



MICROCHIP

Информационный каталог

2014



ООО «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

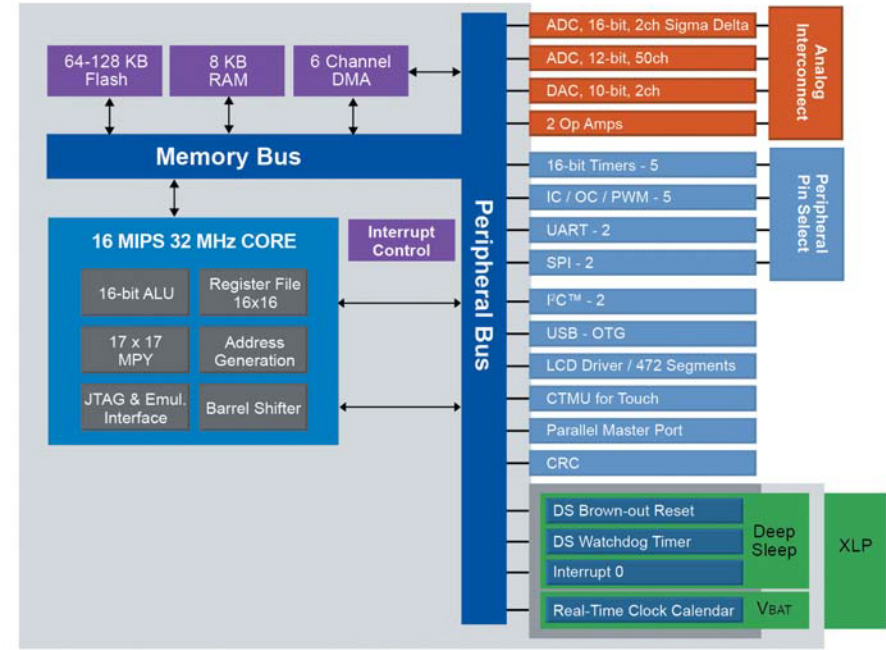
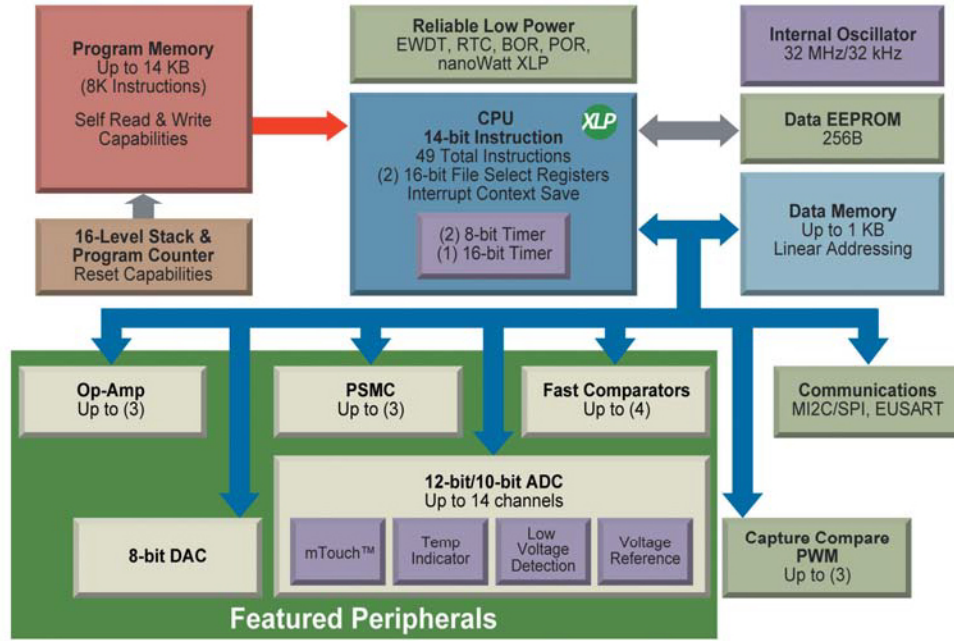
Центр технической поддержки:

Ilya.Afanasyev@microchip.com.ru

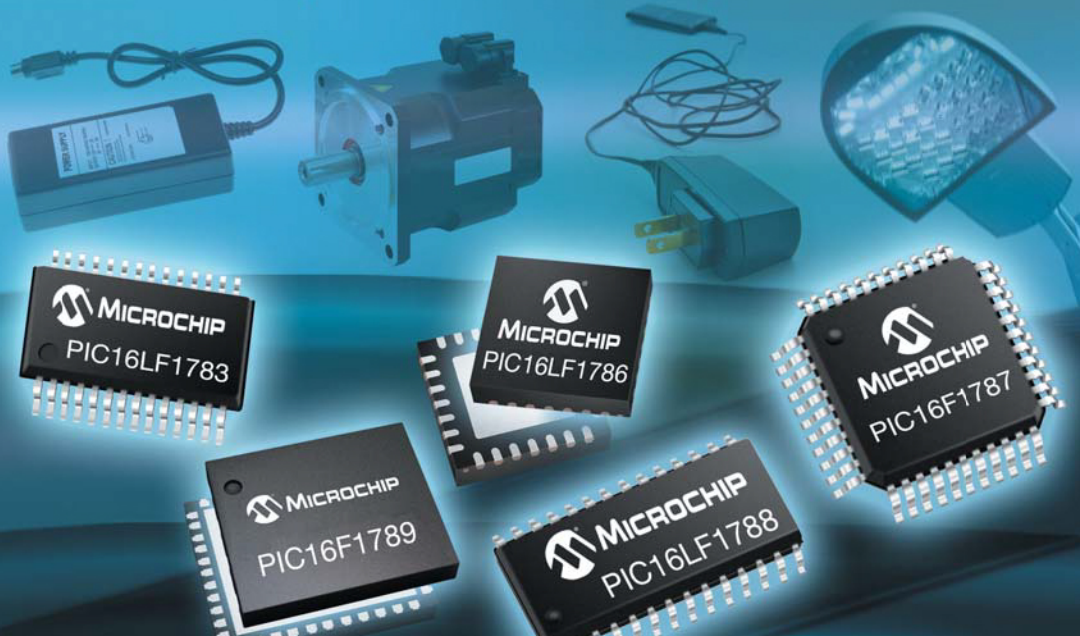
Alexey.Safronov@microchip.com.ru

Alexander.Tyulpanov@microchip.com.ru

www.microchip.com.ru

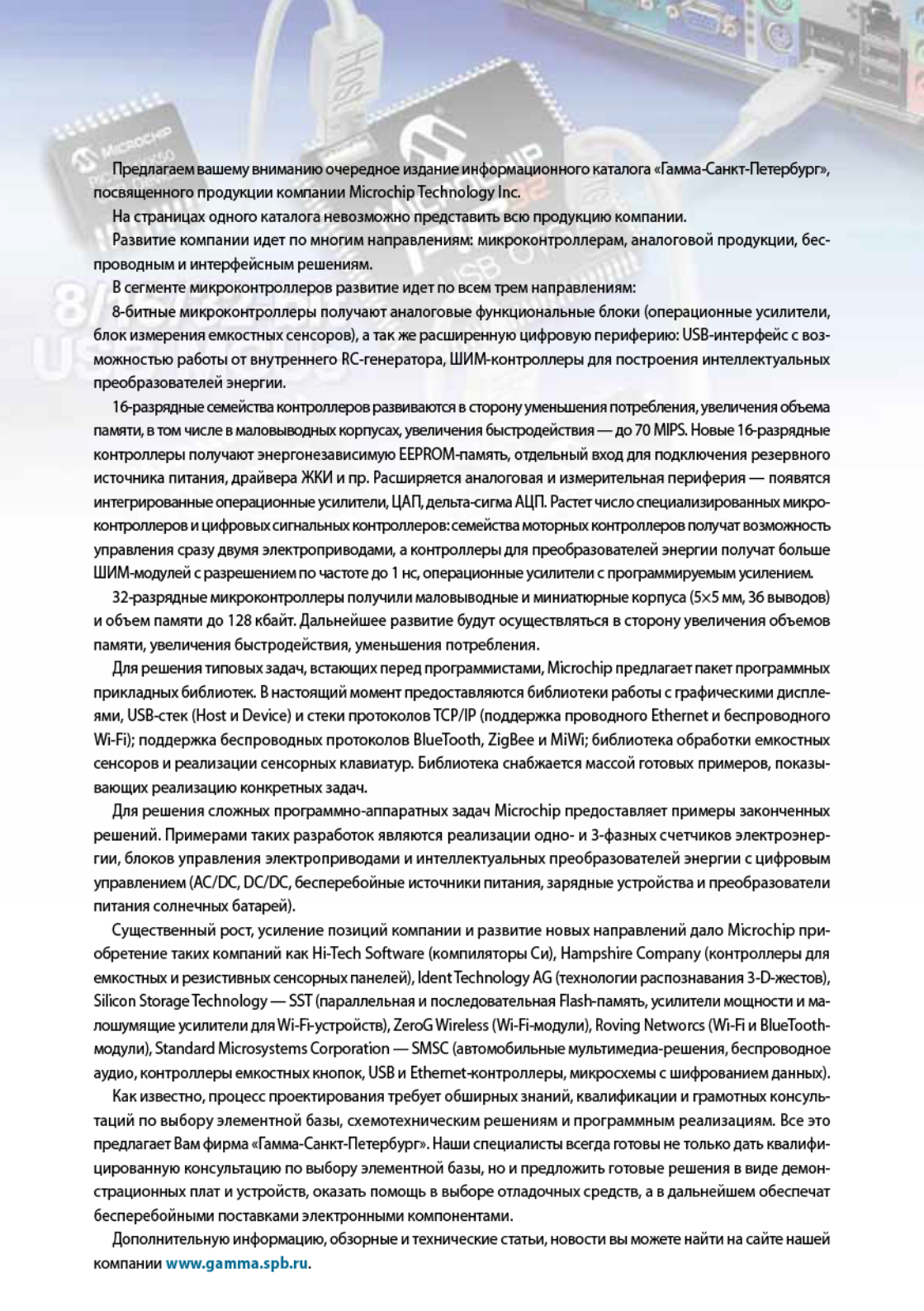


MCUs with Intelligent Analog and Core-Independent Peripherals



PIC® MCUs with Intelligent Analog





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 областей, таких как элементы, исправляющие ошибки заказных микросхем ASIC, супервизоры питания и интеллектуальные сторожевые таймеры 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 стекком, возможность самопрограммирования и эмуляции

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, 2x3 DFN, SOT-23
PIC10LF320	448	32	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	1,8–3,6	6 PDIP, 2x3 DFN, SOT-23
PIC10F322	896	64	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	2,3–5,5	6 PDIP, 2x3 DFN, SOT-23
PIC10LF322	896	64	Эмуляция	3	2	Да	Да	Да	1,8–3,6	6 PDIP, 2x3 DFN, SOT-23

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 маловыводных 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 запросов. Семейство PIC16F15xx состоит из контроллеров с числом выводов 28, 40, 44 и 64 и, как и все контроллеры положе-

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	СР/РWM	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

ния 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/I²C 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 ценой (табл. 4), с числом выводов 8, 14 и 20. Новые

Таблица 4. Семейство контроллеров PIC12/PIC16F150х

	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	Напряжение питания, В	АЦП, 10р	Компаратор	РWM	EUSART	MSSP I ² C/SPI	Таймер 8/16бит	CW/INCO	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

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 (быстродействием) и гистерезисом, источник опорного напряжения на 1,024, 2,048 и 4,096 В, 5-разрядный ЦАП, четыре 10-разрядных модулей ШИМ, последовательные интерфейсы PC 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 исполнять 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 SPI²C 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 PIC16LF190x могут применяться в смарткартах, ключах и брелках для систем сигнализации и контроля доступа, медицинских

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, PC, 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, PC, 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, PC, 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, PC, 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, PC, 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, PC, 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	2x EUSART, 2x PC, 2x SPI	TQFP, 9x9 QFN
PIC16F1947 PIC16LF1947	64	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	184	17/3	3/2	2x EUSART, 2x PC, 2x SPI	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	MSP IC/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

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.

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, внутренние соединения к операционному усилителю, компаратору и АЦП.

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	MSP IC/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

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-p)	ССР	ШИМ	COG	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

- 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 A, 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, 8p	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, 10p	Компаратор	ОУ	Таймер (8/16-bit)	ЦАП	ССР/COG	HLT	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 получает 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 ПЕРИФЕРИЯ И ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ 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.

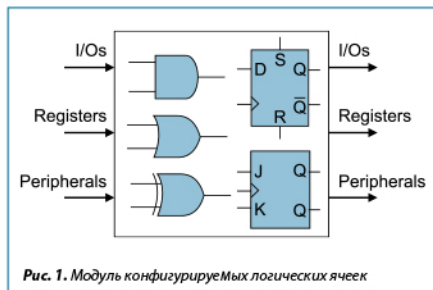


Рис. 1. Модуль конфигурируемых логических ячеек

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.

Пример фазового модулятора показан на рис. 3.

Модуль конфигурируемых логических ячеек (CLC) доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32x, PIC1x150x.

Генератор комплементарных сигналов (CWG — Complementary Waveform Generator, COG — Complementary Output Generator).

Ключевые особенности:

- Формирование комплементарных сигналов без участия программы.
- Различные источники входных сигналов: компараторы, ШИМ, CLC, NCO

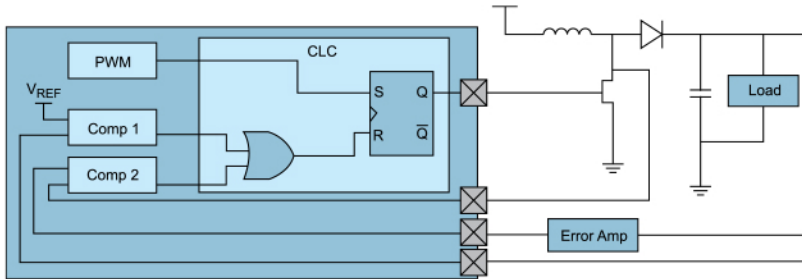


Рис. 2. Повышающий регулятор

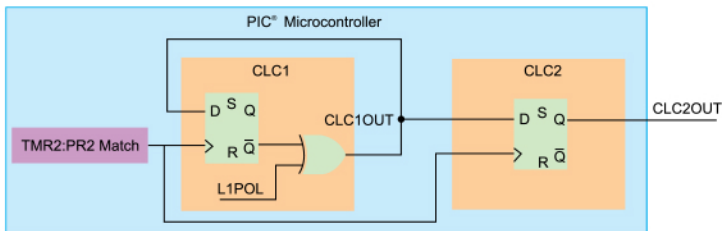


Рис. 3. Фазовый Модулятор

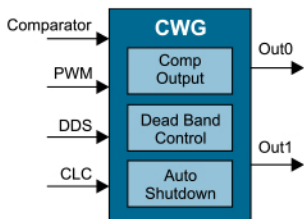


Рис. 4. Генератор комплементарных сигналов

Примеры применений:

- Импульсные источники питания.
- 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. 5 показана полумостовая схема.

Пример понижающего преобразователя для питания светодиодов показан на рис. 6:

- 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.

- Контроль мертвого времени
- Автоматическое выключение/рестарт.
- Управление полярностью.
- Blanking Control (only in PIC12F752).
- Управление фазой (только в PIC12F752).

Достоинства:

- Работа с различной периферией.
- Не требует внешних компонентов.

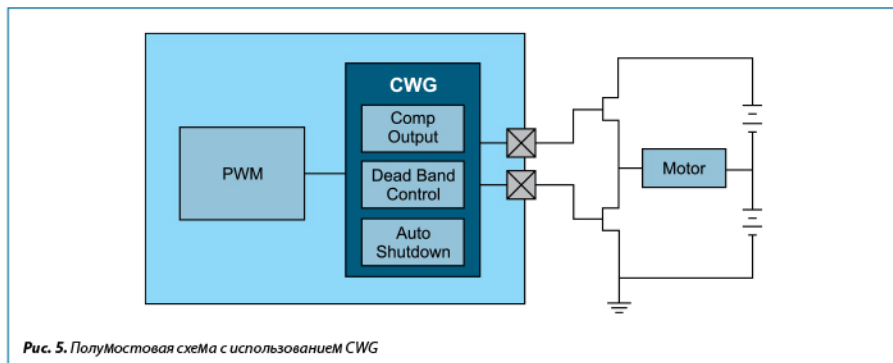


Рис. 5. Полумостовая схема с использованием CWG

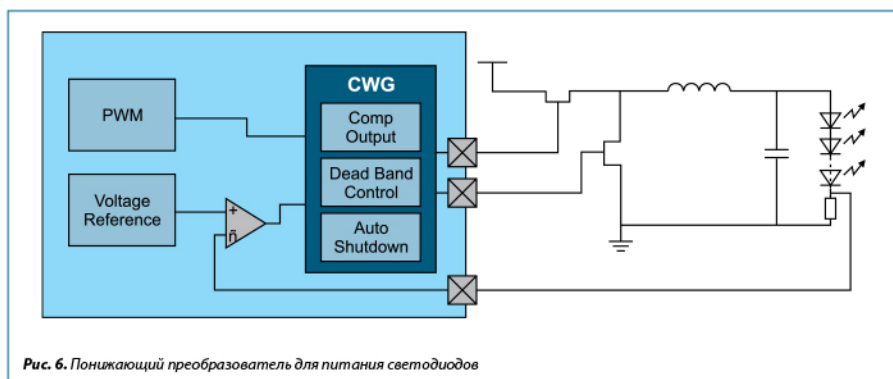


Рис. 6. Понижающий преобразователь для питания светодиодов

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

Синтезатор частоты (NCO — Numerically Controlled Oscillator) расширенные возможности ШИМ с линейным управлением частоты.

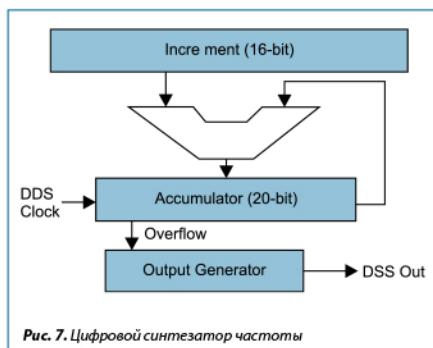


Рис. 7. Цифровой синтезатор частоты

Ключевые особенности:

- Выделенный ШИМ с 20-разрядным разрешением.
- Высококачественный 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. 8):

- Управление флюорисцентными и светодиодными лампами
- Управление неоновыми лампами
- Световые балласты
- Источники питания

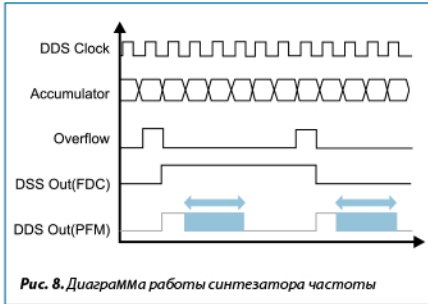


Рис. 8. Диаграмма работы синтезатора частоты

- Управление двигателями
- Модемы
- Звуковые усилители класса D
- Ультразвуковые измерители расстояния

Пример управление флюорисцентной лампой показан на рис. 9.

- 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. 10).

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.

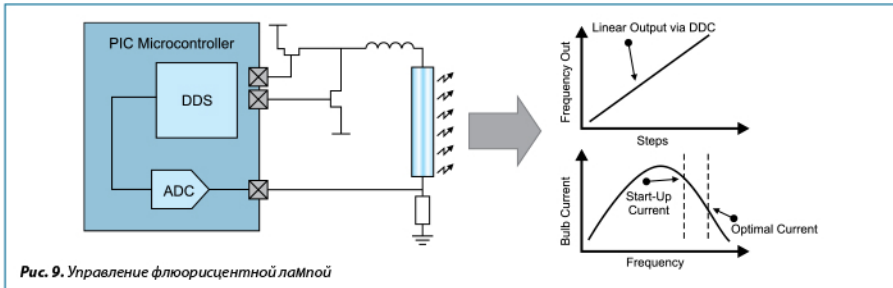


Рис. 9. Управление флюорисцентной лампой

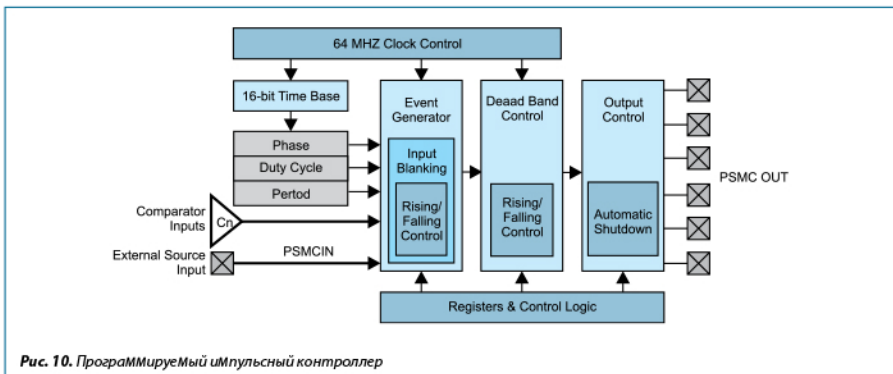
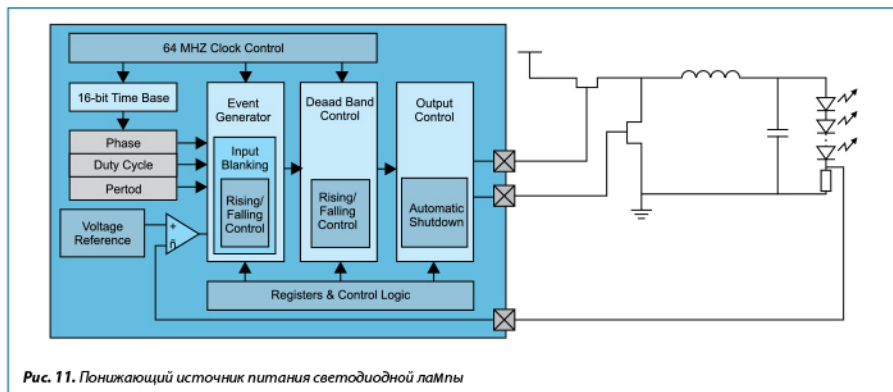


Рис. 10. Программируемый импульсный контроллер



- 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. 11.

- Увеличенная частота и контроль мертвого времени для синхронной работы ключей.

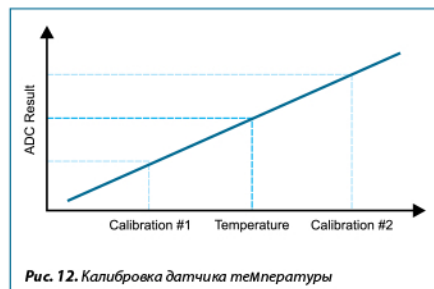
- Предоставляет автоматическое выключение, управления полярностью.
- Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F178x.

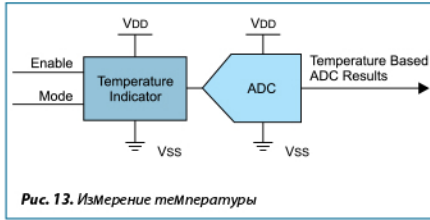
Операционный усилитель

Ключевые особенности:

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

Встроенный в микроконтроллер операционный усилитель позволяет уменьшить число внешних элементов и организовать обратную связь в системах питания, управления яркостью свечения светодиодов, управления электроприводом и других задачах.





Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F178X, PIC16F527

Индикатор температуры — интегрированный температурный датчик.

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. 13):

- Мобильные телефоны.
- Электроинструмент.
- Домашняя электроника.

- Любое устройство, требующее знание окружающей температуры.
- Автоматическое выключение устройства при перегреве.
- Устройства, требующие калировки генератора от температуры.

Пример кварцевого генератора с температурной компенсацией показан на рис. 14.

Возможность использования дешевых кварцев в приборах с широким температурным диапазоном.

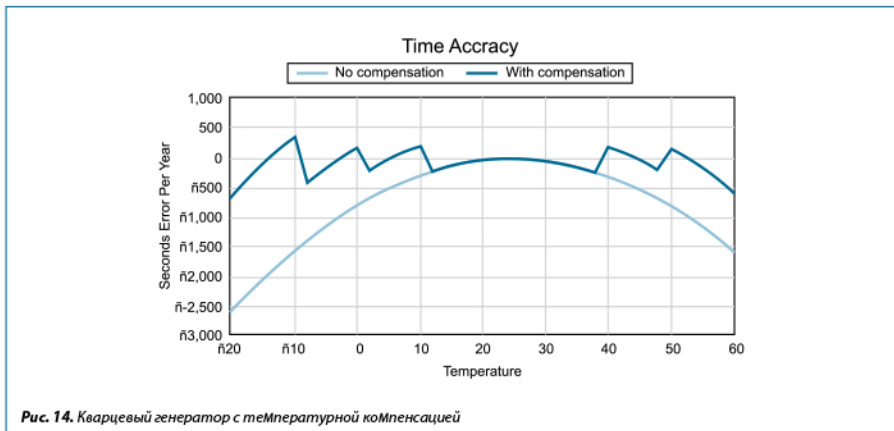
Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32X, PIC16F72X, PIC1XF15XX, PIC16LF190X, PIC16F182X, PIC16F178X, PIC16F193X/4X, PIC18K22.

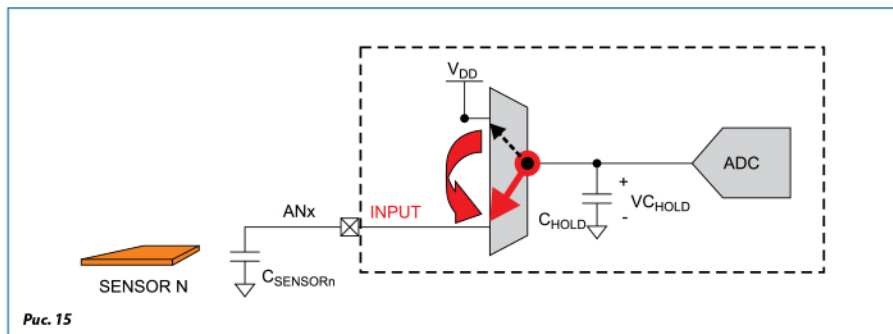
Емкостной делитель напряжений (CVD — Capacitive Voltage Divider)

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. 15) 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.

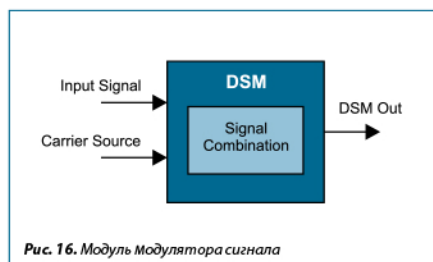
1. Для уменьшения влияния помех и увеличения точности модуль CVD позволяет проводить два последовательных измерения для последующего усреднения результатов. Для компенсации синфазной помехи модуль может производить два измерения — одно с зарядом УВХ до V_{DD} и разрядом сенсора, второе наоборот — с разрядом УВХ и заряженным до V_{DD} сенсором.
2. Для увеличения расстояния для сенсоров и компенсации паразитной емкости (ослабления эф-

фектов 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.

3. 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 (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 (SR Latch) — интегрированный 555-й таймер может многое.

Ключевые особенности:

- 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 (T1G — Timer 1 Gate) — измерение длительности входных сигналов (рис. 18).

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,

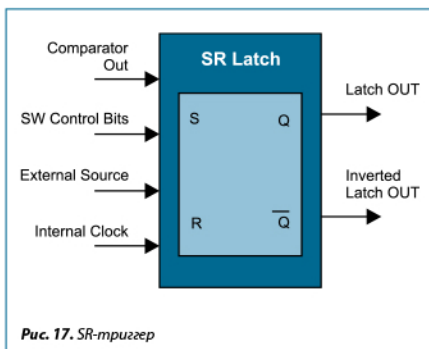
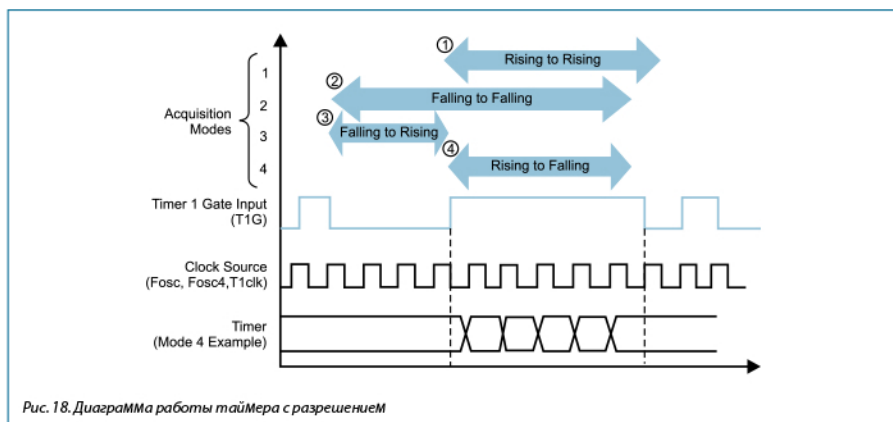


Рис. 17. SR-триггер



- 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.

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 электромагнитное 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 прихо-

дить 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 PIC16F170x. ■

НОВЫЙ АЦП MCP3911 ДЛЯ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Особенности:

- 2 независимых 24-битных АЦП с дифференциальными входами и усилителями.
- Четыре режима тактирования: выбор между производительностью и энергопотреблением.
- Высшая точность АЦП: 94,5 дБ сигнал/шум + искажения, -106,5 дБ гармонические искажения.
- Встроенный источник опорного напряжения 1,2 В (точность 7 ppm/°C).

Microchip представляет новую измерительную микросхему для электросчетчиков — MCP3911 — два 24-битных дельта-сигма АЦП, работающая от 3 В и имеющая наивысшие в сегменте параметры точности: 94,5 дБ сигнал/шум + искажения и -106,5 дБ гармонические искажения. Каждый из двух дифференциальных каналов имеет программируемый усилитель (*1...*32). Четыре разных режима работы микросхем дают гибкость в выборе между энергопотреблением (0,8 мА на канал) и производи-

тельностью АЦП (выборка быстрых сигналов, данные для гармонического анализа и пр.). Температурный диапазон работы -40...+85 °C.

Микросхема имеет интерфейс SPI для обмена данными и питание в диапазоне напряжений 2,7...3,6 В, что позволяет питать измеритель от того же источника питания, что и микроконтроллер.

Совместно с растущим рынком электросчетчиков, растет и рынок энергетического мониторинга, где требуются более производительные измерительные средства за меньшие деньги. Новая микросхема MCP3911 прекрасно удовлетворяют эти потребности: низкое энергопотребление, высокая точность и питание 3 В — все это снижает общую стоимость измерительной системы.

Для исследования характеристик новых микросхем и разработки выпускается отладочная плата MCP3911 Evaluation Board for 16-bit MCUs (ADM00398).

MPLAB X

В ноябре 2010 года на сайте microchip.com появилась возможность загрузить бета-версию новой среды разработки MPLAB X. В декабре 2011 года после нескольких бета-релизов, наконец, появилась официальная первая версия MPLAB X 1.0.

Таким образом, нелегкий путь от начала официального тестирования и до официального релиза среда прошла почти за год. На момент написания статьи уже выпущено четыре версии MPLAB X — версии 1.00, 1.10, 1.20, 1.30 и 1.40. В примерах к статье использовалась версия 1.30. Впрочем, внешне различные версии среды не отличаются ничем.

После установки и запуска MPLAB X пользователю демонстрируется стартовый экран с логотипом NetBeans, исходя из чего, самые догадливые сразу могут понять, что положено в основу MPLAB X. Действительно, зачем изобретать велосипед, если он уже давным-давно придуман. Итак, привычные инструменты разработки из «старой» MPLAB 8 были довольно изящно встроены в общую канву среды NetBeans, что дало появление новой среды от Microchip. В этой статье рассмотрены основные особенности MPLAB X, дан краткий обзор ее интересных возможностей.

Примечание. NetBeans IDE — свободная интегрированная среда разработки приложений (IDE) на языках программирования Java, JavaFX, Python, PHP, JavaScript, C++/C, Ада и ряда других. Исходный код среды доступен для бесплатного скачивания на официальном сайте проекта (<http://netbeans.org/>).

МНОГО ЛИ ОТЛИЧИЙ?

Начиная описывать отличия среды MPLAB X от ее предшественницы MPLAB 8, следует сразу уточнить, что подавляющее большинство инструментов при создании новой среды было сохранено. Основные принципы разработки приложений для микроконтроллеров Microchip остались прежними. Тем не менее, отличий достаточно много, и некоторые из них являются достаточно фундаментальными. К примеру:

- поддержка C++ для семейства PIC32 (только для MPLAB X 1.40 и старше);

- принципиальная возможность добавления сторонних компиляторов, программаторов и отладочных средств.

Далее опишем более подробно отличия новой среды MPLAB X от MPLAB 8.xх.

Свобода

О, это прекрасное слово «свобода». Видимо, из любви к демократии и свободе специалисты Microchip называют главным отличием новой среды от предыдущей свободно доступные исходники. Действительно, среда MPLAB X является полностью открытой и бесплатной (что совершенно естественно, так как в ее основе лежит открытый проект NetBeans). Теоретически, это означает, что любой желающий может внести в среду те изменения, которые посчитает полезными для себя. Полная свобода действий. Достаточно только скачать исходники, разобраться в коде, переписать его под себя и пересобрать среду. После этого можно будет, например, гордо продемонстрировать окружающим надпись “Made by Petia” вместо стандартной «MPLAB X» в заголовке основного окна среды.

Казалось бы — незначительное преимущество. Ведь не будет же уважающий себя разработчик тратить время на подобные пустяки. Однако вспомним про сторонние компиляторы. Задумаемся об «альтернативных» программаторах, которые некоторые разработчики используют и не желают переходить на фирменные. Теперь появляется реальная возможность для разработчиков сторонних фирм интегрировать свои изделия в единую среду разработки MPLAB X, чего нельзя было сделать в пределах MPLAB 8.xх. Открываются новые горизонты возможностей, буквально так и тянет написать свой (самый лучший в мире) компилятор и добавить его в среду.

Также появилась возможность сторонним программистам создавать новые полезные (и бесполезные) плагины. Остается надеяться, что это приведет к снижению трудоемкости нелегкого процесса разработки.

Кроссплатформенность

Еще одно серьезное отличие от MPLAB 8. Теперь не только пользователи операционной системы Windows смогут насладиться работой в полноценной среде разработки компании Microchip. На сайте microchip.com доступны для скачивания следующие версии MPLAB X:

- версия для Windows 32-bit;
- версия для Windows 64-bit;
- версия для Linux 32-bit;
- версия для Linux 64-bit;
- версия для Mac OS 32-bit;
- версия для Mac OS 64-bit.

Таким образом, новая среда разработки оправдывает надежды разработчиков, предпочитающих «альтернативные» операционные системы. Теперь уже не нужно запускать среду через Wain и тратить лишние ресурсы компьютера (а с MPLAB X они Вам пригодятся, но об этом дальше). Среда не только сама полностью совместима с вышеуказанными операционными системами, но и поддерживает работу в них современных отладочных средств (программаторов/отладчиков, starter kit-ов и пр.).

C++

Свершилось! Теперь знание C++ пригодится не только для разработки приложений для ПК, но также и для микроконтроллеров. Правда, поддерживается C++ только для серии PIC32 и только для компилятора XC32, однако это уже большой шаг на пути к прогрессу. Что важно — компиляция исходников на C++ возможна только в среде MPLAB X версий 1.40 и выше.

Скажем «Нет!» workspace

Следующей особенностью MPLAB X можно назвать ориентацию на проекты, а не на рабочее пространство (workspace), как в среде MPLAB 8. Казалось бы, это не дает больших преимуществ, а только усложняет переход к использованию новой среды. Однако это только на первый взгляд. На второй и последующие, можно заметить, что это приводит к возможности работы сразу с несколькими проектами в пределах одной среды. Это реализация мечты разработчиков, которым раньше приходилось открывать несколько MPLAB 8 (по одной на проект) на одном компьютере. Более того, теперь все на-

стройки проекта хранятся в самом проекте. То есть, используемый компилятор, программатор/отладчик, их настройки — вся эта информация сохраняется в проекте и вступает в силу после выбора его в качестве текущего. При выборе другого проекта среда автоматически изменит настройки на новые. Очень удобная особенность при работе с множеством проектов одновременно. Пример окна проектов, жирным шрифтом выделяется текущий проект (Main project) показан на рис. 1.

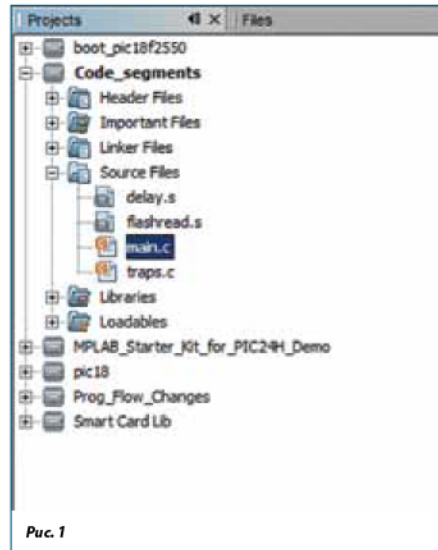


Рис. 1

Для сравнения — чтобы переключиться между проектами в MPLAB 8 Вам требовалось:

- закрыть текущий проект;
- открыть нужный;
- выбрать требуемые отладочные средства;
- изменить версию компилятора в настройках (если необходимо, конечно).

Все это MPLAB X делает сама при выборе проекта в качестве текущего.

Хватит ли USB-портов?

Посчитайте количество свободных USB-портов у Вашего компьютера — скоро они понадобятся Вам все. Теперь MPLAB X поддерживает одновременное подключение нескольких средств разработки.

Это является гармоничным дополнением к ранее описанной поддержке работы с несколькими проектами. Теперь есть возможность подключить несколько программаторов/отладчиков одновременно (например, четыре PicKit 3, парочку ICD3, один RealICE для полного комплекта), назначить по одному из них на каждый из текущих проектов, и работать ими независимо друг от друга. Среда MPLAB 8 такого бы точно не позволила сделать.

Несколько версий компиляторов

Компиляторы постоянно обновляются, в них добавляются современные микроконтроллеры, исправляются старые ошибки (и появляются новые!), вносятся какие-либо другие изменения. Иногда это приводит к тому, что новая версия компилятора перестает собирать старый проект (например, из-за изменений в header-файлах). Разработчику приходится устанавливать на компьютер несколько различных версий одного и того же компилятора и трепетно хранить их в течение десятилетий для поддержки старых проектов, а при необходимости собрать старый проект долго вспоминать — под какую же версию он был написан. Среда MPLAB X значительно облегчает этот процесс. Она позволяет работать со всеми установленными версиями всех компиляторов и переключаться между ними в несколько кликов мышью. Более того, указав однажды в настройках проекта версию компилятора, можно забыть об этом навсегда — среда в дальнейшем будет всегда собирать проект выбранной версией (если, конечно, Вы эту версию не удалите).

Опять же для сравнения — версия компилятора в MPLAB 8 является настройкой рабочего пространства (workspace), а не проекта. При выборе другой версии ей будут компилироваться все дальнейшие проекты.

Собрали и запрограммировали

В MPLAB X добавлена достаточно удобная возможность сборки проекта и программирования микроконтроллера (при условии подключения программатора/отладчика) нажатием одной кнопки. Точно такой же «однонопочный» режим есть и для режима отладки. Процесс, конечно, прервется, если в ходе компиляции возникли какие-либо ошибки,

либо не удалась попытка подключения к устройству (что довольно обидно, если нажать кнопку и уйти пить кофе). Таким образом, с одной стороны это повышает удобство работы и отладки проектов «в железе», с другой требует от разработчика большей внимательности. Впрочем, можно и по старинке — сначала собрать проект, а затем запрограммировать микроконтроллер.

Контроль версий

Для автоматизации процесса контроля версий разрабатываемого ПО в среду MPLAB X встроена (вернее, это стандартная функция NetBeans) возможность работы с системами CVS, Subversion и Mercurial. Также имеется собственная система с довольно урезанным функционалом, которая позволяет только откатить все изменения к сделанной резервной копии исходного файла. Также можно посмотреть историю изменений файла (в пределах сделанных средней резервных копий).

В дополнение в комплект с MPLAB X входит встроенная утилита "Diff", которая наглядным образом показывает отличия двух сравниваемых файлов. Очень удобный инструмент для поиска отличий, например, в разных версиях библиотеки. Или поиска внесенных вчера в свой код изменений, после которых он неожиданно начал работать как нужно (естественно, для этого нужно предусмотрительно сохранить оригинал или восстановить его из резервной копии). На рис. 2 с момента выполнения последней резервной копии в файл были добавлены только две пустые строки, что утилита "Diff" и демонстрирует в интуитивно понятной форме.

ОТЛИЧИЯ ПОМЕЛЬЧЕ

Выше были описаны, так сказать, глобальные отличия среды MPLAB X от MPLAB 8. Далее рассмотрим другие, более мелкие отличия. В основном, это некоторые дополнительные удобства разработки проектов, которые не являются столь уж необходимыми (но, попробовав один раз, уже не хочется обходиться без них).

Конфигурации проекта

Одной из приятных и полезных особенностей новой среды является поддержка нескольких независимых

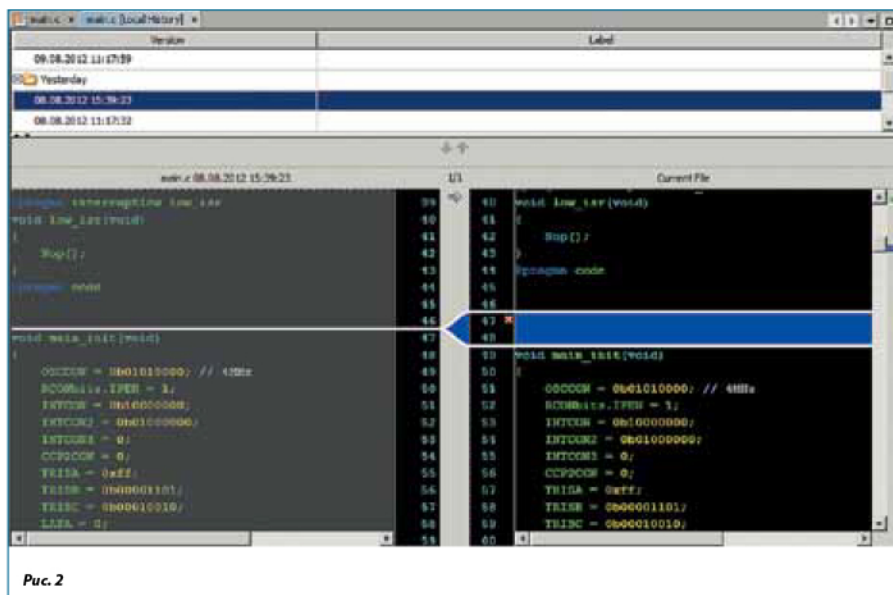


Рис. 2

конфигураций одного проекта. Имеется возможность изменить настройки проекта и сохранить изменения в качестве отдельной конфигурации. Вернуться к ней можно будет в любой момент. Так, например, для отладки программы и поиска причины неработающего USART можно создать конфигурацию с использованием эмулятора Real Ice, а для программирования серии тестовых образцов устройства конфигурацию с использованием PM 3, плюс еще одну конфигурацию для проверки алгоритма в симуляторе. Можно задавать не только средства разработки, но также версию компилятора, его директивы, пути к исходным файлам (все, что в среде MPLAB 8 настраивалось через меню "Project->Build Options..."). В дальнейшем переключение между этими конфигурациями займет 2 клика мышью.

Дополнительная панель информации

Так называемая панель Dashboard выводит полезную информацию по проекту в процессе разработки:

- текущий выбранный контроллер;
- контрольная сумма последней собранной прошивки;

- выбранный компилятор и его версия;
- расчетное количество использованной под последнюю прошивку RAM- и FLASH-контроллера;
- количество использованных и доступных аппаратных точек останова;
- используемое средство разработки.

Dashboard выглядит как показано на рис. 3.



Рис. 3

Граф вызова (Call Graph)

Граф вызова не имеет ничего общего с некромантией или вызовом духа знаменитого графа Дракулы, это просто еще одна приятная дополнительная функция MPLAB X.

Инструмент “Call Graph” позволяет построить схему вызова текущей функции другими функциями. Также можно построить обратный граф вызова всех функций из текущей. При этом для каждого вызова можно посмотреть значение параметров. Инструмент очень удобен при анализе стороннего кода для изучения логики вызовов той или иной функции. Граф выводится в виде простого рисунка, однако каждый элемент его можно свободно передвинуть мышью. Таким образом, можно привести граф в довольно приличный и удобочитаемый вид и добавить его, например, в документацию к разрабатываемому ПО (для объема) — доступна возможность экспорта в формате.png. Вот так выглядит граф вызова большой функции (на рис. 4 показаны функции, которые вызываются из GOLDrawCallback).

Шаблоны

В MPLAB X добавлена возможность формирования шаблонов для новых файлов в проектах. Шаблоны

можно сделать несколько (вообще говоря, их количество ограничивается только емкостью Вашего жесткого диска). Затем в процессе работы при создании нового исходного файла достаточно выбрать нужный шаблон, и новый файл будет содержать в себе весь текст шаблона. Очень полезная возможность при создании большого количества однотипных файлов. Также можно просто создать шаблоны проекта под, скажем, серию PIC18 с оформленными функциями векторов прерываний, инициализацией и пр. Простор для творчества здесь просто безграничен. Наверняка многие разработчики найдут эту особенность полезной — теперь есть куда структурировано разместить все собранные за многие годы «рыбы».

Растягивай, как хочешь

Еще одна особенность (или баг) MPLAB X — практически все окна (включая окна различных меню) можно растянуть или сжать по своему усмотрению до любого размера. Иногда это довольно удобно, если приноровиться — можно, например, растянуть побольше окно открытия файла, сразу станет комфортнее искать нужный в огромном списке ненужных.

