEEE 802.15.4) и 868 МГц. В состав набора входит две аналогичных платы на основе

радиомодуля и малопотребляющего XLP микроконтроллера PIC18.

Не подходит для разработок на основе протокола ZigBee.

- Прошивка с поддержкой стека протоколов MiWi: MiWi, MiWi P2P и MiWi Pro.
- Термодатчик и ЖК-индикатор.
- Работа от двух батареек AA.

8-bit Wireless Development Kit (DM182015-x)

Серия отладочных плат для беспроводного обмена:

- DM182015-1 — 2,4 ГГц IEEE802.15.4
- DM182015-2 — 868 МГц
- DM182015-3 — 915 МГц

Состав набора:

- 2 материнские платы на основе PIC18F46J50;
- 2 радиоплаты;
- 2 интерфейсные платы RS-232;
- 2 платы с ЖКИ;
- 2 кабеля USB + 2 кабеля RS-232.

Дополнительная информация по ссылке www.microchip.com/WIRELESS

ZENA™ Wireless Adapter (AC182015-1)



Беспроводные адаптеры ZENA являются многофункциональными USB-устройствами для работы в бес-

проводных сетях: как монитор или как составная часть беспроводной сети.

Как монитор, ZENA вместе с программой для ПК является анализатором протоколов.

Имея бутлодер, ZENA может быть переконфигурирована в пользовательское беспроводное устройство с USB. Изначальная прошивка — монитор беспроводной сети MiWi, работает в купе с Wireless Development Studio. Есть три варианта:

- AC182015-1 — 2,4 ГГц IEEE802.15.4
- AC182015-2 — 868 МГц
- AC182015-3 — 915 МГц

Дополнительная информация по ссылке www.microchip.com/ZENA

MRF24J40MA/MD PICtail/PICtail Plus (AC164134-x)



Платы PICtail/PICtail Plus с беспроводными модулями на основе трансивера MRF24J40 2,4 ГГц IEEE802.15.4.

- AC164134-1 - на основе MRF24J40MA (0 dBm, антенна на плате).
- AC164134-3 - на основе MRF24J40MD (+20 dBm, антенна на плате).

MRF24XA PICtail/PICtail Plus Daughter Board (AC164152-1)



Плата расширения для изучения возможностей и разработки беспроводных сетей диапазона 2,4 ГГц на основе трансивера MRF24XA.

**MRF49XA PICtail Plus Daughter Board
433.92/868/915 MHz (AC164137-x),
MRF89XAM8A PICtail/PICtail Plus Daughter
Board (AC164138)**

Плата расширения предназначена для разработки и отладки беспроводных сетей субгигагерцового диапазона (433,92/868/915 МГц).

- Модуль включает антенну.
- На базе приемопередатчика MRF49XA.
- 2 вариации: AC164137-1 — 433,92 МГц, AC164137-2 — 868/915 МГц
- AC164138 — на основе готового модуля MRF89XAM8A.

Wi-Fi G Demo Board (DV102411)



Плата Wi-Fi G Comm Demo board является компактной завершённой платформой для изучения, разработки и отладки систем с Wi-Fi на основе микроконтроллера PIC32 и Wi-Fi-модуля MRF24WG0MA, поддерживающем спецификацию 802.11 b/g – работа в режимах Инфраструктура/ AdHoc/SoftAP.

**MRF24WNOMA Wi-Fi PICtail/PICtail Plus
Daughter Board (AC164153)**

Отладочная плата на основе модуля MRF24WNOMA – Wi-Fi 802.11b/g/n со скоростью обмена до 5 Мбитс. Поддерживает WEP, WPA-PSK,



WPA2-PSK. Есть режимы SoftAP, WPS, Wi-Fi Direct Client.