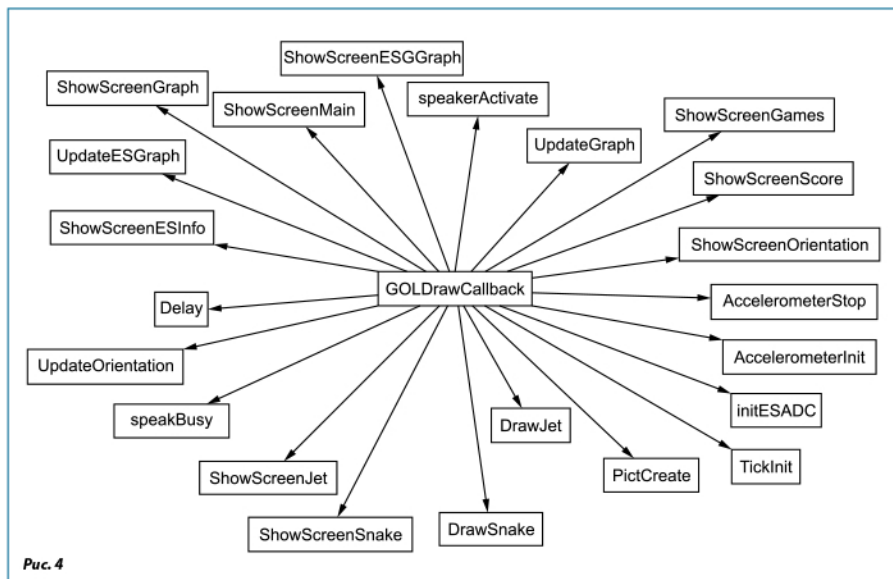


Рис. 4

Рефакторинг

Непонятное слово в заголовке, к сожалению, не имеет полного аналога в русском языке, поэтому в литературе обычно используется именно в таком виде — английский термин русскими буквами. Рефакторинг — это процесс изменения внешнего представления исходного кода без изменения его поведения. Это довольно мощный инструмент, который позволяет значительно изменить структуру исходного кода без изменения его функционала с целью облегчения понимания и сопровождения. Наиболее простой пример рефакторинга — замена длинного имени функции на более короткое для удобства чтения исходного кода. Однако большинство возможностей рефакторинга применимо только для ООП-языков (например, C++). Для ассемблера делать рефакторинг бесполезно, а что касается С, то здесь возможности довольно ограничены. Однако даже в ограниченном режиме рефакторинг позволяет:

- обнаружить все вызовы выделенной функции в проекте (с указанием значений параметров каждого вызова);
- переименовать функцию (с переименованием всех ее вызовов и объявления);
- изменить количество параметров функции (применяется ко всем вызовам в проекте, при добавлении параметров во всех вызовах добавится нулевое значение).

При переименовании функции изменения автоматически затрагивают все исходные файлы проекта — везде, где была объявлена переименованная функция, либо где она вызывалась. Результат рефакторинга в данном случае будет похож на применение команды Replace ко всем файлам проекта. Однако в случае рефакторинга закомментированный текст, например, меняться не будет.

Без навигации никуда

В дополнение к инструментарию рефакторинга в MPLAB X присутствует так называемый Навигатор, представляющий собой окно, содержащее список всех объектов текущего файла проекта. Здесь под объектами понимаются не классические объекты ООП, а такие элементы, как функции, определения (define), подключения модулей (include). Воспользовавшись этим списком можно перейти к опреде-

лению любого из перечисленных объектов, переименовать его (рефакторинг), найти все участки кода, использующие этот объект. Очень полезная функция — рекомендовано к использованию.

РЕДАКТОР

Про редактор MPLAB X можно рассказывать долго и с бесконечным, всевозрастающим уважением. Конечно, это скорее заслуга NetBeans, нежели Microchip, однако именно редактор исходного кода сделал среду MPLAB X горячо любимой разработчиками по всему миру. Как Вы, конечно, помните, редактор MPLAB 8 по функционалу похож на стандартный инструмент Windows под названием Блокнот (Notepad) и ничем даже не напоминает нормальный редактор исходного кода, кроме как нумерацией строк. Многие разработчики для редактирования исходника пользуются сторонними редакторами, а среду MPLAB 8 запускают только для компиляции прошивки и отладки.

MPLAB X полностью меняет подход к редактированию исходного кода. Теперь в распоряжении разработчика полноценный, мощный (может, даже несколько избыточный) инструмент для редактирования именно исходного кода, а не просто текста. Процессу разработки ПО теперь помогает разноцветное выделение (как в лекциях у отличницы) ключевых инструкций языка, названий функций, подчеркивание ошибочных участков кода, выделение разным цветом различных классов директив и многое-многое другое. Что особенно приятно, так это возможность полного изменения цветовой гаммы редактора на любой вкус и цвет. В дополнение осуществляются проверка исходного кода «налету» с выделением некорректных участков (теперь не нужно каждый раз пересобирать проект для синтаксической проверки кода).

Цвет — наше всё

Цветовая схема редактора полностью настраиваемая, как уже было сказано выше. Более того — для каждого языка программирования она может быть своей. Даже становится немного жаль, что для микроконтроллеров Microchip можно использовать только ассемблер и Си (Бейсик не в счет) — всех возможностей среды ощутить не удастся.

```

120 unsigned int ucFlashData[0], ucFlashData[0], ucFlashData[0];
121
122
123 int main( void )
124 {
125     #define Something
126
127     #ifdef Something
128         // Disable SW Watch Dog Timer
129         WDRbits.WDUTEN=0;
130     #endif
131
132     // Initialize PORT Pins or LEDs
133     TRISA = 0;
134     LATA = 0;
135
136     PMS_nPreg = readByte(CPU_BASE_ADDR, PMS_ADDR_OFFSET);
137     PSH_nPreg = readByte(CPU_BASE_ADDR, PSH_ADDR_OFFSET);
138     PMS_nPreg = readByte(CPU_BASE_ADDR, PMS_ADDR_OFFSET);
139
140     Tail = 0x1234;
141
142     if ( PMS_nPreg == 0x00 )
143         LATBbits.LATA1 = 1; // PMS register configuration Success

```

Рис. 5

Настроить можно практически все — начиная от общего фона и цвета текста, заканчивая фоном и цветом выделения отдельных типов ключевых слов. Например, можно попросить редактор выделять использованные где-либо в коде переменные одним цветом, объявленные, но не использованные другим, константы третьим, типы данных четвертым, имена функций пятым т.д. Также очень удобно использовать «тусклый» цвет (например, светло серый) для участков кода, которые не используются в настоящий момент (например, из-за директив `#ifdef`). Еще, к примеру, можно полностью изменить всю цветовую гамму и использовать темный фон для текста вместо стандартного белого — глаза скажут Вам спасибо. Правда, для этого придется поменять цвета и для текста, так как черный текст на черном фоне прочитать довольно затруднительно. Пример такой цветовой модели представлен на рис. 5.

Автоформат

Случалось ли Вам открыть чужой (или свой старенький) исходник и огорчиться тому, что стиль оформления значительно отличается от привычного? И отступы какие-то не такие, и между функциями пустых строк мало — неудобно читать. Теперь это не проблема — MPLAB X поддерживает

инструмент автоматического форматирования исходного кода, согласно выбранному (или созданному) Вами стилю оформления. Достаточно нажать сочетание клавиш «Alt+Shift+F», и текущий открытый в редакторе файл полностью преобразится. Правила оформления можно редактировать, создавать несколько различных профилей, либо выбрать стандартные.

Анализ синтаксиса

При наборе текста программы среда MPLAB X проводит анализ синтаксиса в непрерывном режиме, проверяя текст на наличие ошибок, предлагая ав-

```

142 PORTAbits.
143     RA0 unsigned
144     RA1 unsigned
145     RA10 unsigned
146     RA2 unsigned
147     RA3 unsigned
148     RA4 unsigned
149     RA7 unsigned
150     RA8 unsigned
151     RA9 unsigned

```

Рис. 6

топодстановки, выделяя сомнительные с ее точки зрения участки. Каждая ошибка сопровождается комментарием, что конкретно не понравилось среде в данном участке кода. Что касается автоподстановки, то это очень удобная возможность, позволяющая не отвлекаться на заучивание ранее объявленных структур, объединений и прочее, а просто выбирать в списке нужный элемент (рис. 6).

Ссылки на объявления

Еще одна дополнительная возможность, значительно облегчающая работу с исходным кодом — автоматический переход на объявление функции, переменной, макроса, define-выражения. Достаточно нажать клавишу «Ctrl» и кликнуть мышью на нужный участок кода. Среда тут же осуществит переход на участок кода, где было выполнено объявление выбранного элемента. При необходимости будет открыт файл с объявлением. Вернуться обратно можно сочетанием клавиш «Alt+Left».

Управление задачами

Предположим, в процессе написания программы Вы решили доделать какой-либо кусок попозже, а сначала разобраться с чем-нибудь другим. Как потом найти этот недоделанный кусок в разросшемся до тысячи строк листинге? Среда MPLAB X привносит в быт разработчика инструмент под названием задачи (Tasks). Достаточно поставить комментарий со словом «TODO» или «FIXME», и в списке

задач в одноименном окне появится новый пункт. Перейти к выбранному участку кода в дальнейшем можно просто двойным кликом мыши. Ключевые слова комментариев можно добавлять и редактировать в настройках среды, если Вам не понравятся стандартные «TODO» и «FIXME» (рис. 7).

Очень «горячие» клавиши

Среда MPLAB X поддерживает огромное (не преувеличение) количество горячих клавиш, каждую из которых можно настроить. Если для перехода в то или иное меню горячие клавиши кажутся избыточной роскошью (зачастую проще выбрать нужную функцию мышью, чем запоминать сочетание клавиш), то для редактора исходного кода они становятся просто незаменимым инструментом. Например, сочетанием клавиш «Sift+Alt+Up» можно мгновенно перенести текущую строку кода (или выделенные несколько строк) на одну строку вверх. Сочетание «Sift+Alt+Down» наоборот сдвинет код на одну строку вниз. Клавиши «Ctrl+Shift+Up» создадут копию текущей строки (или выделенных нескольких строк) строкой выше, а клавиши «Ctrl+Shift+Down» — ниже. Закомментировать текущую строку (или наоборот убрать комментарий) можно простым нажатием сочетания «Ctrl+Shift+C».

Ознакомиться со всеми функциями «горячих» клавиш можно в меню Tools->Options на вкладке «Keуmap». Там же их можно переназначить на любые другие удобные сочетания.

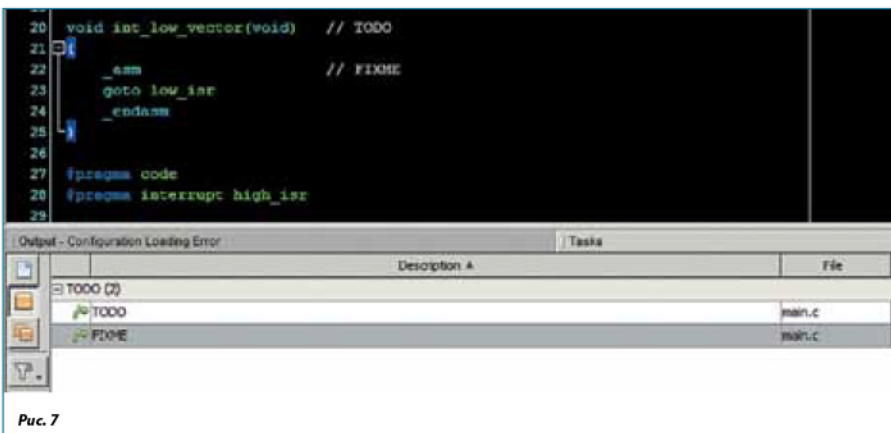


Рис. 7

Макросам — макросово

Для автоматизации рутинных действий в редакторе исходного кода MPLAB X встроена возможность записи и активации макросов. Макросами обычно пользуются для простейших действий, которые требуется выполнить несколько раз. После нажатия кнопки «Начать запись» среда будет запоминать все действия, которые Вы сделаете в редакторе до нажатия кнопки «Стоп запись». После этого макрос можно сохранить под каким-либо именем и даже назначить для него сочетание горячих клавиш, по которым он будет вызываться.

Раскрытие макроподстановок

В продолжение темы макросов стоит упомянуть об еще одном повышающем эффективность программирования инструменте, позволяющем посмотреть, что же фактически будет подставлено при сборке проекта вместо того или иного макроса

или define. Опять-таки очень удобная функция при анализе чужого (да и своего) кода.

Работа с окнами

Ранее уже упоминалась, что MPLAB X допускает вольности в обращении с окнами. В контексте работы с редактором исходного кода это открывает дополнительные возможности. Стоит упомянуть (впрочем, это так естественно, что даже и говорить не хочется), что каждый файл в редакторе теперь всегда открывается не в отдельном окне (как в MPLAB 8 без включенной функции "Us Tabbed window"), а в отдельной вкладке основного окна. Это позволяет легко переключаться между нужными файлами в процессе разработки. Однако каждая вкладка — это все-таки подвид окна, и ее можно «выдернуть» из основного окна редактора и перетянуть в отдельную область. Например, как показано на рис. 8. Или так рис. 9. Или даже так рис. 10.

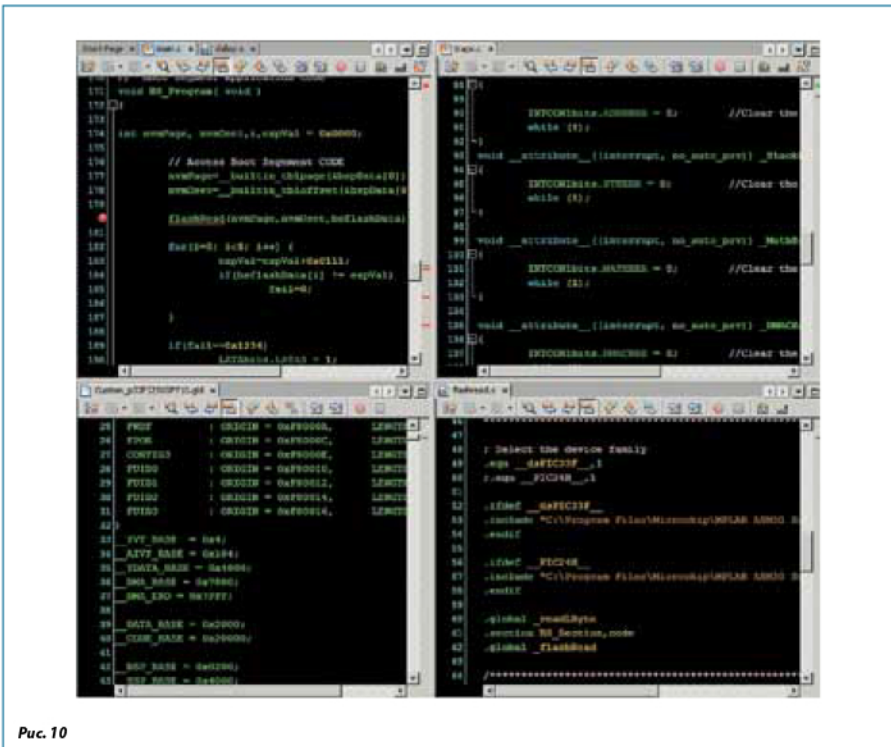


Рис. 10

СТОИТ ЛИ?

Стоит ли переходить на MPLAB X или пока остаться на старой доброй MPLAB 8 — вопрос, который задают себе многие разработчики. Однозначно, стоит. Хотя бы потому, что MPLAB 8 на текущий момент считается устаревшей средой. И хотя до сих пор выходят новые версии MPLAB 8, она в ближайшем будущем полностью будет вытеснена своим конкурентом MPLAB X. Так, например, в новых версиях Microchip Application Libraries примеры проектов уже представлены только в формате MPLAB X.

Также серьезные плюсы новой среды:

- поддержка C++ для семейства PIC32;
- кроссплатформенность;
- открытые исходники;
- профессиональный редактор исходного кода.

Из неприятностей, которые может доставить MPLAB X некоторым разработчикам:

- довольно высокие требования к компьютеру (среда требует довольно много оперативной памяти в процессе работы и старенькие ноутбуки «вешает» наглухо);
- отсутствие поддержки устаревших средств разработки (ICD 2 уже не поддерживается, PICKit 2 в ограниченном режиме, из ProMATE поддерживается только версия PM3).

В остальном переход на новую среду разработки, хоть и потребует некоторых усилий (прочитать руководство), но вполне оправдан. Встроенный конвертер проектов из MPLAB 8 также способствует быстрому переходу. Новые возможности среды MPLAB X значительно облегчают процесс разработки ПО. Посмотрев, как выглядит Ваш проект в редакторе кода MPLAB X, Вам уже не захочется вновь видеть его в MPLAB 8. ■

НОВЫЕ ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА MICROCHIP ДЛЯ СЕТЕЙ WI-FI® — РАБОТА В ИНТЕРНЕТЕ ПО ПРОСТОМУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМУ ПОРТУ

Особенности:

- Основаны на готовых сертифицированных малопотребляющих Wi-Fi-модулях Roving Networks — последнего приобретения Microchip.
- Работа в сетях Wi-Fi вкюпе с любым контроллером богатого семейства PIC.
- Платы в стандартном форм-факторе PICtail™ — подключение ко многим отладочным платам Microchip.
- Быстрая разработка и запуск проектов благодаря встроенному в модули стеку TCP/IP.

Microchip подготовил новые платы расширения для систем отладки PIC — на основе Wi-Fi-модулей Roving Networks. Платы RN-131 и RN-171 PICtail™/PICtail Plus — первые платы, разработанные Microchip для модулей Roving Networks. Они имеют простой последовательный интерфейс и совместимы практически со всеми микроконтроллерами PIC, а также имеют наименьшее из всех представленных на рынке модулей Wi-Fi энергопотребление и встроенный стек TCP/IP.

RN-171 и RN-131 полностью сертифицированы для сетей Wi-Fi и представляют из себя законченное решение: радиотракт 802.11 b/g, процессорное ядро, TCP/IP-стек и набор сетевых возможностей. Важной особенностью является полная функциональная законченность модуля с точки зрения работы в сети Wi-Fi/TCP/IP, может работать с любыми контроллерами PIC, обеспечивает простую разработку системы и имеет сверхнизкое энергопотребление: 4 мкА в Sleep, 35 мА в приеме и 120 мА в передаче.

Новые платы расширения позволяют быстро добавить Wi-Fi соединение в существующие проекты без досконального изучения особенностей технологий Wi-Fi и стека TCP/IP, используя стандартные отладочные платы для PIC, сокращая время разработки и значительно снижая ее сложность.

Обе платы доступны для заказа: RN-131 PICtail Daughter Board (номер для заказа RN-131-PICtail) и RN-171 PICtail Daughter Board (номер для заказа RN-171-PICtail).

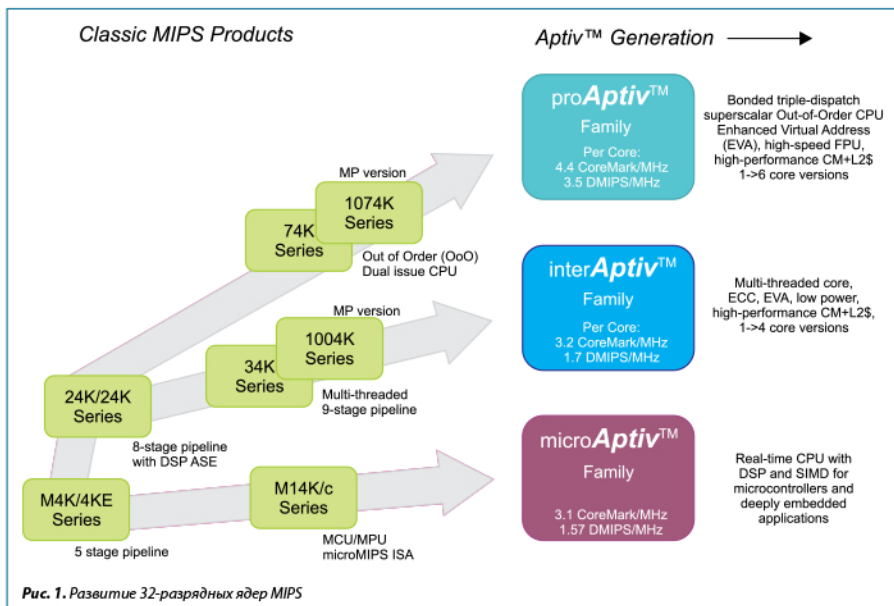
32-БИТ ЯДРА MIPS В ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ MICROCHIP

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 ядро 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 увеличивает 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).

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

Так как ядро M4K имеет два конвейера, то программист имеет возможность распараллелить процессы, 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 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 инструкций, Шинная матрица (Bus Matrix), Контроллер прерываний и интерфейс отладки ICSP.

Буфер и Кэш предвыборки инструкций

В PIC32 приложение может выполняться как из внешней flash-памяти, так и из внутреннего ОЗУ, которое можно динамически разделить на области программ и данных.

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	–	–

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 выбрать четыре 32-битных инструкции, что соответствует выборке из Flash-памяти с учетверенной скоростью. Однако, даже при наличии 128-битного буфера предвыборки, выполнение инструкций с такой 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 16 128-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 инструк-

ции, 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 содержат 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

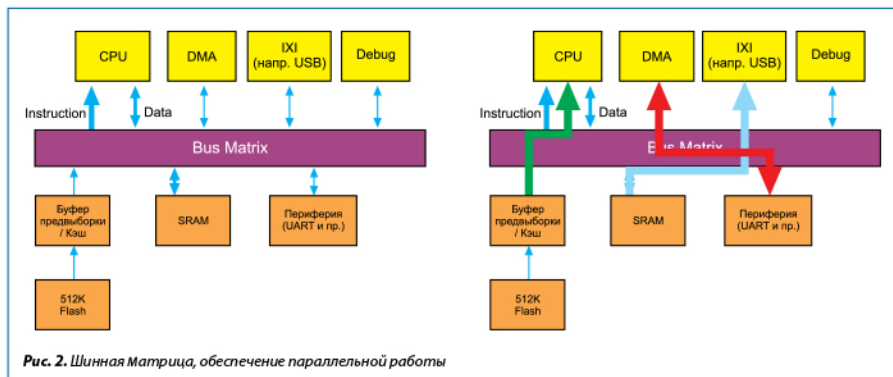


Рис. 2. Шинная Матрица, обеспечение параллельной работы

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 (РОН, General Purpose

Registers — GPR). Второй набор предназначен для использования с высокоприоритетными прерываниями. Этот дополнительный набор РОН так же называется теневым набором регистров (shadow register set). Когда происходит высокоприоритетное прерывание, процессор автоматически переключается на теневой набор РОН 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 применяемым 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 РОН 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

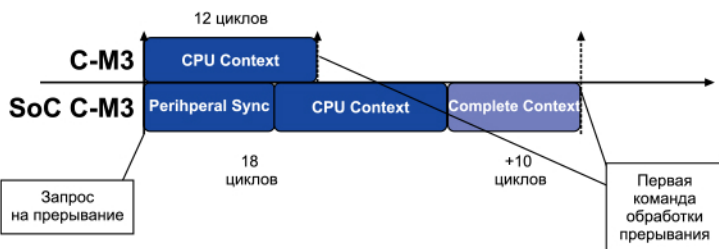


Рис. 3. Различия во времени входа в прерывание для «голого» ядра Cortex M3 и практических реализаций контроллеров на базе Cortex-M3

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.