**ПЛАТЫ РАСШИРЕНИЯ PICTAIL
И PICTAIL PLUS**

**Thermal/Linear Intelligent Sensor PICtail™
Plus Daughter Board (AC164135)**

Плата для обработки линейного сигнала и сигнала с термоэлектрического датчика, включающая все необходимые цепи согласования. Она предназначена для работы с dsPIC или PIC24H.

**Buck/Boost Converter PICtail™ Plus
Daughter Board (AC16133)**

См. AC164133 в разделе dsPIC.

**Audio PICtail Plus Daughter Board
(AC164129)**

Плата расширения для записи и воспроизведения звука при помощи PIC24/dsPIC.

- 4 Мбит последовательной flash.
- 16/24 бит аудиокодек.
- Воспроизведение звука посредством ШИМ.
- ФНЧ 4-го порядка для демодуляции ШИМ-сигнала.
- Выход наушники 110 мВт.
- Линейный и микрофонный вход с регулируемым усилением.
- Линейный выход с регулируемым усилением.

**CAN/LIN PICtail Plus Daughter Board
(AC164130-2)**

Плата расширения для ознакомления и освоения CAN (Controller Area Network) и LIN (Local Interconnect Network) интерфейсов в 16-разрядных микрокон-

троллерах PIC24H и цифровых сигнальных контроллеров dsPIC33F.

- LIN-трансивер — MCP2021, 2 канала.
- CAN-трансивер — MCP2551, 2 канала.
- Контрольные точки по всем управляющим сигналам.

MCP4725 PICtail Plus Daughter Board (MCP4725DM-PTPLS)

Плата для ознакомления и освоения ЦАП MCP4725.

MCP42XX PICtail Plus Daughter Board (MCP42XXDM-PTPLS)

Плата для ознакомления и освоения цифровых потенциометров/реостатов серии MCP42XX на примере MCP4261.

USB PICtail. Plus Daughter Board (AC164131)

Плата для освоения USB-модуля, встроенного в 16- и 32-битные PIC-контроллеры. Включает разъемы для всех трёх режимов работы USB: Device, Host и OTG.

PICtail Plus board for SD and MMC (AC164122)

Плата для подключения к PIC24/PIC32/dsPIC SD и MMC карт памяти через SPI-модуль контроллера и освоения файловых систем для PIC-контроллеров.

PICtail Plus board for Ethernet (AC164123)

Плата расширения для подключения PIC-контроллеров к 10 Мбит Ethernet-сети посредством внешнего контроллера ENC28J60, сообщающегося с PICом по SPI.

- Совместимость с IEEE 802.3.
- 10BASE-T Ethernet.
- Разъем RJ-45 со встроенным трансформатором.
- Бесплатный стек протоколов TCP/IP.

Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus Daughter Board (AC164132)

Плата расширения для подключения 16- и 32-битных контроллеров к 100 Мбит Ethernet-сети посредством внешнего контроллера ENC624J600, сообщающегося с PICом по SPI или PMP.



- ENC624J600 10/100 Base-T Ethernet-контроллер.
- Совместимость с IEEE 802.3.
- Разъем RJ-45 со встроенным трансформатором.
- Бесплатный стек протоколов TCP/IP.

Prototype PICtail Plus Daughter Board (AC164126)

Плата с большим макетным полем, обеспечивающая доступ ко всем выводам микроконтроллера.

IrDA PICtail Plus Daughter Board (AC164124)

Плата расширения для быстрого знакомства с интерфейсом IrDA.

- Бесплатный IrDA стек AN1071 Microchip IrDA Stack.
- Обмен данными с IrDA-драйвером по UART.

Motor Control Interface PICtail Plus D-Card (AC164128)

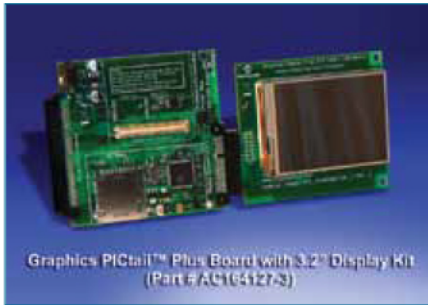
Плата расширения предназначена для ознакомления с 16-разрядными микроконтроллерами для управления двигателями

- Аппаратная поддержка управления без датчиков и с датчиками, в частности: датчик Холла, оптический датчик, датчик противоЭДС, датчик тока.
- Контрольные точки для ШИМ, напряжения и тока двигателя.

Graphics PICtail Plus Daughter Board (AC164127-x)

Платы для освоения бесплатной графической библиотеки Microchip:

- AC164127-3 — AC164127-4 + AC164127-5.



- AC164127-4 — Truly 3.2" QVGA TFT-дисплей с параллельным 18-битным RGB-интерфейсом и 4-проводной резистивной тач-панелью.
- AC164127-5 — плата с контроллером Solomon Systech SSD1926 (PIC PMP->RGB TFT), разъем для подключения SD/MMC карт памяти по 4-проводному интерфейсу, 16 Мбит последовательной flash-памяти для хранения данных.
- AC164127-6 — Powertip 4.3" 480x272 WQVGA TFT-дисплей с параллельным 24-битным RGB-интерфейсом и 4-проводной резистивной тач-панелью.

- AC164144 — работа в паре с платами AC164127-4 или AC164127-6 в режиме управления TFT-индикатором напрямую от PIC32.

Помимо микроконтроллеров и памяти Microchip предлагает ряд аналоговых и интерфейсных микросхем, которые также снабжаются демо-платами, большинство из которых адаптировано для работы с отладочными платами на базе PIC-контроллеров.

Подробную информацию можно посмотреть на сайте www.microchip.com/developmenttools или обратиться к инженерам компании «Гамма Санкт-Петербург». Если Вас интересует перечень всей отладки, предназначенной для конкретной микросхемы, то на сайте Microchip имеется специальный сервис "Development Tools Selector", доступный по короткой ссылке www.microchip.com/DTS. Помимо физически доступных для заказа плат Microchip также предлагает множество примеров схемотехнических и программных решений законченных устройств в виде "Application Note" (инструкции по применению). ■

ГИБРИДНЫЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Понижающие преобразователи стали неотъемлемой частью современной электроники. Без них не обходится бытовая, телекоммуникационная, автомобильная электроника, портативные зарядные устройства и т. д. Не смотря на то, что импульсные источники питания обладают большими габаритами и уровнем помех по сравнению с линейными стабилизаторами, они практически всегда обеспечивают большее значение КПД.

При разработке схемы управления питанием большинство инженеров придерживается аналоговых схем построения источников питания с простейшим цифровым управлением. Такой выбор с одной стороны связан с:

- применением традиционных и изученных схемы управления;
- сравнительно низкой стоимостью комплектующих;
- способностью генерации высокочастотного ШИМ;
- малым энергопотреблением аналоговых источников.

С другой стороны, большая часть аналоговых разработчиков ИИП просто не знакомы с возможностями цифровых методов управления питанием и сталкиваются с ограничениями аналоговых схем такими как:

- настройка источника только посредством перепайки схемы;
- сравнительно большое количество компонентов, что влияет на стоимость в производстве и габариты устройства;
- влияние температурных уходов и разброса параметров пассивных элементов ухудшает параметры источника;
- практически невозможно адаптивное управление;
- сложности реализации нелинейного управления для получения требуемых переходных характеристик.

Цифровые источники позволяют:

- программно задавать выходные параметры
- требуют минимум компонентов
- реализовывать автокоррекцию температурных влияний;
- сохранить «ноу-хау» за счет программных алгоритмов управления в защищенном микроконтроллере;
- применять современные методы контроля (нелинейное, адаптивное управление);
- управлять профилем выходного напряжения/тока в зависимости от режимов работы питаемой схемы.