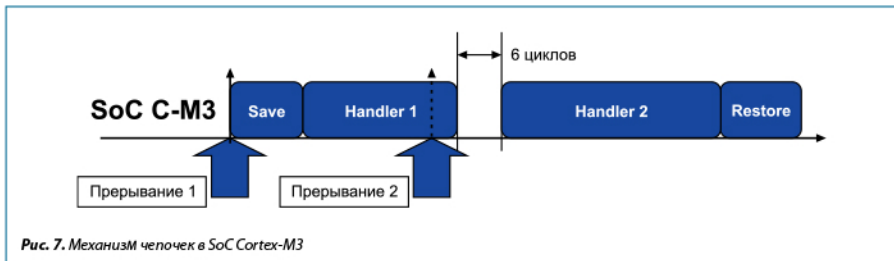
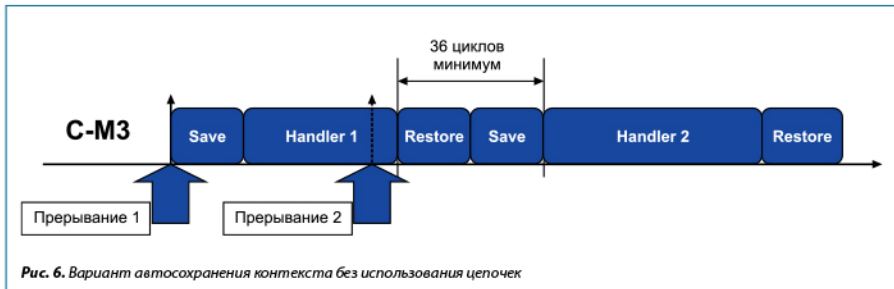
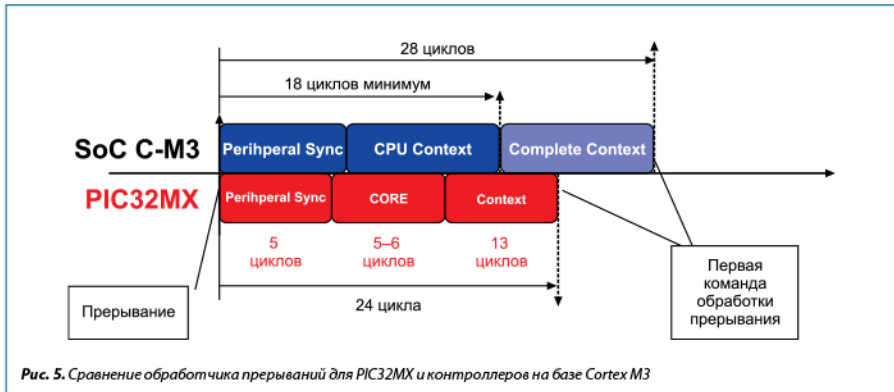
Ядру Cortex-M3 требуется 12 циклов для сохранения контекста. Однако, в практических реализациях процессоров на базе Cortex-M3, ситуация несколько иная. Так, в SoC на базе Cortex-M3, обработчику прерываний нужно от 18 до 28 циклов на вход в прерывание (рис. 3). Время входа в обработчик прерывания состоит 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 автомати-



Рис. 4. Обработка высокоприоритетного прерывания в PIC32MX



ческого сохранения регистров ядра и 13 циклов на сохранение контекста.

Только простой обработчик прерываний выигрывает от автосохранения контекста в Cortex-M3. Компиляторы Си автоматически сохраняют контекст при вызове функций и использовании регистров, поэтому общее время обработчика 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. Всего 3 дополнительных цикла требуется для обработки двух прерываний в многовекторном режиме (рис. 8).

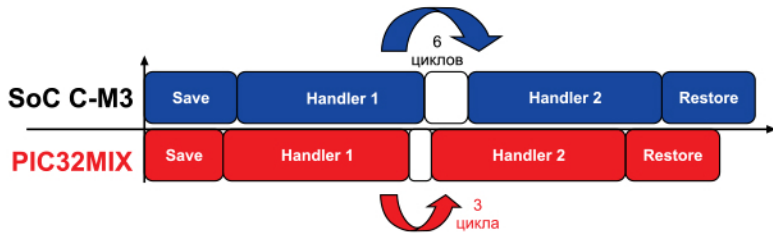


Рис. 8. Сравнение обработки последовательных прерываний в PIC32MX и SoC Cortex-M3

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.

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

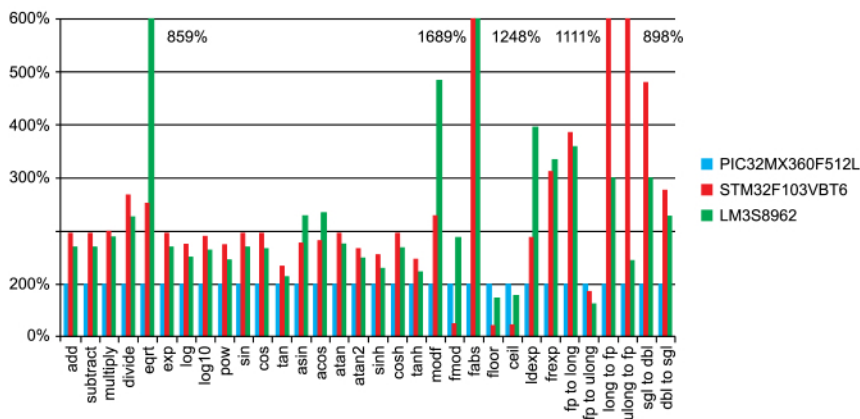


Рис. 9. Сравнение времени выполнения алгоритмов с плавающей точкой для PIC32 и контроллеров, на базе Cortex-M3

на контроллерах Cortex-M3 (Thumb2) относительно PIC32MX (источник www.smxrtos.com, данные для Cortex-M3 приведены для STM32F103VBT6 и компилятора Keil v4.13; для LM358962 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 быстрее, что позволяет уменьшить тактовую частоту процессора, обеспечив меньше потребление.

ЯДРО M14K И MICROAPTIV

Ядро M14K 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. Основанное на M14K, ядро microAptive получило большее быстродействие, дополнено ЦОС расширением ядра MIPS и новыми возможностями защиты памяти и интерфейса отладки.

Основное улучшение архитектуры microAptive 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 microAptive, 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 (microAptive имеет до четырех 64-битных аккумуляторов). Кроме того, реализованы преадресации внутри конвейера ядра, а так же между АЛУ и MDU, когда результат предыдущей команды посылается непосредственно к текущей, в обход обновления регистров.

Расширенный набор инструкций добавляет 159 DSP команд, включая 70 команд поддерживающих множественный поток данных (Single Instruction Multiple Data — SIMD) и 38 команд умножения/MAC. 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.

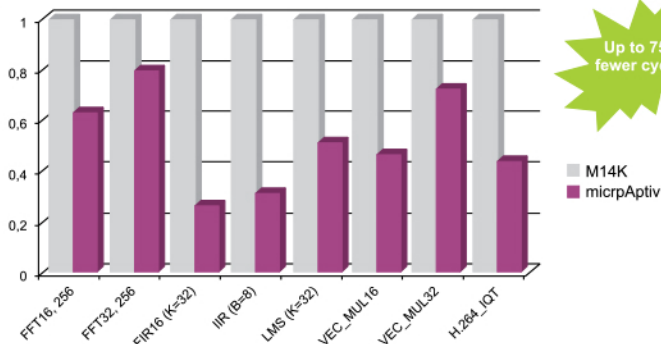
В дополнение к обычно встречающимся операциям, DSP ASE также включает некоторые функции, повышающие производительность. Примером являются функции извлечения произвольных битов, например из входного потока. Другие функции позволяют эффективно обрабатывать комплексные числа. Набор команд также включает в себя новый и эффективный способ для поддержки виртуальных кольцевых буферов.

Инструкции умножения/MAC работают со встроеным 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/MAC инструкций могут быть записаны на любом ПОН 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 (κ = 32) требует на 75% меньше циклов (рис. 10).

Высокое быстродействие и функционирование ядра микроконтроллера в реальном времени обеспечи-

Cycles



Up to 75% fewer cycles

Рис. 10. Сравнение microAptiv (с DSP ASE) и M14K (без DSP ASE). (Чем меньше циклов, тем лучше)

вается 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 MICROAPTIV 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. 11).

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.

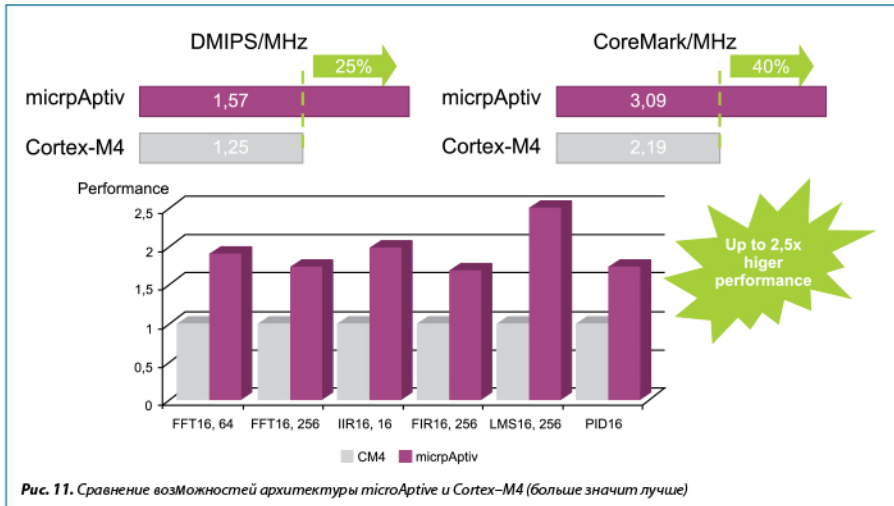


Рис. 11. Сравнение возможностей архитектуры microAptiv и Cortex-M4 (больше значит лучше)

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 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. 11. Результаты были получены для платы ST32FM4 Discovery с использованием отладочной платформы Keil MDK. Результаты для ядра microAptiv были измерены на плате MIPS SEAD-3 с применением компилятора Mentor Sourcery CodeBench gcc. Полученные результаты иллюстрируют существенное превосходство ядра microAptiv 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 microAptiv, использует DSP ASE по возможности в microMIPS формате.

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

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 microActiv MPU (микропроцессорный 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.

ИТОГИ

Архитектура MIPS предоставляет ядра, составляющие серьезную конкуренцию ARM платформам. Новые процессоры PIC32MZ Embedded Connectivity, основанные на процессорном варианте ядра MIPS microActive, 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 существенно уменьшить потребление системы, а компактность кода системы команд microMIPS позволяет использовать процессоры с меньшей памятью и меньшей ценой. ■

ПРЯМОЕ УПРАВЛЕНИЕ TFT С ПОМОЩЬЮ PIC32

Чем популярнее становятся графические инструменты в современной микроконтроллерной технике, тем острее встает вопрос о снижении итоговой стоимости этих инструментов. Использование ЖКИ в проекте значительно увеличивает затраты на производство устройства. Одно из узких мест в данном вопросе — выбор между встроенным графическим контроллером, либо его внешним вариантом. Как показывает практика, для очень широкого круга задач встроенный графический контроллер не требуется, но без него обеспечить качественное управление ЖКИ не всегда удается. Не маловажным является достаточно значительная разница в стоимости ЖКИ со встроенным контроллером и без него.

В данной статье приводится пример недорогого решения задачи управления цветными графическими ЖКИ без встроенного контроллера с применением микроконтроллера PIC32, который используется не только для выполнения основных функций, но и играет роль «виртуального» графического контроллера для обновления изображения на ЖКИ. Как показывает практика,

работа с графикой при таком подходе потребует не более 5% процессорного времени.

Специально для демонстрации такого программно-аппаратного решения компанией Microchip была разработана и представлена плата “Low-Cost Controllerless (LCC) Graphics PICtail Plus Daughter Board”. Плата совместима со всеми отладочными комплектами “PIC32 starter kit”, с популярным отладочным средством “Explorer 16”, а также с ЖКИ-модулями “Truly 3.2” QVGA board” и “4.3” WQVGA Powertip display panel”. На рис. 1 представлен пример подключения “PIC32 USB Starter KIT 2”, “LCC Graphics PICtail Plus Daughter Board” и “4.3” WQVGA Powertip display panel”.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Основная проблема работы с ЖКИ без встроенного контроллера — необходимость с достаточно большой частотой передавать дисплею информацию о состоянии пикселей. Если дисплей к тому же и цветной, объем передаваемых данных сильно возрастает. Частота обновления экрана варьируется от дис-

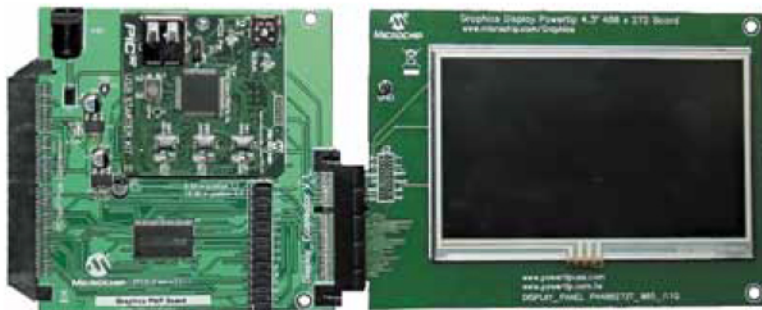


Рис. 1. Пример подключения “LCC Graphics PICtail Plus Daughter Board”

плея к дисплею, но обычно составляет около 60 Гц. Фактически получается, что внешний микроконтроллер должен постоянно заниматься формированием и передачей дисплею пакета информации о состоянии пикселей и терять возможность выполнять иные программные функции.

Пример. Введем понятие «глубина цвета» (Color depth) как максимальное количество цветов, которые может принимать каждый пиксель на ЖКИ. Глубина цвета обычно задается в единицах «бит на пиксель» (BPP — bits per pixel). Одна из наиболее распространенных RGB-цветовая модель, которые применяются в бесконтроллерных TFT-дисплеях, использует глубину в 18 BPP — 6 бит на красный цвет, 6 бит на зеленый и 6 бит на голубой.

Допустим, стоит задача управления цветной TFT-панелью без встроенного контроллера с разрешением 320×240 с глубиной цвета 18 BPP. Требуется осуществить регенерацию изображения с частотой 60 Гц. Подсчитаем объем передаваемых данных:

- требуется передать информацию о $320 \times 240 = 76\,800$ пикселях
- каждый пиксель кодируется 18 битами цветности, что даст $130\,560 \times 18/8 = 172\,800$ байт
- передавать эту информацию дисплею требуется с частотой 60 Гц, в итоге получим:
 $172\,800 \times 60 = 10\,368\,000$ байт/с = 9,88 Мбайт/с.

TFT-дисплей с 18 BPP обычно имеет по 6 выводов для передачи красного, зеленого и голубого цветов. Если передачу данных осуществлять с помощью пин-И/О-контроллера, то потребуются как минимум две операции для передачи одного байт — чтение байт из памяти и выдача в порт И/О. Таким образом, потребуется 20 736 000 операций в секунду = 20,736 MIPS. Также требуется своевременно выполнять подготовку данных к передаче и изменение информации о пикселях для обеспечения вывода динамического изображения, на что также тратится большой объем ресурсов микроконтроллера.

Количество операций в секунду, которые необходимо выполнить для управления цветным ЖКИ, возрастает пропорционально разрешению дисплея и используемой глубине цвета. При использовании больших дисплеев с большим количеством цветов прямое решение этой задачи становится крайне неэффективно, а зачастую и невозможно.

Далее будет продемонстрирована архитектура управления цветным дисплеем без встроенного контроллера, используя которую необходимо затратить всего около 5% процессорного времени микроконтроллера серии PIC32 для работы с дисплеем.

КАК ЭТО РАБОТАЕТ?

Проблему необходимости передачи с большой скоростью большого объема данных решает встроенный модуль DMA (direct memory access — прямой доступ к памяти).

Модуль DMA предназначен для передачи данных между блоками памяти и периферийными модулями без участия ядра микроконтроллера. Использоваться каналы DMA могут как для передачи данных между периферией и памятью, так и для переноса данных между блоками памяти. Транзакции могут осуществляться на уровне слов и байт. Контроллер DMA также снабжен модулем вычисления циклического избыточного кода (CRC), который позволяет вычислить CRC любой разрядности с произвольным полиномом для любого канала DMA.

С использованием модуля DMA, который присутствует в микроконтроллерах серии PIC32, управление ЖКИ становится уже больше аппаратной задачей, нежели программной и требует всего лишь около 5% процессорного времени.

При управлении ЖКИ без встроенного контроллера модуль DMA используется для передачи массива данных через параллельный порт PMP (parallel master port) от микроконтроллера PIC32 к ЖКИ. Каждый массив содержит информацию о состоянии большого количества пикселей. Наиболее удобно передавать данные построчно. В этом случае каждый массив будет содержать одну строку пикселей на экране. Однако для больших дисплеев это не всегда удается, и строка разбивается на несколько массивов. По прерыванию от PMP или таймера передается следующий массив.

Во время передачи каждого пикселя PMP совершает операцию чтения/записи, что вызывает соответствующие сигналы/стробы, которые в данном случае также выполняют функцию тактовых сигналов для ЖКИ.

После передачи каждой строки кадра модуль DMA или таймер вызывают прерывание, по которому микроконтроллер выдает ЖКИ сигналы (например,

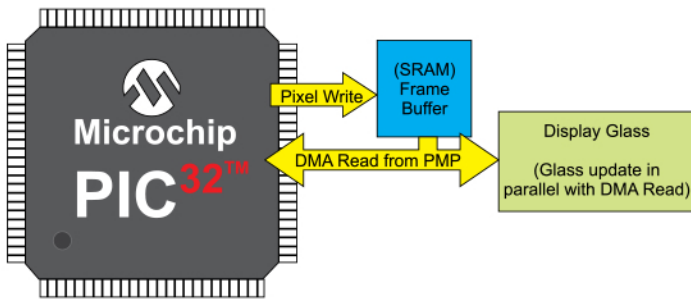


Рис. 2. Архитектура работы с внешней памятью

HSYNC, VSYNC и DEN), необходимые ЖКИ для обновления изображения.

Передача массивов данных повторяется до полного обновления кадра на экране ЖКИ.

Информация о кадре хранится в SRAM и может быть обновлена в любой момент при необходимости. Таким образом, изображение, выводимое на ЖКИ, может быть динамическим.

При описанной архитектуре управления ЖКИ без встроенного контроллера в качестве хранилища для изображения может выступать как встроенная SRAM PIC32, так и внешняя микросхема памяти.

ГДЕ ПРИМЕНИТЬ

Существует много разновидностей ЖКИ, доступных для использования в разработках. Метод управления ЖКИ без встроенного контроллера с ис-

пользованием PIC32 проектировался для работы с TFT-дисплеями (thin-film transistor — ЖКИ на тонкопленочных транзисторах). Однако такой подход может быть использован с минимальными изменениями практически для любых существующих типов ЖКИ. В данной статье рассматриваются особенности работы именно с TFT-дисплеями.

По линиям данных дисплею передается информация о цвете каждого пикселя — в данном случае по 16 бит на пиксель. В различных дисплеях присутствуют обычно от 8 до 24 линий данных, по которым передает информация о цвете в зависимости от глубины цвета дисплея.

Тактовые сигналы HSYNC, VSYNC, DEN, и PCLK используются для синхронизации передаваемой информации с итоговым кадром на дисплее. Эти сигналы информируют ЖКИ о моментах, когда на-

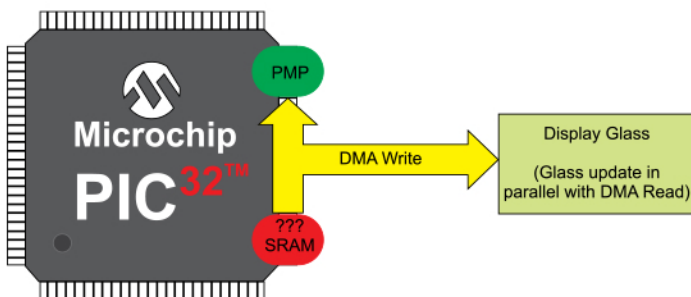


Рис. 3. Архитектура работы со встроенной памятью

чинается передача данных, когда заканчивается передача строки (HSYNC) или всего кадра (VSYNC). Сигнал DEN (data enable — разрешение передачи) формируется после удачной передачи информации о каждом пикселе. DEN необходим для ЖКИ TFT-типа, так как таким дисплеям требуется некоторое время на установку переданного пикселя в нужную позицию. До формирования сигнала DEN после приема пикселя следующий пиксель передаваться не должен. Сигнал PCLK является тактирующим для всего дисплея в целом — обновление кадра на дисплее происходит после получения этого сигнала.

Программный драйвер, разработанный специально для примера использования с отладочным средством Low-Cost Controllerless (LCC) Graphics PICtail Plus Daughter Board выполняет функции синхронизации автоматически. Эти задачи неразрывно связаны с параметрами дисплея — длительности импульсов, времени нарастания и спада, которые можно взять из описания ЖКИ. После указания этих параметров в программе в виде констант и компиляции всю работу низкого уровня возьмет на себя программный драйвер LCC.

ПО ШАГАМ

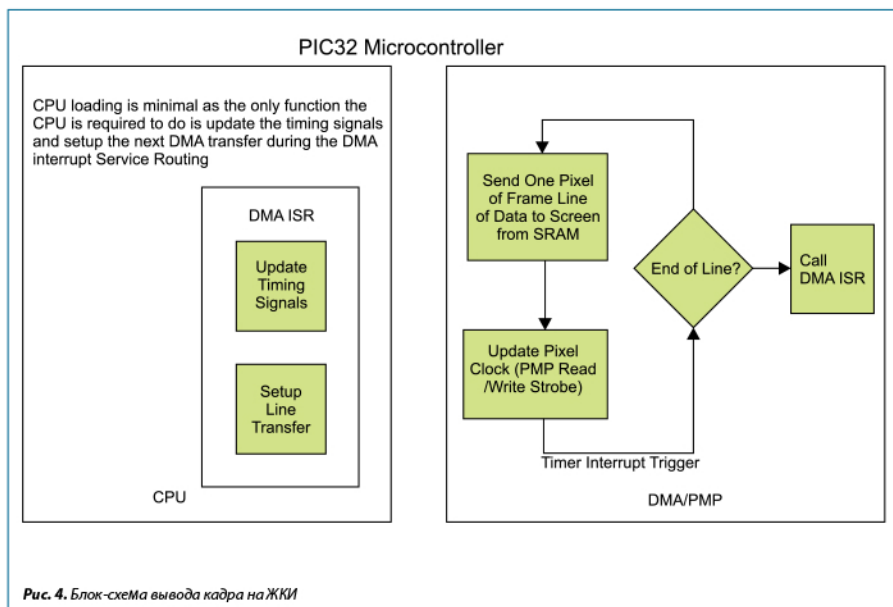
На рис. 4 показана блок-схема операций, которые выполняются в микроконтроллере PIC32 при выводе кадра на ЖКИ.

Блок DMA/PMP демонстрирует взаимодействие контроллера DMA и параллельного порта PMP для передачи массивов данных от PIC32 к ЖКИ. Блок CPU демонстрирует задачи, решаемые ядром PIC32. Блок DMA ISR (interrupt service routine — подпрограмма обслуживания прерываний) — единственная часть программы за исключением инициализации модулей DMA и PMP, которая отвечает за управление дисплеем.

В приведенной блок-схеме отсутствует информация о том, где хранится изображение — во внешней или во внутренней памяти контроллера. В данном случае это указывается при первичной инициализации модулей DMA и PMP и в дальнейшем алгоритме не играет никакой роли.

ПО ВРЕМЕНИ

Рассмотрим более подробно, как работает приведенная выше архитектура управления ЖКИ без встроенного контроллера с использованием PIC32.



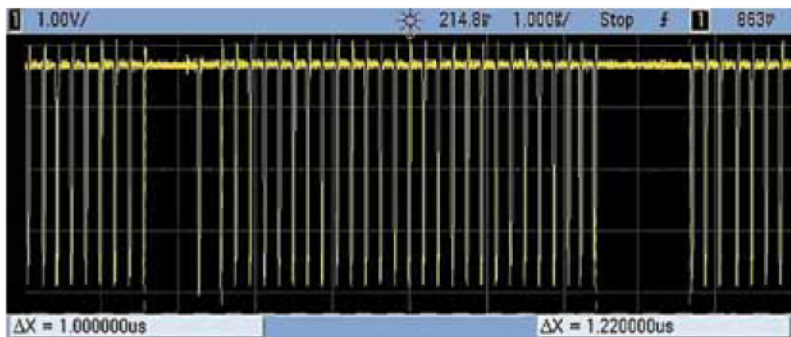


Рис. 5. Временная диаграмма вызовов функции прерывания

В качестве примера требуемой производительности микроконтроллера PIC32 для решения поставленной задачи управления ЖКИ с использованием описанной архитектуры приведем следующие цифры. Для управления WQVGA-дисплеем на отладочной плате «Graphics Display Powertip 4.3in. 480x272 Board» размером 480x272 потребуется:

- обновление изображения с частотой 60 Гц;
- вывод 272 строк с 2 прерываниями в каждой;
- подпрограмма обслуживания прерываний, которая выполняется за 80 программных циклов.

В итоге получим:

$$60 \times 272 \times 2 \times 80 = 2,6 \text{ MIPS}$$

(миллионов операций в секунду).

Соответствующие временные диаграммы приведены на рис. 5 и 6.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Динамическое обновление пикселей — настолько же важная задача, как и обновление всего изображение в целом. Изменение изображения выполняется путем внесения изменений микроконтроллером в данные о состоянии пикселей. Если изображение хранится во внутренней памяти PIC32, эту задачу можно решать параллельно с передачей массивов данных дисплею. Однако в случае использования внешней памяти и одного параллельного порта RMP потребуется иной подход. Здесь необходимо обеспечить приостановку передачи данных на вре-

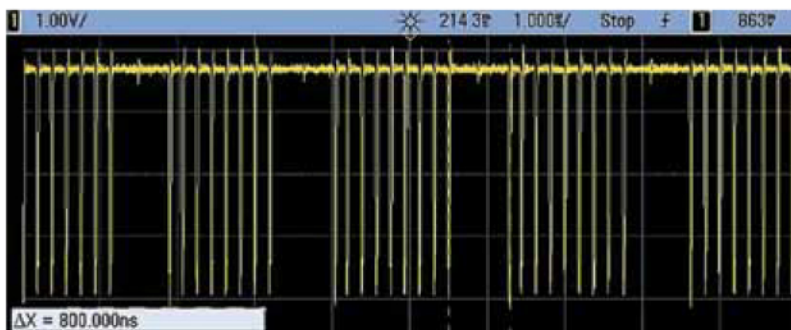


Рис. 6. Временная диаграмма вызовов функции передачи пикселя

мя внесения изменений в кадр. Эта приостановка повлечет за собой снижение частоты обновления изображения на дисплее. Количество изменяемых пикселей требует ограничивать верхним значением, чтобы частота обновления всего изображения с учетом задержки оставалась на том уровне, который не замечает человеческий глаз. Ограничение выполняется простым счетчиком измененных пикселей, который обнуляется во время начала передачи каждого массива данных. Таким образом, изображение обновляется постепенно.

Аппаратные возможности

Рассмотрим более подробно, что представляет собой плата «LCC Graphics Board».

На плате присутствует внешняя SRAM 512 кбайт, которая может быть использована в том случае, если для хранения изображения будет не достаточно встроенной памяти PIC32. В ином случае внешнюю память можно не использовать. Простое соотношение для подсчета необходимого для хранения кадра объема памяти следующее:

SRAM (байт) = (количество пикселей в строке) × (количество пикселей в столбце) × (количество байт глубины цвета).

Так например, в случае использования платы «Graphics Display Truly 3.2in. 320x240 Board» с QVGA-дисплеем разрешения 240×320 и глубины цвета 8 ВРР получим:

$$76\ 800 \text{ байт} = 240 \times 320 \times 8.$$

Для переключения между работой с внешней и внутренней памятью используются переключатели. Достаточно установить переключатели 1 и 2 для использования встроенной памяти или переключатели 2 и 3 для использования внешней памяти.

При работе с платой «LCC Graphics Board» становятся возможным легко выполнить такие графические функции, как слияние изображений, скроллинг — разработчик не ограничивается возможностями встроенного графического контроллера.

Исходный код

Для работы с платой «LCC Graphics Board» используется графическая библиотека от Microchip «Microchip Graphics Library», которая позволяет решать задачи вывода графики на дисплей от базовых примитивов до формирования полноценного графического пользовательского интерфейса (GUI — graphical user interface). Библиотека является свободно распространяемой и может быть загружена с сайта microchip.com/MAL.

Демонстрационный проект для платы «LCC Graphics Board» возможно также загрузить с сайта microchip.com со страницы описания платы.

Что еще?

Компания Microchip постоянно выпускает новые средства отладки и ознакомления для своей продукции. В конце каталога представлены основные отладочные средства, которые разработаны для микроконтроллеров семейств PIC24, dsPIC33, и PIC32. ■

БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ MICROCHIP

Беспроводные устройства сегодня используются повсеместно и разработчикам необходимы решения для их реализации. Компания Microchip, которая специализируется на производстве 8-, 16- и 32-разрядных микроконтроллеров, аналоговых микросхем и Flash-памяти, в настоящий момент предлагает передатчики и трансиверы для возможности разработки беспроводных решений любой сложности. На сегодняшний момент Microchip выпускает трансиверы и модули, способные работать по стандартам IEEE 802.15.4/ZigBee, IEEE 802.11/Wi-Fi, а также в субгигагерцовых ISM-диапазонах.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С ИНТЕГРИРОВАННЫМ RF-ПЕРЕДАТЧИКОМ

Дешевые устройства, требующие беспроводную связь, невысокую скорость передачи, небольшой

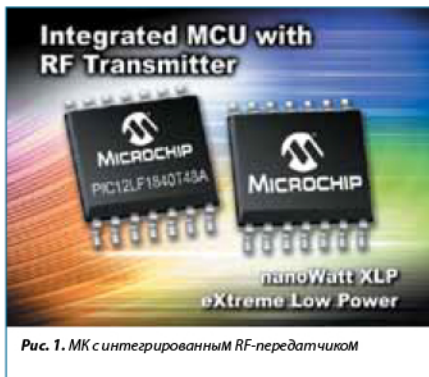
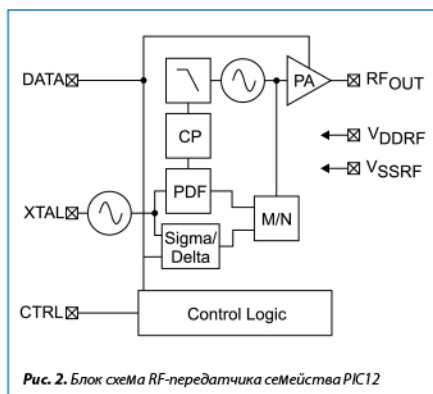


Рис. 1. МК с интегрированным RF-передатчиком

радиус действия и низкое энергопотребление, чаще всего используют ISM-диапазон частот. Для разработки таких устройств Microchip предлагает 8-разрядные контроллеры с интегрированным радиопередатчиком ISM-диапазона. Микроконтроллеры с радиопередатчиком (в компактных TSSOP-14 или SSOP-20 корпусах) — идеальное решение для недорогих устройств домашней автоматизации, охранных систем и сигнализаций, а также систем беспроводных датчиков. Поддержка технологии KEELOQ® дает разработчику возможность сделать защищенный радиоканал и увеличить стойкость системы ко взлому. Встроенный радиопередатчик семейства PIC12 позволяет работать в нескольких диапазонах и имеет два режима функционирования — предустановленный и расширенный режимы. Выводы CTRL и DATA служат для конфигурации RF-модуля. Сразу после настройки DATA будет использоваться для передачи информации.

Таблица 1. МК с интегрированным RF-передатчиком

Наименование	Память программы, байт	ОЗУ, байт	EEPROM	Напряжение питания, В	Мощность передатчика, дБм	Диапазон частот, МГц
PIC12F529T48A	2304	201	64	2,0–3,7	10	418, 434, 868
PIC12F529T39A	2304	201	64	2,0–3,7	10	310, 433, 868, 915
PIC12LF1840T39A	7168	256	256	1,8–3,6	10	310, 433, 868, 915
rPIC12F675F	1792	64	128	2,0–5,5	10	380–450
rPIC12F675H	1792	64	128	2,0–5,5	10	850–930
rPIC12F675K	1792	64	128	2,0–5,5	10	290–350



Предустановленный режим работы. В зависимости от логического уровня вывода CTRL при подаче питания на контроллер, RF-модуль настроится на работу в одном из двух predetermined режимов. Подтягивая вывод CTRL к питанию, либо к земле мы выбираем из заранее predetermined RF-частоту, тип модуляции и мощность. В дальнейшей работе устройства нам нет необходимости использовать дополнительные выводы микроконтроллера для контроля вывода CTRL. Заранее predetermined RF-настройки контроллера можно посмотреть в документации на него.

Расширенный режим работы. В этом режиме разработчик сам настраивает частоту, тип модуляции и мощность передатчика на свое усмотрение. Этот режим чаще всего используется в устройствах, где требуется более гибкая настройка передатчика. Настройки RF-передатчика хранятся в трех регистрах. Для доступа к этим регистрам разработчику необходимо подключить к выводам CTRL и DATA дополнительные выводы контроллера, для управления ими. Чтение и запись этих регистров должны происходить в то время когда передатчик находится в спящем режиме. Более подробная информация по настройке RF-модуля приведена в документации. Помимо контроллеров со встроенным RF-передатчиком, компания Microchip выпускает полнофункциональные субгигагерцовые трансиверы MRF49XA и MRF89XA.

MRF49XA это полнофункциональный субгигагерцовый трансивер, поддерживающий ISM частотный

диапазон 434/868/915 МГц и идеально подходит для реализации двухсторонней связи на небольшие расстояния. Трансивер поддерживает FSK-модуляцию с возможностью псевдослучайной перестройки рабочей частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum — FHSS), что позволяет повысить эффективность приема-передачи данных в канале, подверженному сильным замираниям.

Основные характеристики MRF49XA:

- полнофункциональный FSK-приемопередатчик 434/868/915 МГц;
- питание 2,2–3,8 В;
- интегрированный опорный генератор 10 МГц;
- низкое энергопотребление:
 - 11 мА — в режиме приема;
 - 15 мА — в режиме передачи (+0 дБм);
 - 0,3 мкА — в режиме энергосбережения Sleep;
- 4-проводной SPI-интерфейс;
- высокая скорость передачи:
 - 115,2 кбит/с в цифровом режиме;
 - 256 кбит/с в аналоговом режиме;
- дифференциальный вход/выход, интегрированный усилитель мощности:
 - –110 дБм чувствительность;
 - +7 дБм усиление на выходе;
- программируемые девиация частоты в режиме передачи и ширина полосы в режиме приема;
- автоматический контроль частоты.

MRF89XA это однокристалльный многоканальный трансивер (рис. 3), поддерживающий работу с FSK и OOK-модуляцией в безлицензионном ISM-



Таблица 2. Трансиверы ISM-диапазона

Наименование	Мощность передатчика, дБм	Чувствительность приемника, дБм	Потребление тока (Tx), мА	Потребление тока (Rx), мА	Диапазон частот, МГц	Корпус
MRF49XA	7	-110	15	11	434, 868, 915	TSSOP-16
MRF89XA	12,5	-113	25	3	868, 915	QFN-32

диапазоне частот 863–870, 902–928 и 950–960 МГц. Трансивер оптимизирован для микропотребляющих применений (ток потребления в режиме приема всего 3 мА), что позволяет в батарейных приборах дольше работать в режиме непрерывного приема. Трансивер MRF89XA обеспечивает скорость передачи данных до 200 кбит/с и имеет функции пакетной обработки данных, включая 64-байтный FIFO-буфер, распознавание входящего синхрослова, обработчик пакетов, автоматическую генерацию циклической контрольной суммы CRC и скремблирование данных. Все критические радиочастотные функции интегрированы в микросхему MRF89XA, что минимизирует необходимое число внешних элементов. Параметры, отвечающие за радиочастотный тракт, программируются и большинство из них могут изменяться динамически. Микроконтроллер, ПАВ-фильтр, кварц на 12,8 МГц и несколько пассивных элементов — это все что нужно для построения приемо-передающего узла. Трансивер MRF89XA использует несколько механизмов для снижения общего потребления и увеличения срока службы в батарейных применениях. Трансивер MRF89XA построен по супергетеродинамной архитектуре с двойным преобразованием частоты, что обеспечивает лучшее подавление соседних и зеркального канала и более полного использования отведенного частотного диапазона.

Основные характеристики MRF89XA:

- полнофункциональный FSK-приемопередатчик 868/915 МГц;
- питание 2,1–3,6 В;
- интегрированный опорный генератор;
- низкое энергопотребление:
 - 3 мА — в режиме приема;
 - 25 мА — в режиме передачи (+10 дБм);
 - 0,1 мкА — в режиме энергосбережения Sleep;
- 4-проводной SPI-интерфейс;
- высокая скорость передачи:
 - 200 кбит/с;

- дифференциальный вход/выход, интегрированный усилитель мощности:
 - -107 дБм чувствительность (FSK);
 - -113 дБм чувствительность (OOK);
 - +12,5 дБм усиление на выходе;
- Аналоговый и цифровой выход RSSI.

ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК И МОДУЛИ ZIGBEE/MIWI (IEEE 802.15.4)

Компания Microchip является членом ZigBee альянса и предлагает сертифицированную ZigBee-совместимую платформу для стеков протоколов ZigBee PRO, ZigBee RF4CE и ZigBee Residential. ZigBee-совместимая платформа состоит из соответствующим стандартам IEEE 802.15.4 трансиверов и модулей MRF24J40/MA/MB, микроконтроллеров семейств PIC18, PIC24, dsPIC и PIC32.

MRF24J40 — однокристалльный приемопередатчик для беспроводных решений ISM-диапазона 2,405–2,48 ГГц (рис. 4). Трансивер уже содержит физический (PHY) и MAC функционал. Вместе с микропотребляющими PIC микроконтроллерами и готовыми стеками ZigBee/MiWi трансивер позволяет реализовать как простые (MiWi), так и более сложные (ZigBee) персо-



Рис. 4. Однокристалльный приемопередатчик для беспроводных решений ISM-диапазона 2,405–2,48 ГГц

нальные беспроводные сети (WPAN) для портативных устройств с батарейным питанием. Наличие MAC-уровня помогает уменьшить нагрузку на управляющий микроконтроллер и позволяет использовать недорогие 8-разрядные контроллеры для построения радиосетей.

Особенности трансивера:

- соответствие стандарту IEEE 802.15.4, диапазон 2,405–2,48 ГГц;
- поддержка протоколов ZigBee, MiWi;
- 4-проводной SPI-интерфейс;
- интегрированный тактовый генератор 20 МГц;
- низкое потребление в режиме Sleep;
- аппаратная реализация CSMA-CA;
- аппаратная реализация шифрования AES-128;
- возможность автоматизированного повтора передачи;
- определение уровня принимаемого сигнала;
- миниатюрный 40-выводный корпус QFN 6x6 мм.

Помимо трансиверов, компания Microchip предлагает готовые решения для беспроводной связи — законченные радиомодули, применение которых позволяет уменьшить сроки разработки, решить вопросы сертификации и реализовать малосерийные проекты. Такие модули имеют на плате все необходимые для работы трансивера компоненты — PCB-антенну и SPI-интерфейс для связи с микроконтроллером. Модули выпускаются с контактами под поверхностный монтаж и имеют сертификацию FCC (США), IC (Канада) и ETSI (Европа). На базе MRF24J40 выпускаются модули нескольких вариантов. Два из которых (один с PCB-антенной, другой в U.FL-разъеме) содержат встроенный выходной усилитель мощности для создания устройств с увеличенной дальностью. На базе трансивера MRF89XA также выпускаются две версии модулей отличающиеся частотой.

Таблица 3. Модули ISM-диапазона

Наименование	Мощность передатчика, дБм	Чувствительность приемника, дБм	Потребление тока (Tx), мА	Потребление тока (Rx), мА	Диапазон частот, ГГц
MRF89XAM8A	10	-113	25	3	868 МГц
MRF89XAM9A	10	-113	25	3	915 МГц
MRF24J40MA	0	-95	23	19	2,405–2,48
MRF24J40MB	20	-102	120	25	2,405–2,475
MRF24J40MC	20	-108	120	25	2,405–2,475

ПОКУПКА КОМПАНИИ ROVING NETWORKS

Roving Networks была основана в 2000 году в Калифорнии. Компания специализировалась на инновационных микропотребляющих беспроводных Bluetooth и Wi-Fi решениях для встраиваемых систем. и вскоре заняла одну из лидирующих позиций в этой области. Модули Roving Networks можно встретить в большом количестве различных устройств от мобильных аксессуаров, до медицинского оборудования. 19 апреля 2012 года компания Microchip купила Roving Networks и все ее разработки. Модули Roving Networks по-прежнему доступны для заказа, а их технологии постоянно улучшаются.

МОДУЛИ WI-FI (IEEE 802.11)

Для подключения устройства к сети Wi-Fi компания Microchip выпускает специализированные Wi-Fi-модули для встраиваемых систем. Эти модули дают возможность разработчикам легко и быстро добавить поддержку беспроводного интернета к своим проектам. Маленькие корпуса, богатые возможности и низкое энергопотребление делает модули идеальными для беспроводных Wi-Fi устройств, работающих на батарейках. Беспроводные Wi-Fi-модули Microchip делятся на два семейства: MRF Wi-Fi и Roving Networks Wi-Fi модули.

MRF24WB0MA и MRF24WB0MB — полностью соответствующие стандарту IEEE 802.11b модули, включающие в себя MAC-уровень, радиочастотную часть и усилитель мощности. Модули имеют полную аппаратную поддержку AES и TKIP (WEP, WPA, WPA2) шифрований и энергосберегающий режим sleep, а связь с микроконтроллером происходит при помощи последовательного интерфейса SPI.



Рис. 5. Беспроводной Wi-Fi-модуль

Различие двух модулей состоит лишь в том, что у MRF24WB0MA (рис. 5) на плате уже имеется PCB-антенна, а у MRF24WB0MB — U.FL-коннектор для внешней антенны. Для работы с модулями Microchip предоставляется бесплатный стек протоколов TCP/IP, который включает программный драйвер для работы с большинством 8-, 16- и 32-битных микроконтроллеров и поддерживает богатый набор TCP и UDP-сервисов (веб-сервер, SSL, IPv6, SNMP, SMTP, FTP и др.). Модули имеют сертификаты FCC, IC и ETSI, что позволяет без дополнительной сертификации добавить модуль в готовое устройство.

Особенности MRF24WB0Mx модулей:

- поддержка Microchip TCP/IP стека;
- скорость передачи данных 1 или 2 Мбит/с;

- совместимость с IEEE 802.11b/g/n;
- возможность изменения исходного кода стека;
- последовательный интерфейс SPI;
- аппаратная поддержка WEP/WPA/WPA2;
- FCC/ETSI/IC-сертификаты;
- режим энергосбережения.

MRF24WG0MA и MRF24WG0MB — новые Wi-Fi-модули от Microchip. Основное отличие этих модулей от предыдущих — соответствие стандарту IEEE 802.11b/g и поддержка скорости до 54 Мбит/с в сетях IEEE 802.11g. В новые модули добавили поддержку сетей Wi-Fi direct, а также технологии Wi-Fi protected setup (WPS) и SoftAP, для более легкого и быстрого построения беспроводных сетей. Новые модули обладают всеми особенностями предыдущего поколения, а также всеми необходимыми сертификатами. Блок-схема MRF-модуля показана на рис. 6.

Особенности MRF24WG0Mx модулей:

- скорость передачи до 54 Мбит/с в сетях IEEE 802.11g;
- поддержка сетей Wi-Fi direct;
- Wi-Fi protected setup (WPS);
- Software enabled Access Point (SoftAP).

RN-131 и RN-171 — основные IEEE802.11b/g Wi-Fi модули от Roving Networks со встроенным 2,4 ГГц радиоканалом, процессором, RTCC, ADC и GPIO (рис. 7). В отличие от MRF-модулей, TCP/IP-стек уже встроен в модуль, и внешний драйвер для функционирования не нужен, что значительно облегчает

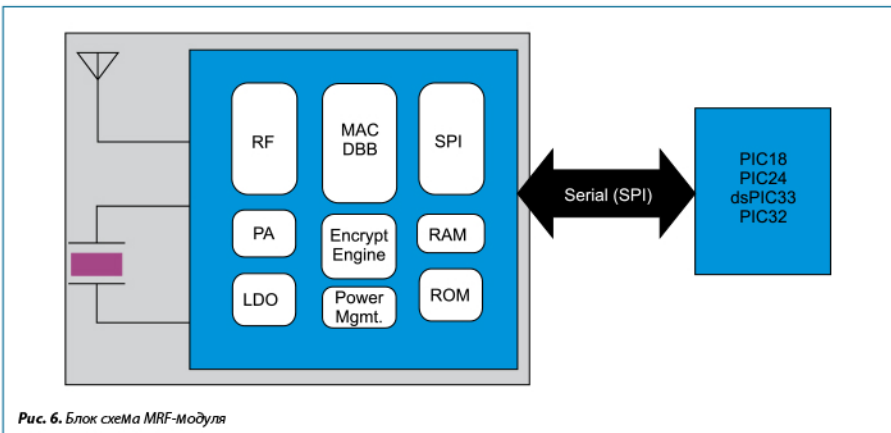


Рис. 6. Блок-схема MRF-модуля

Таблица 4. Беспроводные Wi-Fi модули

Модуль	Мощность передатчика, дБм	Чувствительность приемника, дБм	Потребление тока(Tx), мА	Потребление тока(Rx), мА
MRF24WB0MA	10	-85	154	85
MRF24WB0MB	10	-91	154	85
MRF24WG0MA	18	-95	240	95
MRF24WG0MB	18	-95	240	95
RN-171	12	-83	120	38
RN-131	18	-85	210	40
RN-123	18	-85	210	40
RN-123	18	-85	210	40

работу с модулем и ускоряет разработку новых устройств. Тем не менее, для общения с модулем, чаще всего RN-131 WiFi PiCtail Development Board используется любой внешний микроконтроллер. В самой простой конфигурации беспроводной сети, можно обойтись лишь питанием модуля и линиями Tx/Rx для организации передачи данных. Оба модуля имеют режим пониженного энергопотребления (до 4 мкА в режиме sleep), из которого они могут выйти, подключиться к Wi-Fi-сети и начать передавать данные менее чем за 100 мс. Эта особенность модулей дает им возможность работать от батарейного питания очень долгое время. Все Wi-Fi модули от Roving Networks имеют FCC, CE, ICS и RoHS сертификацию и аппаратную поддержку AES и TKIP (WEP, WPA, WPA2) шифрования. RN-171

отличается от RN-131 меньшим форм-фактором и отсутствием чип-антенны.