Однако при построении цифровых источников питания тоже возникает ряд трудностей:

- цифровые методы регулирования в основном не знакомы инженерам, работающим в данной области, необходимость знаний в программировании;
- влияние разрешения и скорости преобразования АЦП на точность ИИП;
- необходимость в высокой вычислительной скорости во избежание снижения параметров регулирования;
- для получения высокочастотного ШИМ с высокой разрядностью (МГц) нужна высокая тактовая частота генератора (ГГц), за счет этого выше энергопотребление.

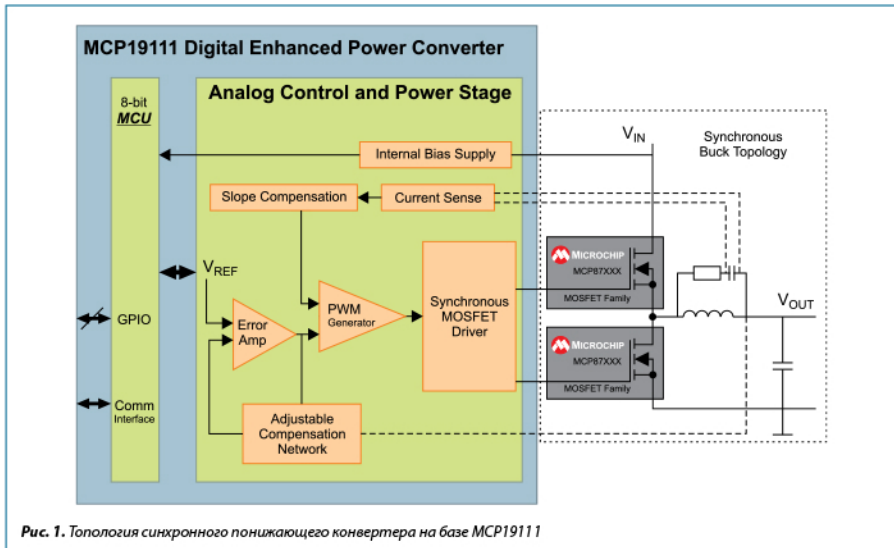


Рис. 1. Топология синхронного понижающего конвертера на базе MCP19111

Таким образом, оптимальное решение лежит между аналоговым и цифровым решениями. Чтобы заполнить этот пробел Microchip представили первый в мире аналоговый ШИМ-контроллер с цифровым управлением MCP19111. MCP19111 включает в себя аналоговый ШИМ-контроллер, синхронный MOSFET драйвер, LDO и управляющий PIC-микроконтроллер. Сочетание высокой производительности и программируемости микроконтроллера с малым временем отклика высокоскоростного аналогового модуля позволяет создавать более гибкие и более высокопроизводи-

тельные системы преобразования мощности с полным цифровым контролем.

Использование семейства контроллеров MCP19111 совместно с силовыми MOSFET транзисторами (MCP87018, MCP87030, MCP87090, MCP87130) позволяет создавать DC/DC-преобразователи для широкого круга задач КПД более чем 96%.

В продолжение линейки гибридных контроллеров для импульсных источников питания Microchip разработал еще два семейства MCP19114 (5) и MCP19118 (9) (таблица 1).

Таблица 1.

	MCP19114/5	MCP19110/1	MCP19118/9
Интегрированный PIC™ микроконтроллер	Да	Да	Да
Поддерживаемые топологии	Boost, SEPIC, Ćuk, Sync Flyback	SyncBuck	SyncBuck
Входное напряжение, В	4,5–42	4,5–32	4,5–40
Выходное напряжение, В	1–200	0,6–90% VIN	0,6–90% VIN
Цепь компенсации	Внешняя	Внутренняя	Внутренняя
Частота переключения	32 кГц–2 МГц, Квази-резонансный режим	100 кГц–1,6 МГц	100 кГц–1,6 МГц
Память программ	4 кСлова	4 кСлова	4 кСлова
Интерфейсы связи	I ² C	I ² C, PMBus™	I ² C, PMBus™
Доступные порты В/В	Да (10/12)	Да (10/14)	Да (10/14)

Таблица 2.