Особенности Roving Networks модулей:

- ASCII интерфейс команд;
- встроенный TCP/IP-стек;
- низкое энергопотребление;
- обновление прошивки по воздуху;
- UART и SPI-интерфейсы;
- скорость до 2 Мбит/с по SPI;
- совместимость с IEEE 802.11b/g/n;
- Wi-Fi protected setup (WPS);
- программируемые GPIO и ADC;
- встроенный RTCC;
- поддержка Ad hoc сетей;
- аппаратная поддержка WEP/WPA/WPA2;
- FCC/ETSI/IC-сертификаты.

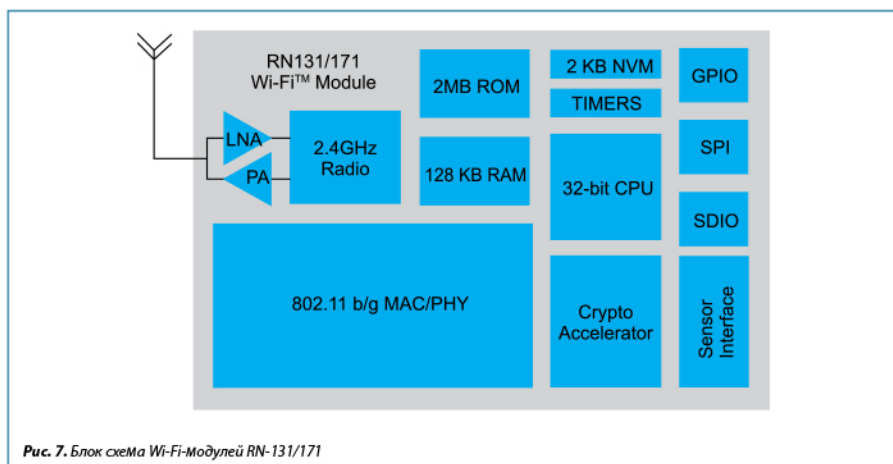


Рис. 7. Блок-схема Wi-Fi-модулей RN-131/171

BLUETOOTH МОДУЛИ ОТ ROVING NETWORKS (RN-41 И RN-42)

Bluetooth уже давно является стандартом для многих устройств. Он обеспечивает устройства надежной связью на бесплатной радиочастоте. Bluetooth позволяет производить обмен информацией между такими устройствами как: компьютеры, мобильные телефоны, принтеры, мышки, гарнитуры и др. Компания Roving Networks предлагает ряд модулей, которые дают возможность разработчикам использовать беспроводную связь Bluetooth в своих изделиях. Основной линейкой Bluetooth семейства являются модули RN-41 и RN-42. Блок схема Bluetooth-модулей RN41/42 показана на рис. 8. Оба модуля очень похожи по характеристикам, но главное отличие состоит в том, что RN41 является модулем Class 1, а RN-42 — Class2. Для связи с микроконтроллером оба модуля используют интерфейсы UART или USB (также доступны версии использующие RS232 и RS485), модули идут со встроенной антенной, но есть возможность заказать и без нее. Стек Bluetooth уже встроен в модули, и для управления передачей данных легко приспособить практически любой микроконтроллер. Помимо встроенного стека, HCI-модули Roving Networks также поддерживают и внешний Bluetooth стек от Microchip. Сам стек прошивается в управляющий PIC-микроконтроллер, а от модуля использовать только его радиочастотная часть. На базе RN-41 и RN-42 существует несколько возможных вариантов для заказа. На примере RN-41

Таблица 5. Возможные варианты заказа модулей

Наименование	Описание
RN-41	Стандартная прошивка (SPP/DUN Мастер и Слэйв)
RN-41-HCI	HCI-прошивка (HCI через H4 UART)
RN-41-USB	USB-прошивка (HCI через USB-порт, слэйв на скорости 12 Мбит/с)
RN-41-HID	HID-прошивка, поддерживающая HID-устройства и SPP-профили
RN-41-N	Стандартная прошивка (SPP и DUN) без антенны. Как и для версии с антенной доступны HCI, USB и HID-модули
RN-41-HID-RD1	Bluetooth reference design
RN-41-SM	Отладочная плата
RN-41-APL	С поддержкой Apple iOS устройств

некоторые из них приведены в таблице 5, большинство позиций у RN-42 одинаковые.

С версии прошивки 6.10 и выше, HID модули идут с включенным по умолчанию SPP профилем. Для переключения на HID профиль, используется два метода: Первый — подтяжка вывода PIO11 к единице. Второй метод — использование специальных команд. Что касается HCI и APL, то это отдельные версии модулей, которые не дают право пользователю изменить свой профиль.

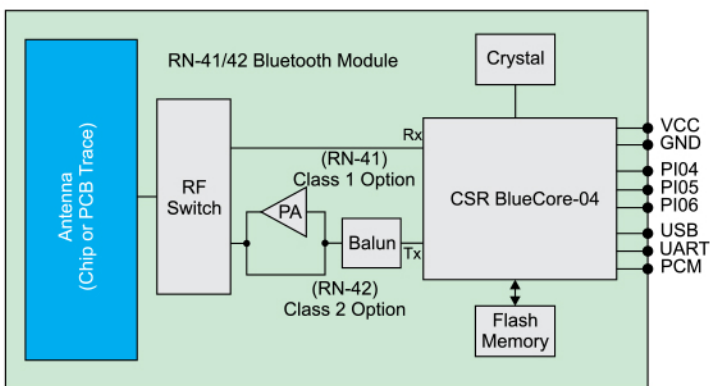


Рис. 8. Блок схема Bluetooth-модулей RN41/42

Таблица 6. Семейства Bluetooth-модулей

Модуль	Класс	Интерфейсы	Антенна
RN-41	Class 1	UART, USB	Чип-антенна
RN-42	Class 2	UART, USB	PCD-антенна
RN-41-N	Class 1	UART, USB	-
RN-42-N	Class 2	UART, USB	-
RN-24	Class 1	UART, RS232	Чип или SMA-разъем
RN-25	Class 2	UART, RS485	Чип или SMA-разъем

Все устройства разрабатываемые для связи с iPhone, iPod и iPad, включая те, что используют APL-модули от Roving Networks, должны быть зарегистрированы и подтверждены в программе компании Apple «Made for iPod» (MFi).

Особенности Bluetooth-модулей:

- поддержка Bluetooth классов 1 и 2, а также 2.1 +EDR;
- встроенный Bluetooth-стек;
- UART (SPP или HCl) и USB (только HCl) интерфейсы связи;
- поддержка HID, iAP, RFCOM, L2CAP и SDP;
- авто обнаружение устройств;
- режимы энергосбережения;
- 128 бит шифрование связи;
- исправление ошибок, для гарантированной доставки пакетов;
- FCC, IC, CE, Bluetooth SIG-сертификаты.

СТЕК ПРОТОКОЛОВ BLUETOOTH

Для решения, требующих связи по беспроводному протоколу Bluetooth, Microchip предлагает соответствующий стек, который работает на 16-и 32-разрядных контроллерах PIC24/dsPIC/PIC32. Для инициализации Bluetooth приемопередатчика, приема и отправки данных используется API, пример работы с которым можно скачать с сайта Microchip.

Стек Bluetooth, в зависимости от требуемого профиля, требует различный объем памяти Flash и RAM. Так, например, реализация профиля эмуляции последовательного порта Serial Port Profile (SSP), предоставляющая возможность замены стандартного RS-232 беспроводным соединением, требует примерно 70 кбайт Flash и 7,5 кбайт ОЗУ для 16-разрядного PIC24.

Спецификации Bluetooth стека:

- написан на ANSI C;
- поддержка Bluetooth спецификаций версий 1.2, 2.0, 2.1 + EDR.
- Поддерживаемые профили:
 - SPP, HID, HFP, Headset, Simple Secure Parsing, FTP, HDP, PBAP;
 - A2DP, wireless A2DP.

WLAN УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

С приобретением компании SST весной 2010 года, Microchip получил широкую номенклатуру усилителей мощности и маломощных (LNA) стандартов

Таблица 7. Усилители мощности и маломощные усилители 802.11

Наименование	Усиление	Linear Power	Наименование	Усиление	Linear Power
2,4 ГГц			5 ГГц		
SST12CP11	34	25	SST11CP15E	26-29	17,5/19,5
SST12LP07	29	19,5	SST11CP16	30	21,5
SST12LP07A	28	20,5	SST11LP12	28-34	20
SST12LP07E	30	20	Dual Band		
SST12LP08	30	20	SST13LP05	29/26-29	18,5/17,5
SST12LP08A	29	20,5	Low Noise		
SST12LP14	30	20	SST12LN01	12	
SST12LP14A	29	21	Front End Modules		
SST12LP14C	32	20	SST12LF01	29	19
SST12LP15B	32	22	SST12LF02	29	18,5
SST12LP17B	26	19	SST12LF03	28	19
SST12LP17E	29	18			
SST12LP19E	25	19,5			



802.11a/b/g/n. Выпускаются однодиапазонные усилители мощности для диапазона 2,4 ГГц 802.11b/g/n и 5,8 ГГц 802.11a/n, а также двухдиапазонные усилители WiFi для частот 2,4 и 5,8 ГГц.

Микросхемы 11-й серии (SST11) разработаны для работы в стандарте 802.11a и покрывают диапазон частот 4,9–5,95 ГГц. Продукты 12-й серии (SST12) оптимизированы под стандарт 802.11b/g на частотах 2,4–2,5 ГГц. Для двухдиапазонных решений предназначены микросхемы 13-й серии (SSP13), которые совместимы со стандартами 802.11a и 802.11b/g.

ОТЛАДОЧНЫЕ ПЛАТЫ MICROCHIP

Готовые отладочные платы от Microchip позволяют разработчикам быстро освоить беспроводные технологии и интегрировать их в свои устройства. Предоставляемая компанией Microchip программная и аппаратная поддержка еще больше упрощает внедрение беспроводных технологий.



1) 8-bit Wireless Development Kit (DM182015-1) — отладочный комплект для ознакомления с протоколами IEEE 802.15.4 (рис. 9). В комплект входит (каждого наименования по 2 шт.):

- платы с PIC18 на борту;
- платы с MRF24J40MA трансивером и разъемом PICTail;
- LCD-платы;
- USB и RS-232 провода.

2) Wi-Fi PICTail Daughter Boards (RN-171-PICTAIL и RN-131-PICTAIL) — недавно выпущенные платы расширения с разъемом PICTail/PICTail Plus, для быстрого ознакомления с беспроводными технологиями Wi-Fi на основе модулей Roving Networks.

3) MRF24WB0MA Wi-Fi PICTail/PICTail Plus — плата расширения на основе Wi-Fi модуля от Microchip.

4) RN-134-K и RN-174-K — отладочный комплект от Roving Networks для модулей RN-131 и RN-171.

Содержимое комплекта:

- отладочная плата с модулем;
 - кабель RS-232;
 - кабель USB to Serial;
 - соединение нуль-модем;
 - разъем для 9 В батарейки;
 - документация, драйвера и утилиты.
- 5) Microchip Bluetooth Evaluation Kit — отладочная плата Bluetooth, на основе Class 2 модуля RN-42 (рис. 10). Для полноценной разработки, также необходима отладочная плата Explorer-16. Предоставляемые в комплекте контроллеры прошивты dotstick™ Bluetooth стеком с SPP. В комплект идут:
- плата Microchip Bluetooth с PICTail Plus разъемом;
 - PIC24FJ256GB110 и PIC32MX795 USB Plug-in модули.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вкупе с разнообразными средствами разработки, готовыми примерами программ и предоставляемыми стеками протоколов, радиочастотные компоненты Microchip позволяют быстро и эффективно разрабатывать устройства с пониженным энергопотреблением для работы в беспроводных сетях даже тем инженерам, которые не имеют опыта работы с беспроводными сетями.

www.microchip.com/wireless

ТЕХНОЛОГИЯ mTouch.

СОЗДАНИЕ ЕМКОСТНЫХ КЛАВИАТУР И СЕНСОРОВ

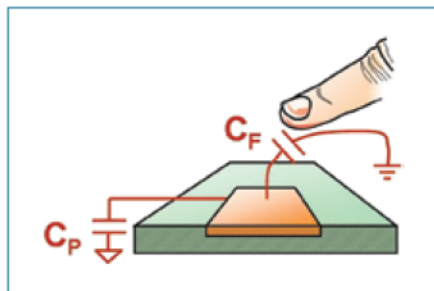
Компания Microchip уделяет большое внимание сенсорным технологиям. Сенсорные технологии Microchip, объединенные под общим названием mTouch™, предлагают разработчикам различные методы работы с сенсорами, микроконтроллеры поддерживаемые библиотеками программ, специализированные микросхемы для работы, как с одиночными емкостными сенсорами, так и с емкостными экранами с поддержкой multi Touch, распознавания 2D- и 3D-жестов.

ОСНОВЫ РАБОТЫ ЕМКОСТНОЙ КНОПКИ И СЕНСОРОВ ПРИБЛИЖЕНИЯ (PROXIMITY)

Обычно емкостной сенсор — это участок металлизации на печатной плате. Емкость такого сенсора определяется базовой (паразитной) емкостью сенсора (C_P) и емкостью C_F , вносимой при «касании» сенсора или покрывающего его лицевой панели или при приближении к сенсорной поверхности в случае реализации датчика приближения. Таким образом, задача детектирования касания сенсора, это задача измерения емкости C_F , причем не нужно знать абсолютное значение вносимой емкости, главное детектировать изменение емкости.

Общая емкость сенсора C_{SENSOR} определяется как:

$$C_{\text{SENSOR}} = C_F + C_P \quad (1)$$



МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ

Существует несколько методов измерения емкости, рассмотрим некоторые из них. Самый простой способ измерения емкости — это частотный метод. В данном методе емкостной сенсор является частото задающим элементом генератора.

Простейшую емкостную кнопку или датчик приближения можно сделать на одном 6-выводном микроконтроллере с интегрированным компаратором PIC10F и двух внешних элементах — диоде и резисторе. Более совершенные схемы для реализации многоканального сенсорного управления могут быть построены с использованием встроенного RS-триггера и двух компараторов (рис. 1) или специализированного периферийного модуля CSM (Capacitive Sensing Module) (тоже частотный метод измерения, не требует внешних элементов).

Количество сенсоров легко увеличивается за счет интегрированного входного мультиплексора (рис. 2). Недостатком частотного метода является сравнительно низкое быстродействие.

Другой метод измерения емкости (C) основан на заряде емкости постоянным током (I) и измерении полученного напряжения (V) по истечении фиксированного интервала времени (t). Напряжение на конденсаторе определяется выражением:

$$V = I(t/C). \quad (2)$$

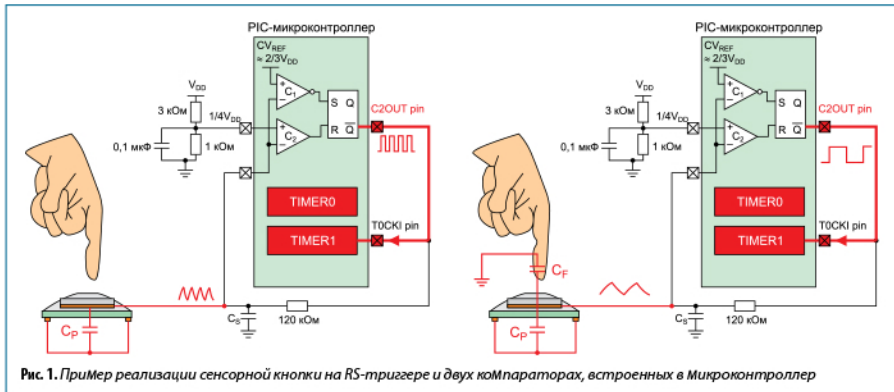


Рис. 1. Пример реализации сенсорной кнопки на RS-триггере и двух компараторах, встроенных в Микроконтроллер

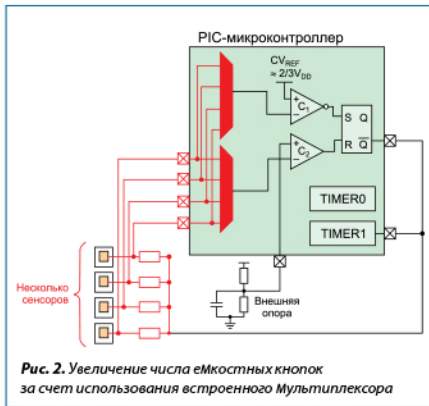


Рис. 2. Увеличение числа емкостных кнопок за счет использования встроенного Мультиплексора

напряжение на конденсаторе будет зависеть только от емкости конденсатора (рис. 3).

ЕМКОСТНОЙ ДЕЛИТЕЛЬ НАПЯЖЕНИЯ

Метод емкостного делителя напряжения (Capacitive Voltage Divider) основан на уравнивании зарядов двух емкостей. Например, мы имеем два конденсатора, емкость одного из них постоянна (C_1), емкость другого (C_2) — может меняться. Если зарядить C_1 до напряжения V_{DD} и подключить к разряженному C_2 , то часть заряда «перетечет» из C_1 в C_2 и изменится общее напряжение на обоих конденсаторах. Результирующее напряжение будет зависеть от отношения емкостей C_1 и C_2 и при изменении одной из емкости так же будет меняться и напряжение. В качестве C_1 используют емкость устройства выборки и хранения — УВХ АЦП (C_{HOLD}), а в качестве C_2 — емкость сенсора ($C_{SENSOR} = C_P + C_s$). Метод CVD имеет несколько преимуществ:

Многие микроконтроллеры семейств PIC18, PIC24 и PIC32 имеют аппаратный модуль измерения времени заряда (Charge Time Measurement Unit, CTMU), который имеет программируемый источник тока. При постоянном токе и заданном времени заряда

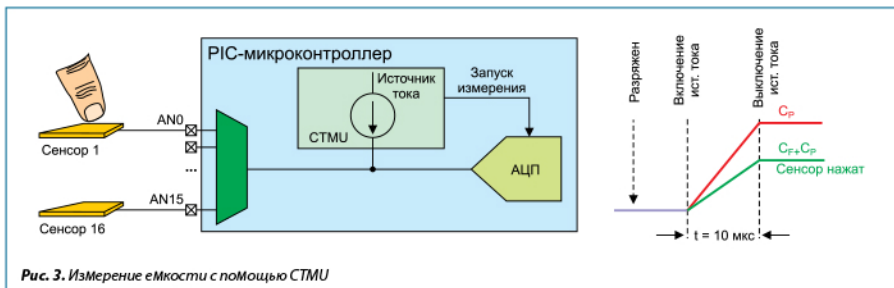


Рис. 3. Измерение емкости с помощью CTMU

- Используется только модуль АЦП микроконтроллера, что позволяет использовать этот метод для большинства микроконтроллеров;
- Низкая температурная зависимость: при изменении температуры от -20 до $+60$ °С смещения сигнала изменяется лишь на 1–3%;
- Низкое влияние изменения напряжения питания;
- Возможность дифференциального измерения, для увеличения чувствительности и фильтрации низкочастотных помех.

Метод CVD позволяет измерять емкость сенсора относительно емкости устройства выборки и хранения АЦП, которая из-за технологических особенностей производства микроконтроллеров может изменяться до 20% от экземпляра к экземпляру.

Рассмотрим три стадии последовательности действий при измерении емкости с помощью метода CVD.

1. Предварительный заряд (рис. 4а). Обе емкости заряжаются до фиксированных разнополярных значений напряжений (C_{HOLD} до V_{DD} , C_{SENSOR} до V_{SS} — вывод МК настроен как выход с уровнем «лог. 0»).
2. Выравнивание зарядов (рис. 4б). АЦП подключается к входу с сенсором, то есть емкость ВВХ подключается параллельно с емкостью сенсора. Вывод микроконтроллера с сенсором настраивается как вход.
3. Измерение результирующего напряжения (рис. 4в).

При дифференциальном CVD-методе производятся два последовательных измерения: в первом измерении (А) C_{HOLD} изначально заряжен, а C_{SENSOR} разряжен, а во втором измерении (В) наоборот — C_{HOLD} изначально разряжен, а C_{SENSOR} заряжен (рис. 5).

В дифференциальном методе измеряется разница полученных напряжений (рис. 6), так как такое измерение позволяет хорошо фильтровать низкочастотные помехи.

Время между измерениями А и В должно быть минимизировано для увеличения полосы и подавления влияния низкочастотных помех. Для уменьшения влияния высокочастотных шумов на результаты измерений и дополнительной ESD-защиты рекомендуется установить резистор между сенсорной площадкой и входом микроконтроллера.

Когда начинается разработка системы с емкостными клавиатурами важно знать основное назначение разрабатываемого продукта, а именно как будет осуществляться его питание. Для приборов с питанием

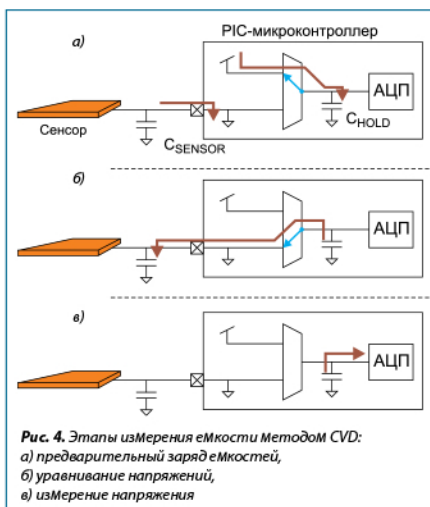


Рис. 4. Этапы измерения емкости методом CVD:
а) предварительный заряд емкостей,
б) выравнивание напряжений,
в) измерение напряжения

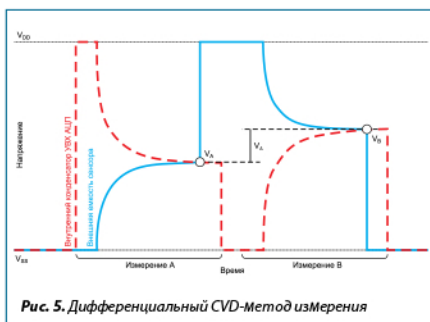


Рис. 5. Дифференциальный CVD-Метод измерения

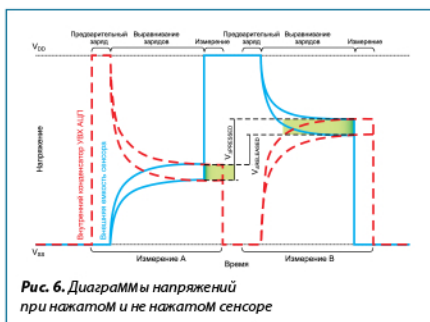


Рис. 6. Диаграммы напряжений при нажатом и не нажатом сенсоре

от сети основной проблемой являются наведенные (кондуктивные) помехи и обеспечение устойчивости к ним, а такой параметр как потребление энергии

Таблица 1. Сравнение методов измерения

Метод	Необходимая периферия	Быстродействие (время на канал)	Потребление	Достоинства и недостатки
Частотный	Компаратор, RS-триггер или модуль CSM, таймер	Единицы — десятки мс	Среднее	– шумы + возможность работы с емкостными экранами (с модулем CSM)
CVD	АЦП или аппаратный модуль CVD	Десятки мкс	Низкое	Хорошо работает если величина емкости сенсора меньше или сопоставима с емкостью УВХ АЦП. Применим для измерения относительного изменения емкости. Подавляет НЧ помехи.
СТМУ	Модуль СТМУ	Единицы мкс	Низкое	Больше точность чем у CVD при емкости сенсора больше емкости УВХ. Применим для измерения относительного и абсолютного значения емкости

Замечание. При всей видимой простоте метода CVD компания Microchip не рекомендует реализовывать метод самостоятельно. Компания Microchip предоставляет программные библиотеки *mTouch*, в которых реализовано автоматическое сканирование каналов. Библиотеки *mTouch* отлажены и протестированы для обеспечения высокого уровня подавления шумов.

не очень важен. Для таких устройств более подходят методы измерения емкости на основе CVD и СТМУ (измерение напряжения).

Для приборов с батарейным питанием важным является наименьшее потребление. Для таких приборов подходят как частотный метод, так и измерение напряжения (CVD и СТМУ). Для устройств со смешанным питанием, например приборов которые имеют аккумуляторы и возможность подзаряда их от сети, нужно применять методы на основе измерения напряжения.

Современные микроконтроллеры Microchip имеют внутренние мультиплексоры и позволяют обрабатывать до 32 независимых каналов емкостных сенсоров (табл. 2). Количество сенсоров может быть увеличено за счет разделения обработки сигналов каждого сенсора по времени и/или применения внешнего мультиплексора.

АППАРАТНЫЙ МОДУЛЬ CVD

Некоторые новые PIC микроконтроллеры получили модуль АЦП с возможностью формирования аппаратного измерения CVD. Аппаратный модуль CVD добавляет следующую функциональность 10-битного АЦП:

- Автоматическое формирование последовательности стадий дифференциального CVD на любом аналоговом входе,
- Два набора регистров для хранения результатов преобразования АЦП на стадиях А и В,

Таблица 2. Семейства микроконтроллеров Microchip и количество сенсорных каналов

Семейство контроллеров	Количество выводов	Метод измерения	Максимальное количество емкостных каналов
PIC10Fxxx	6	Частотный на компараторе	3
PIC12Fxxx	8	CSM	4
PIC16Fxxx, PIC18Fxxx	14/18/20/28/44/64/100	CSM, CVD	8/12/12/17/30/16
PIC12LF1552/PIC16F151x	8/28	Аппаратный CVD + Guard Ring	5/17
PIC18Fxxx	28/44/64	СТМУ, CVD	14/28/24
PIC16F707	44	CSM	32
PIC24F	14/20/28/44/64/80/100	СТМУ, CVD	7/12/12/14/16/16/24
PIC24H	28/36/44/64/100/144	СТМУ, CVD	10/8/13/24/32/32
PIC32	28/36/44/64/100	СТМУ, CVD	10/12/13/16/16

Таблица 3. Параметры микроконтроллеров с аппаратным модулем CVD

Микро-контроллер	Память		10-разрядный АЦП с CVD	EUART	I ² C/SPI	Число выводов
	Программ, кСлов	ОЗУ, байт				
PIC12LF1552	2	256	5	–	1	8
PIC16F1512	2	128	17	1	1	28
PIC16F1513	4	256	17	1	1	28

- Программно подключаемый к входу АЦП набор конденсаторов (от 0 до 28 пФ с шагом 4 пФ),
- Конфигурируемые времена задержек для стадий предварительного заряда и уравнивания зарядов,
- Синхронное управление защитным проводником (о влиянии защитного проводника см. в разделе «Способы увеличения помехоустойчивости»),
- Опциональное подключение входа АЦП для наблюдения формы сигналов.

Набор внутренних конденсаторов поможет в случае, если емкость сенсора гораздо больше емкости УВХ. Подключение дополнительных внутренних конденсаторов поможет приблизить установившееся напряжение к величине $V_{DD}/2$.

АППАРАТНЫЕ СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ. СОВЕТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Для увеличения устойчивости к помехам может быть применено экранирование. Однако к экранированию нужно относиться с учетом следующих моментов.

Экранирующая заливка верхнего слоя печатной платы, выполненная с малым зазором до сенсора, увеличит величину емкости C_{BASE} и уменьшит чувствительность (рис. 7). Рекомендуется заземление верхнего слоя печатной платы выполнять сплошной заливкой (увеличивает вносимую емкость C_p с зазором до сенсора, равным не менее одного-двух значений толщины лицевой панели).

Экранирование (заземление) нижнего слоя существенно уменьшает чувствительность сенсора и увеличивает емкость C_p , что в свою очередь еще уменьшает чувствительность системы (меньше соотношение C_f/C_p — меньше величина полезного сигнала).

Поэтому сплошное экранирование под сенсором применять не следует. Экранирующий полигон в виде сетки (рис. 8), будет иметь меньшую величину базовой емкости, увеличит чувствительность сенсора и сохранит защиту сенсора от помех.

Существенно повысить чувствительность можно путем введения защитного проводника-кольца (Guard Ring), который, по сути, является тем же низкоим-

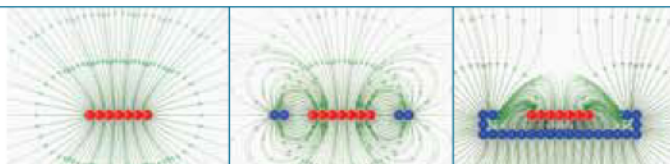


Рис. 7. Влияние экранирования на чувствительность емкостного сенсора

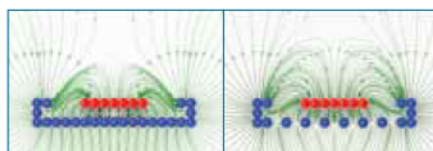


Рис. 8. Изменение чувствительности сенсора от типа экрана

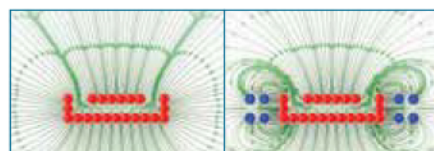
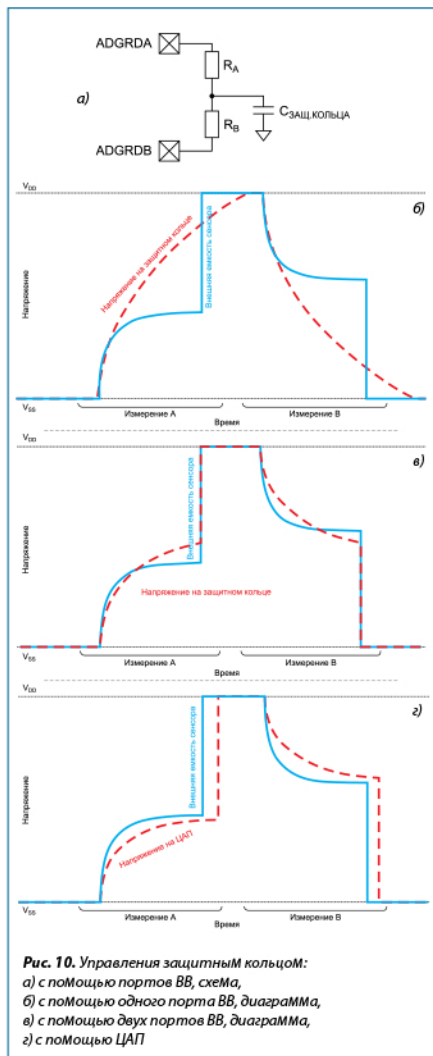


Рис. 9. Влияние на чувствительность емкостного сенсора введения Guard Ring



педанским экраном, но не с потенциалом «земли», а с потенциалом сенсора.

Защитное кольцо вокруг сенсора экранирует его от внешних помех. При этом если защитный проводник имеет тот же потенциал что и защищаемый, то емкость между сенсором и экраном будет равна нулю (минимизировано значение C_p), минимизированы утечки и сенсор защищен от помех.

Классическим способом управления защитным кольцом является применение буферного усилителя, повторяющего напряжение сенсора на окружающее защитное кольцо. Однако такая схема удорожает конструкцию и требует дополнительных внешних элементов.

Наиболее просто можно реализовать драйвер защитного кольца с помощью порта микроконтроллера или двух выходов порта микроконтроллера с двумя резисторами (рис. 10).

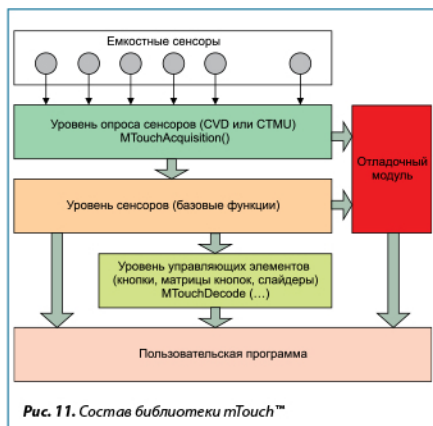
Емкость CGUARD — емкость защитного кольца на печатной плате. Сопротивление резисторов R_A и R_B подбираются для максимального совпадения профиля напряжения на защитном кольце с профилем измерения емкости. Простым делителем сложно добиться совпадения профилей изменения потенциалов на сенсоре и защитном кольце (рис 10в), однако, как показывают практические результаты, такой простой метод дает 50–70% эффективности от случая полного следования профилю изменения потенциала на сенсоре.

В некоторых новых микроконтроллерах Microchip введен аппаратный модуль CVD с возможностью управления драйвером защитного проводника Guard Ring. Другой способ управления защитным кольцом — использование ЦАП микроконтроллера. Этот метод позволяет более точно управлять профилем напряжения на защитном проводнике и позволяет достичь 70–90% эффективности от классического метода с буферным усилителем.

БИБЛИОТЕКИ mTOUCH™

Программная библиотека «Capacitive mTouch™ Software Library» предоставляет программный интерфейс пользователя (API) для разработки емкостных клавиатур на базе измерения емкости с помощью модулей CVD и CTMU на контроллерах PIC18F, PIC24F, PIC24H, dsPIC33 и PIC32. Библиотека написана на языке Си и может быть скомпилирована с помощью компиляторов Microchip (MPLAB C, XC и Hi-Tech PICC-18). Библиотеки предоставляют возможность интегрирования mTouch™ решений в пользовательскую программу.

Для настройки алгоритмов в прототипах библиотека mTouch™ предоставляет функции по мониторингу и отладки. Для связи с программным обеспечением на компьютере можно использовать RS-232 или



анализатор последовательных протоколов PICkit Serial Analyzer.

Оболочка программы позволяет наблюдать форму сигналов для исследуемых сенсоров, взаимное влияние сенсоров друг на друга, изменять параметры настройки алгоритмов mTouch™ (рис. 12). Описание влияния параметров алгоритмов и рекомендации по оптимальной настройке сенсорных клавиатур приведены в файле помощи к библиотеке mTouch™. Для ознакомления с технологиями построения емкостных кнопок и обработки сигналов компания Microchip предлагает отладочный комплект mTouch Cap Touch Eval Kit (номер для заказа DM183026-2).

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АВТОНОМНЫЕ КОНТРОЛЛЕРЫ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ

Для тех, кто не желает разбираться с особенностями библиотеки mTouch™ компания Microchip предлагает законченные решения — микросхемы контроллеров емкостных кнопок и датчиков приближения. В 2012 году компания Microchip купила компанию SMSC и владеющую технологией создания емкостных сенсоров RightTouch®.

Контроллеры емкостных клавиатур SMSC-серии CAPxxx имеют встроенный фильтр для подавления помех (генерируемых импульсными источниками питания, радиопередающими устройствами Wi-Fi, ZigBee, сотовыми телефонами и др.). Контроллеры конфигурируются и выдают данные по интерфейсам I²C, SMBus, SMSC BC-Link™ или SPI. Контроллеры SMSC имеют лучшие в индустрии параметры по устойчивости к электростатическому разряду (ESD) и обеспечивают защиту до ±8 кВ без применения внешних защитных цепей.

Контроллеры емкостных кнопок SMSC имеют несложную трехстадийную настройку, поддерживают работу с широким диапазоном емкостей сенсоров, что предоставляет больше возможностей разработчикам и дизайнерам в выборе материалов и толщин лицевых панелей.

Емкостные контроллеры RightTouch® имеют функцию перекалибровки, что позволяет компенсировать изменения параметров клавиатур из-за изме-

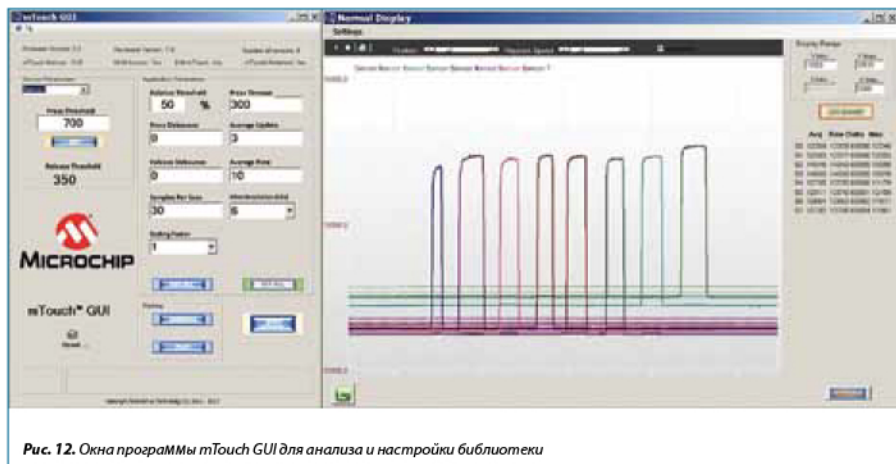


Таблица 4. Емкостные контроллеры mTouch™ и RightTouch®

	MTCH101	MTCH102	CAP1214	CAP1114	CAP1188	CAP1166	CAP1133	CAP1128	CAP1126	CAP1105/6
Число емкостных входов	1	2	14	14	8	6	3	8	6	5/6
Слайдер	–	–	Да	Да	–	–	–	–	–	–
Управление светодиодами	–	–	11	11	8	6	3	2	2	
Proximity	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Интерфейс	Лог. выход	Лог. выход, I ² C	I ² C/ SMBus	I ² C/ SMBus	I ² C/SPI/ BC-Link	I ² C/SPI/ BC-Link	I ² C/SPI/ BC-Link	I ² C/SPI/ BC-Link	I ² C/SPI/ BC-Link	I ² C/SPI/ BC-Link
Корпуса	SOT-23	8-выв. SOIC, 2x3 DFN	32-выв. 5x5 QFN	32-выв. 5x5 QFN	24-выв. 4x4 QFN	20-выв. 4x4 QFN	10-выв. 3x3 QFN	20-выв. 4x4 QFN	16-выв. 4x4 QFN	10-выв. 3x3 QFN

нения окружающей среды (температуры влажности и пр.), а так же загрязнения поверхности.

Для уменьшения потребления контроллеры серии CAPxxx имеют функции сохранения энергии. Разработчик может запрограммировать какое количество сенсоров должны опрашиваться в энергосберегающем режиме Sleep, частоту их сканирования и тип опрашиваемого сенсора — кнопка или датчик приближения. Эти особенности позволяют, чтобы, например, устройство в микропотребляющем режиме сканировало только датчик приближения, просыпалось при поднесении руки к устройству и после этого включало работу сенсорной клавиатуры и самого устройства. В таких микропотребляющих режимах с опросом одного сенсора контроллеры серии CAPxxx потребляют порядка 50 мкА (5 мкА в Deep Sleep).

В дополнение к емкостным контроллерам компания Microchip предлагает миниатюрные (6 и 8 выводов) микросхемы контроллеров датчиков приближения (proximity) MTCH10x. Отличительной особенностью proximity контроллеров MTCH101/102 является настраиваемая чувствительность, встроенный фильтр подавления помех, автоматическая компенсация изменения окружающей среды, малые габариты и низкое потребление (до 5 мкА в режиме энергосбережения).

ЕМКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ ПРИБЛИЖЕНИЯ

Емкостной датчик приближения (proximity sensor) определяет относительное расстояние до пользователя и позволяет взаимодействовать с прибором без физического контакта. Известно несколько методов реализации датчиков приближения: инфракрасные,

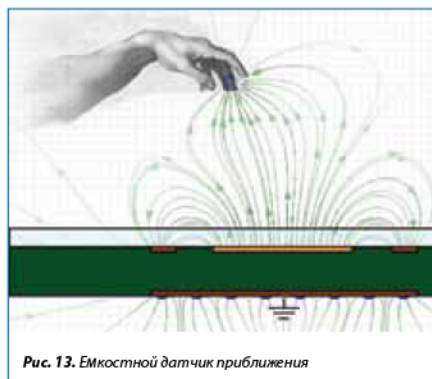


Рис. 13. Емкостной датчик приближения

оптические, магнитные, основанные на эффекте Доплера, индуктивные и емкостные. Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки.

Как и в случае реализации емкостных кнопок, емкостные датчики приближения представляют собой проводящие поверхности, подключенные (желательно через последовательный резистор) к выводу микроконтроллера или микросхемы датчика приближения. Как и в случае с емкостными кнопками, на сенсор будут оказывать влияние близкорасположенные проводящие объекты. Емкостной датчик приближения может регистрировать объекты только в ближнем поле, однако, в отличие от емкостных методов, имеет низкую стоимость, низкое потребление и простую реализацию.

Работа емкостных датчиков приближения основана на тех же принципах, что и емкостных кнопок — устройство постоянно измеряет емкость и фиксирует

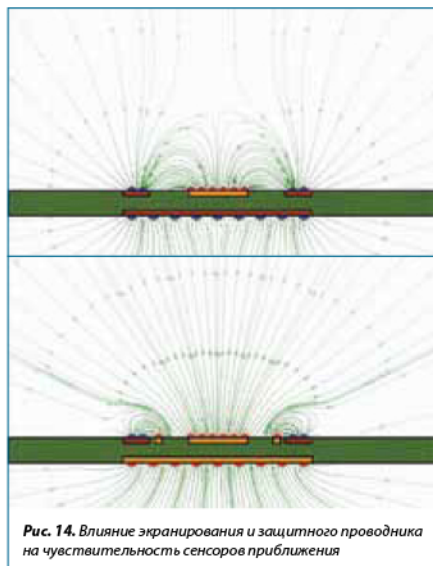


Рис. 14. Влияние экранирования и защитного проводника на чувствительность сенсоров приближения

её значительные изменения. Сигнал датчика приближения существенно меньше, чем сигнал емкостной кнопки, так как фиксируется на значительно больших расстояниях. Плюс к этому диэлектрическая проницаемость воздушной среды существенно ниже, чем у пластика или стекла. Для надежного детектирования приближения нужно хорошее соотношение сигнал/шум. Поэтому, при создании датчиков приближения, требуется уделять больше внимания вопросам проектирования, чем при создании емкостных клавиатур. Дальность действия сенсора приближения зависит от напряжения питания и можно оценить как 3–5 диаметра сенсора.

Любой слой заземления или металлическая поверхность рядом с емкостной антенной-сенсором будет снижать дальность датчика приближения из-за экранирования (если металл находится на пути к обнаруживаемому объекту) и из-за увеличения паразитной емкости (когда экран находится за антенной-сенсором). Поэтому непосредственно под емкостным сенсором приближения и в непосредственной близости от него не рекомендуется располагать слой заземления (рис. 14).

Так как из-за конструктивных особенностей разрабатываемого устройства емкостной сенсор приближе-

ния может располагаться близко к большим заземленным участкам или интерфейсным проводникам или сигналам управления светодиодами и т.п., то все это уменьшает С/Ш за счет увеличения паразитной емкости или генерирования помех. Как и в случае емкостных кнопок, ситуацию может улучшить применение защитного кольца. Активный защитный проводник уменьшает паразитную емкость за счет уменьшения разности потенциалов между сенсором и его ближайшим окружением, а так же защищает сенсор от помех.

ЕМКОСТНЫЕ ЭКРАНЫ, MTOUCH™ PROJECTED CAPACITIVE

Проекционно-емкостные (Projected Capacitive) сенсорные экраны часто применяются в смартфонах и планшетных компьютерах, управляющих панелях домашней автоматизации, клавиатурах систем доступа, автомобильных центральных панелях, игровых устройствах и пультах дистанционного управления. Проекционно-емкостные экраны имеют большую популярность, так как:

- Конструкция стеклянных сенсорных экранов обеспечивает высокую прочность, хорошие оптические свойства и надежное распознавание касания;
- Возможность распознавания множественного касания (multi touch) и жестов;
- Возможность реализации на печатной плате — недорогой способ создания сенсорного интерфейса.

Принцип действия проекционно-ёмкостных сенсорных экранов и сенсорных панелей (touch-pad) основан на измерении емкостей сетки электродов X и Y (рис. 15), нанесенной под лицевой стороной экрана или на слоях печатной платы емкостной панели. Такие сенсоры измеряют незначительные изменения емкости электрода, внесенные при касании пальцем или другим объектом. Следует отметить, что в проекционно-емкостных экранах детектируется очень маленькие, на уровне 0,05%, изменения емкости электродов (собственная паразитная емкость электродов ~100 пФ; изменение емкости при «сильном» нажатии 0,5–1 пФ, при «слабом» касании — 0,05 пФ). Точка контакта экрана определяется по изменению емкости X- и Y- проводников. Контроллер экра-

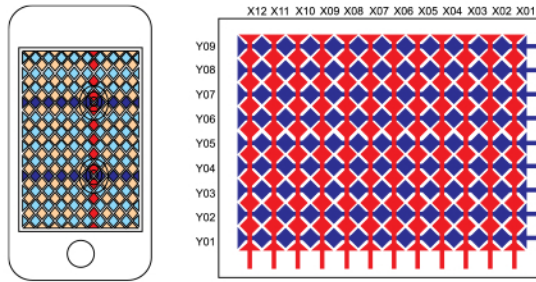


Рис. 15. Принцип измерения емкости в Projected Capacitive экранах. Возможный вид сетки из X- и Y-сенсоров

на сканирует сенсоры и определяет изменение собственной емкости электродов. Такое «Self» измерение призвано быстро распознать возможное касание экрана без указания точного места касания. Затем осуществляется «взаимное» («Mutual») измерение, которое измеряет емкость одного электрода, в то время когда на другом перпендикулярном электроде формируется импульс. Этот тип измерения индицирует место изменения емкости (узел) на пересечении сенсоров (рис. 15). Далее методом интерполяции вычисляется точное место касания экрана. Так, например, сетка электродов 9x12 позво-

ляет получить разрешение по определению точки касания сенсора до 1024x1024 или выше. Некоторые микроконтроллеры PIC имеют два независимых модуля CSM с возможностью подключения до 32 емкостных сенсоров. Такие микроконтроллеры, например PIC16F707, могут работать напрямую с проекционно-емкостными экранами с диагональю до 3,5 дюйма. Программная библиотека реализовывает multiTouch функции (одновременное касание в двух точках), распознавание жестов, разрешение по определению положения касания до 1024x1024 за счет интерполяции.