Наименование	V_{DS} , В	$R_{DS(ON)}$ (4,5 В), мОм	$R_{DS(ON)}$ (10 В), мОм	Q_G (4,5 В), нК (макс.)	I_D , А	V_{GS} (пор.), В(мин.)	Тип корпуса	Размеры, мм x мм
MCP87130	25	16,5	13,5	8	54	1,1	8/PDFN	3,3x3,3, 5x6
MCP87090		12	10,5	10	64	1,1		3,3x3,3, 5x6
MCP87055		7	6	14	60	1		3,3x3,3
MCP87050		6	5	15	100	1		5x6
MCP87030		4	3,5	22	100	1		5x6
MCP87022		2,6	2,3	29	100	1		5x6
MCP87018		2,2	1,9	37	100	1		5x6

Контроллеры MCP19118 и MCP19119 аналогичны MCP19111, но могут работать с входным напряжением до 40 В.

Контроллеры MCP19114 и MCP19114 разработаны для схем с повышением напряжения и поддерживают топологии Boost, SEPIC, Ćuk, синхронный Flyback. СИЛОВЫЕ MOSFET

Используя передовые полупроводниковые технологии и корпусирования, в Microchip создали серию силовых MOSFET транзисторов MCP87xx с низким зарядом затвора Q_G и низким сопротивлением сток-исток $R_{DS(ON)}$ что позволяет более эффективно преобразовывать энергию и снизить потери переключения и проводимости.

Особенности:

- низкое входное сопротивление канала сток-исток;
- низкий заряд затвора (Q_G) и заряда затвор-сток (Q_{GD});
- низкое сопротивление канала.

MCP19111 EVALUATION BOARD (ADM00397)

Отладочная плата позволяет изучить и оценить работу MCP19111 в схеме синхронного понижающего преобразователя в широком диапазоне входных напряжений и нагрузок на выходе. Практически все рабочие и системные параметры можно задать программно с помощью интегрированного в микросхему микроконтроллера.

Среда разработки MPLAB X IDE и плагина конфигурирования MCP19111 позволяет легко сконфигурировать микросхему и добавить свои части кода для управления параметрами источника, отработку аварийных ситуаций и интерфейсы

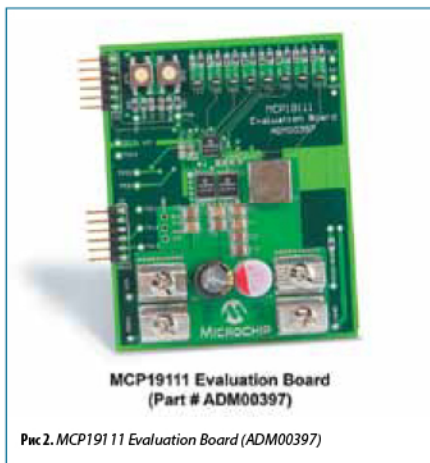


Рис. 2. MCP19111 Evaluation Board (ADM00397)

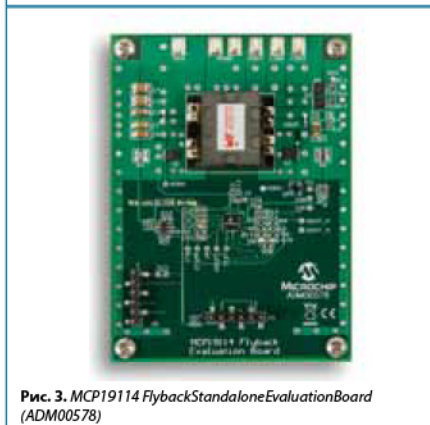


Рис. 3. MCP19114 Flyback Standalone Evaluation Board (ADM00578)

связи. На плате есть внешние выводы для внутрисхемного программирования, подключения интерфейса I²C, выводы I/O и входы АЦП. ■