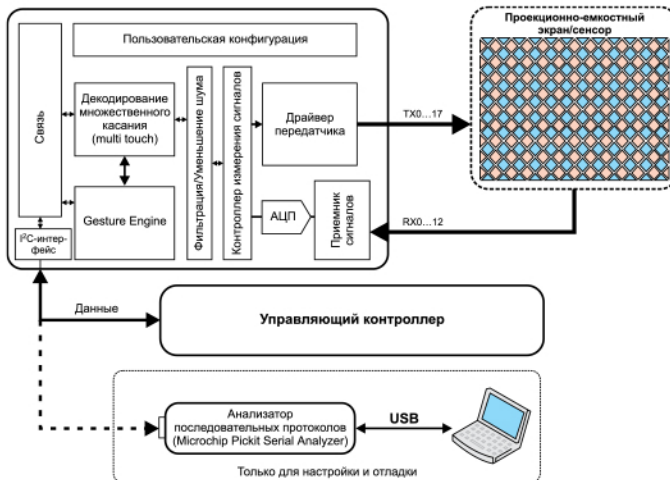


Рис. 16. Контроллер MCH6301, структура, способы отладки

Таблица 5. Сравнение контроллеров проекционно-емкостных экранов

Контроллер	Способ обработки данных	Multi-Touch	Распознавание жестов	Разрешение определения координат
PIC16F707	Программная библиотека mTouch	2	Да	До 10 бит
МТСН6301	Аппаратная поддержка	10	Да, до 10 различных жестов	До 12 бит

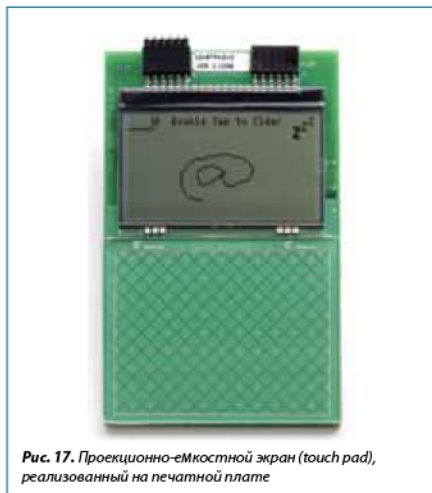


Рис. 17. Проекционно-емкостной экран (touch pad), реализованный на печатной плате

Компания Microchip Technology Inc. предлагает так же автономный контроллер проекционно-емкостных экранов. Структурная схема микросхемы МТСН6301 приведена на рис. 16. Контроллер имеет встроенную обработку сигналов, декодер множественного касания, распознавания жестов, управляющую логику

и интерфейс связи I2C, что позволяет использовать любой внешний микроконтроллер для работы с проекционно-емкостными экранами или Touch Pad.

Проекционно-емкостной экран (рис. 17) легко реализуется на печатной плате. При реализации такого touch pad-a рекомендуется использовать 4-слойную печатную плату (хотя для некоторых случаев допустимо применение 2-слойной платы), применять лицевую панель толщиной до 3 (пластик) или до 5 мм (стекло), приклеенной к печатной плате, например, с помощью двухсторонней клейкой пленки. Рекомендуется иметь лицевую панель с диэлектрической проницаемостью не менее 3 (акрил, поликарбонат, ABS или стекло).

Для возможности отладки и настройки проекционно-емкостных экранов компания Microchip предоставляет утилиту конфигурации контроллера МТСН6301 — «Projected Capacitive Configuration Utility», работающую совместно с анализатором протоколов PICkit Serial Analyzer. Утилита позволяет указать число применяемых сенсоров, их подключение к контроллеру, откалибровать связку сенсоры — контроллер (рис. 18).

Для поддержки разработчиков Microchip предлагает отладочные комплекты «mTouch Projected Capacitive

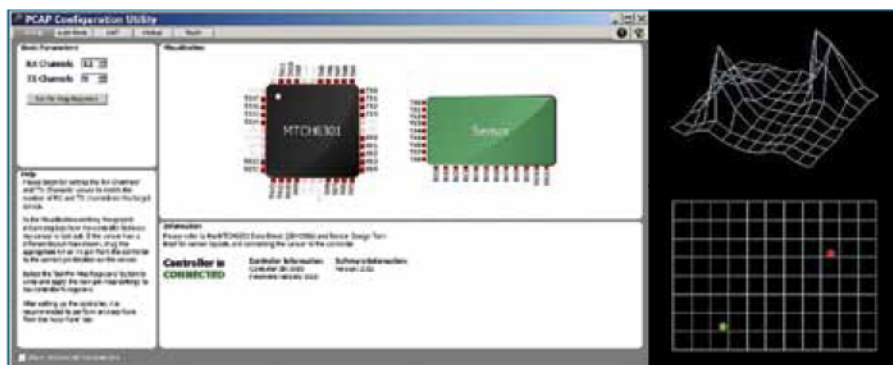


Рис. 18. Окна утилиты «Projected Capacitive Configuration Utility»



Рис. 19. Комплект разработчика
mTouch Projected Capacitive Development Kit

Development Kit» (DM160211) и «PIC32 GUI Development Board with Projected Capacitive Touch» (DM320015). Комплект разработчика «mTouch Projected Capacitive Development Kit» (рис. 19) содержит проекционно-емкостной экран диагональю 3,5 дюйма с 21 сенсором (организация 9x12) и плату с запрограммированным микроконтроллером PIC16F707. Комплект позволяет подключать экраны с числом сенсорных каналов до 24 без модификации исходных кодов программы. Предоставляемая бесплатная библиотека поддерживает подключение экранов с числом сенсоров до 32. Комплект сопровождается программной утилитой, которая позволяет настроить основные параметры программы для работы с емкостным экраном. Отладочная плата «PIC32 GUI Development Board with Projected Capacitive Touch» (рис. 20) позволяет разрабатывать графический пользовательский интерфейс (GUI) с multi touch функциями. Этот комплект основан на 32-разрядном контроллере PIC32MX795F512H с быстродействием 105 DMIPS, 512КБ Flash памяти



Рис. 20. Отладочная плата
«PIC32 GUI Development Board with Projected Capacitive Touch»

и 128КБ ОЗУ. Контроллер PIC32 в паре с недорогой параллельной статической памятью служит высокоскоростным графическим контроллером для 4.3" WQVGA TFT дисплея с разрешением 480x272, что позволяет применять недорогие цветные TFT-дисплеи без встроенного контроллера. Микроконтроллер PIC32 управляет контроллером сенсорного проекционно-емкостного экрана МТСН6301 и реализует multi touch графический интерфейс с пользователем. Микроконтроллер PIC32 имеет USB host и device интерфейсы для работы с другими USB-устройствами, на плате предусмотрены контакты для подключения внешних устройств.

3D-ЖЕСТЫ, GESTIC

Новым и интересным направлением в построении сенсорного интерфейса является распознавание жестов рук в пространстве.

Компания Microchip представила первый в мире контроллер отслеживания положения и жестов руки в пространстве на основе измерения электрического поля. Основанный на патентованной технологии GestIC[®], контроллер позволяет пользователю взаимодействовать с приборами с помощью жестов рук и пальцев в пространстве в реальном времени. Созданный контроллер MGC3130 это уникальное решение, которое вносит новые возможности в пользовательский интерфейс человек — машина.

Существуют оптические и ультразвуковые методы отслеживания жестов, но преимуществами GestIC технологии является низкое потребление, диапазон работы от 0 (касание) до 15 см, отсутствие слепых зон, использование тонких и дешевых электродов (проводники на печатной плате), отсутствие восприимчивости к внешним факторам (свет, звук), высокая чувствительность и устойчивость к влиянию радиочастотных полей.

Контроллер MGC3130 распознает 3D жесты рукой, определяет положение руки в 3 координатах x, y и z. Имеет высокое разрешение — до 150 dpi, имеет встроенное ядро цифровой обработки сигналов, маломощные аналоговые блоки, изменение частоты для отстройки от шумов, цифровой интерфейс и встроенную библиотеку распознавания жестов «Colibri».

Созданная патентованная сенсорная 3D-технология GestIC использует электрическое поле для опре-

деления расстояния. Такая технология позволяет создавать пользовательский интерфейс на детектировании, отслеживании и распознавании рук пользователя или движения пальцев в пространстве.

Электрическое поле создается электрическими зарядами и распространяется вокруг поверхности, несущей заряд. Контроллер GestIC подает частоту на передающий (Tx) электрод в диапазоне 100 кГц (длина волны ~3 км). Размеры электродов порядка 20 см, что существенно меньше длины волны излучаемого сигнала, поэтому магнитная составляющая поля практически равна нулю. В результате этого создается квазистатическое электрическое ближнее поле, которое можно использовать для детектирования проводящих предметов, таких как человеческое тело. Попадание пользователя в область чувствительности сенсора приводит к искажению электрического поля. Линии поля шунтируются проводящим телом. Как показано на рисунке (рис. 21), внесенная рука вызывает искажение эквипотенциальных линий, что детектируется приемными электродами (Rx) контроллера GestIC. Таким образом, контроллер GestIC формирует электрическое поле, с помощью нескольких приемных электродов определяет изменения электрического поля и вычисляет относительное положение руки, её перемещение в трех координатах и определяет жесты по нескольким шаблонам.

Созданная Microchip технология GestIC может использовать электроды из любых проводящих материалов. Передающий и приемные электроды могут быть выполнены на печатной плате, или из фольги, приклеенной на какую либо поверхность, или выполнены в виде ИТО (оксид индия-олова) покрытием на стекле или пластике. Все это позволяет применять технологию GestIC в приборах без увеличения размеров конечного изделия.

Для распознавания жестов Microchip использует библиотеку «Colibri Gesture Suite», которая использует Скрытую Марковскую модель (СММ) в отношении векторов изменения координат. Выбранный метод обеспечивает высокую степень распознавания 3D-жестов руки и пальцев вне зависимости от конкретного пользователя.

Технология GestIC имеет высокое разрешение отслеживания жестов, достаточное для современных

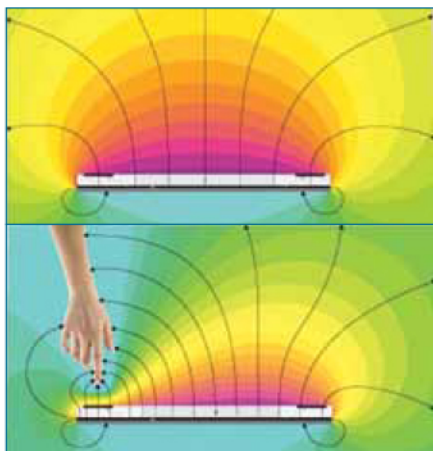


Рис. 21. Искажение электрического поля при внесении руки

приложений. Контроллер GestIC предоставляет пользователю законченный набор трехмерных жестов рукой и пальцами, например: пробуждение по приближению руки, отслеживание положения руки, постукивание, круг, символы, на основе которых можно осуществлять включение и выключение устройства, запуск приложений, выбор объекта, указание и щелчок, масштабирование, прокрутка и пр. Разработчики могут быстро сделать готовое изделие и снизить риски при разработке, используя отлаженный набор перечисленных возможностей. Помимо этого, возможен анализ «сырых» данных, поступающих непосредственно с сенсоров, расширяющих функциональность библиотеки.

Контроллер GestIC имеет программируемую функцию обнаружения приближения: контроллер может периодически просыпаться и сканировать действия пользователя. Если обнаружено взаимодействие с пользователем, система автоматически переключается в режим полного сканирования сенсоров и может вернуться в режим сохранения энергии, как только пользователь покидает область чувствительности. В результате распознавание 3D жестов становится реальностью даже для батарейной продукции. В помощь разработчику Microchip приготовила оценочный комплект MGC3130 Single Zone Evaluation Kit “Sabrewing” (DM160217) (рис. 22).

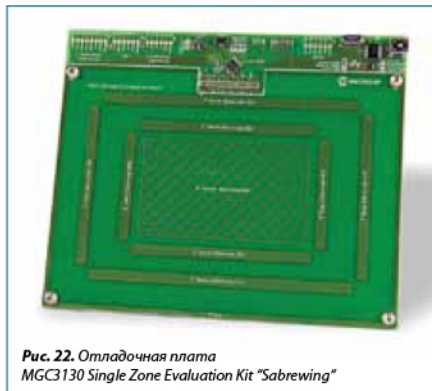


Рис. 22. Отладочная плата MGC3130 Single Zone Evaluation Kit "Sabrewing"

Законченное решение позволяет изучить GestIC контроллер MGC3130, встроенную библиотеку распознавания жестов и отслеживания положения руки. С сайта компании доступны для скачивания API, предоставляющий программистам возможность создавать свои приложения для работы с GestIC контроллером, и Windows программа Aurea для управления параметрами контроллера MGC3130 и настройки и сохранения параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания Microchip, имея большой опыт в проектировании микроконтроллеров и аналоговых продуктов для промышленных и автомобильных применений, в обработке сигналов и создании за-

конченных программных библиотек, предоставляет широкие возможности разработчикам при создании сенсорного пользовательского интерфейса различного уровня.

Глубокая теоретическая проработка, отладка и тестирование интегральных микросхем и программных решений в жестких условиях помех позволили создать надежные решения для сенсорных интерфейсов, которые можно успешно применять не только в бытовой технике, но и в автомобильных применениях, панелях управления промышленным оборудованием, лифтах, панелях домофонов, систем доступа и др. Специалисты компании Microchip Technology Inc. оказывают всестороннюю техническую поддержку и помогают разработчикам создавать законченные продукты.

Емкостные сенсорные кнопки на микроконтроллерах Microchip используются в таких продуктах, как ноутбуки TOSHIBA серий Portege и Satellite, игровых устройствах Activision и Logitech, ЖК-телевизорах LG, роутерах ZyXEL, продуктах JVC, Acoustic Research, Sharp, кодовых панелях доступа, Blue Ray DVD проигрывателях, весах, холодильниках и многих других устройствах. ■

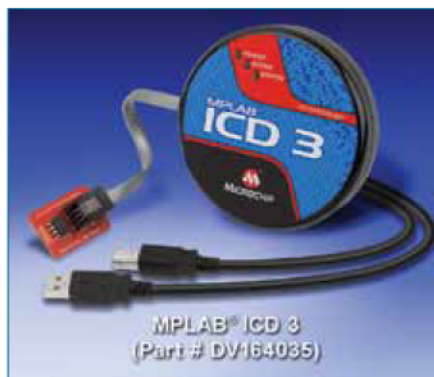
Полная версия статьи доступна на сайте www.pickit2.ru

Или перейдите к статье по QR-коду.



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;



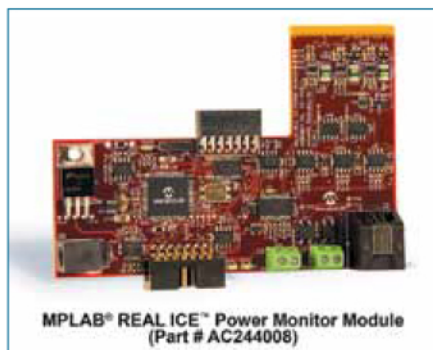
- программная трассировка выполняемого кода и памяти программ для 16-битных МК;
- аппаратная трассировка выполняемого кода, памяти программ, портов и т.п. для 32-битных МК;
- отображение значений переменных в реальном времени и графическое представление статистики изменений (DMCI);
- высокоскоростной 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		+	+	+	+	+	+	
Пуск, стоп, один шаг	+	+	+	+	+	+	+	PICKit3
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

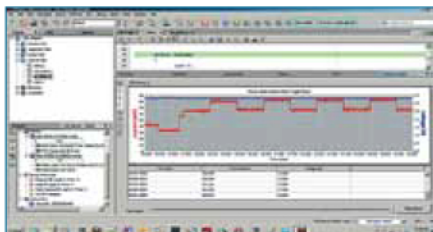
МОНИТОР ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ MPLAB REAL ICE POWER MONITOR (AC244008)



MPLAB REAL ICE POWER MONITOR, являющийся устройством расширения внутрисхемного эмулятора REAL ICE, позволяет контролировать потребление системы на основе микроконтроллера при выполнении 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, светодиода, 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 отладочные 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 схематехника 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 поддер-



живает стандарты CAN 2.0b и ISO11898-2 и может применяться широком спектре задач. В состав набора включен непосредственно модуль для подключения и графическая среда.

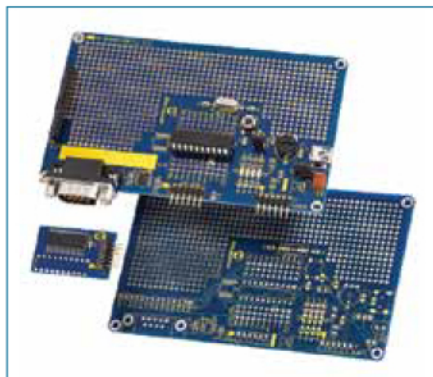
ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 8-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PICMICRO

MPLAB® Starter Kit for PIC18F MCU (DM180021)

- На базе микроконтроллера PIC18F46J50 (64 кбайт Flash, 4 кбайт RAM) с новейшей технологией микроразъема nanoWatt XLP.
- Слот для подключения SD/MMC карт (SPI).
- Кнопки (touchpad и scrollbar) на емкостных сенсорах, обрабатываемые при помощи CTMU.
- Акселерометр BMA150 (SPI).
- Пользовательские кнопки, светодиоды потенциометр.
- 128×64 пикселей OLED-дисплей (PMP).
- SPI EEPROM 25LC010A.



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.

PICDEM Full Speed USB (DM163025)

- Микроконтроллер PIC18F4550 с USB (44 вывода, 32 кбайт flash, 2 кбайт RAM, из них 1 кбайт — 2-портовая для USB, 256 байт EEPROM).
- Пользовательские светодиоды, кнопка, потенциометр.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладчиков.

PICDEM PIC18 Explorer (DM183032)

- В комплекте 2 микроконтроллера: PIC18F8722 (128 кбайт Flash, 80 выводов, старший контроллер основного семейства PIC18), PIC18F87J11 (128 кбайт Flash, 80 выводов, старший представитель 3 V J-серии).



- Поддержка сменных модулей (контроллеров на колодке) микроконтроллеров PIC18 от 28 до 80 выводов.
- Разъем для подключения плат расширения PICtail™.
- Макетка с доступом ко всем выводам контроллера.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладчиков/программаторов.
- Буквенно-цифровой ЖКИ.
- 25LC256 SPI EEPROM.
- Потенциометр, выведенный на 10-бит АЦП.
- Датчик температуры с аналоговым выходом MCP9701A.
- Пользовательские кнопки и светодиоды.
- Разъем для источника питания и программируемый регулятор напряжения от 2 до 5,5 В.

PICDEM LCD 2 (DM163030)

- В комплекте микроконтроллер PIC18F85J90 (32 кбайт Flash, 80-выводный TQFP-корпус).
- Поддержка сменных модулей с контроллерами PIC16F9xx, PIC18Fxx90 и PIC18FxxJ90 с модулем управления ЖКИ.



- Заказной сегментный ЖКИ.
- Пользовательские кнопки.
- Microwire EEPROM 93AA46C.
- Макетное поле для нужд пользователя.
- Разъем RS-232 выведенный на UART.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.

enhanced mTouch Capacitive Touch Evaluation Kit (DM183026–2)



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 мультитрек;
- 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).

PICDEM Inductive Touch Development Kit (DM183027)



Отладочный набор предназначен для ознакомления с технологией Inductive Touch — опрос нажатия кнопок на основании изменения индуктивности.

Управление запрограммированным набором осуществляется с помощью плагина MPLAB mTouch plug-in. Для связи с платой применяется PICkit Serial Analyzer.

Особенности:

- на основе контроллера PIC16F1936;
- отштампованная алюминиевая панель с 4 кнопками;
- зуммер и светодиоды;
- разъем внутрисхемного программирования;
- разъем для подключения PICkit™ Serial Analyzer.

ОПИСАНИЕ ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 16-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC24

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

PIC32 Starter Kit (DM320001)

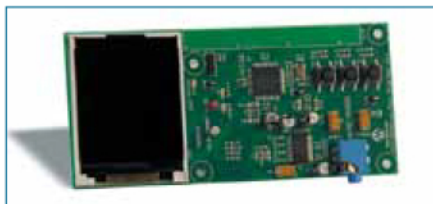
- На базе микроконтроллера PIC32MX360F512L (512 кбайт Flash, 32 кбайт RAM, 4×DMA, 100 выводов).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- Огромное количество примеров по работе с различной периферией PIC32.

PIC32 Ethernet Starter Kit (DM320004)



- 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).

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, 220×176 точек
- mTouch-слайдер
- MicroSD-карта

КОНТРОЛЛЕРЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА DSPIC

Explorer16 (DM240001)

См. DM240001 в разделе PIC24

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)



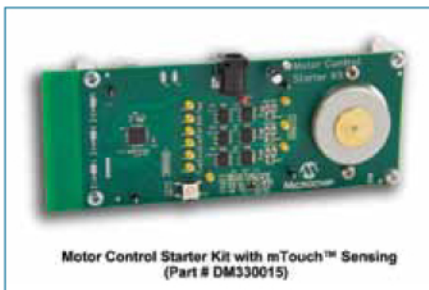
Набор для исследования возможностей семейства dsPIC33 GS для задач эффективного управления мощными светодиодами.

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)

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 нуль;
- контроль шины постоянного тока;
- встроенные источники собственного питания;
- трехфазный инвертор 400 В/6,5 А;
- работа с датчика Холла и с квадратурным энкодером;
- 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 (SMPS-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

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

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

Имея буллодер, 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/MB/MC PICtail/PICtail Plus (AC164134-x, AC164143)

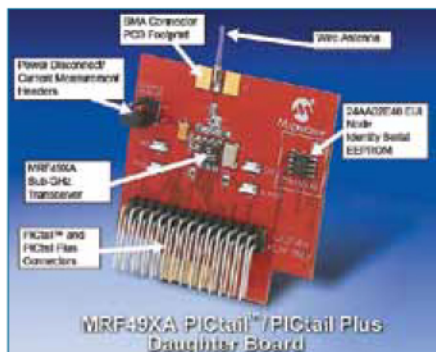


Платы PICtail/PICtail Plus с беспроводными модулями на основе трансивера MRF24J40 — 2,4 ГГц IEEE802.15.4

- AC164134-1 — на основе MRF24J40MA (0 дБм, антенна на плате);
- AC164134-2 — на основе MRF24J40MB (+20 дБм, антенна на плате);
- AC164143 — на основе MRF24J40MC (+20 дБм, внешняя антенна).

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.

MRF24WB0MA Wi-Fi PICtail/PICtail Plus Daughter Board (AC164136-4)

Плата с модулем Wi-Fi MRF24WB0MA

Wi-Fi Comm Demo Board (DV102411)



Плата Wi-Fi Comm Demo board является компактной завершённой платформой для изучения, разработки и отладки систем с Wi-Fi на основе микроконтроллера PIC32.

Wi-Fi G Demo Board (DV102412)



Аналогично предыдущей, но на основе Wi-Fi-модуля MRF24WG0MA, поддерживающем спецификацию 802.11 b/g — работа в режимах Инфраструктура/AdHoc/SoftAP.

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 микроконтроллерах 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-прово-



дному 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 (см. статью)

Помимо микроконтроллеров и памяти Microchip предлагает ряд аналоговых и интерфейсных микросхем, которые также снабжаются демоплатами, 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.

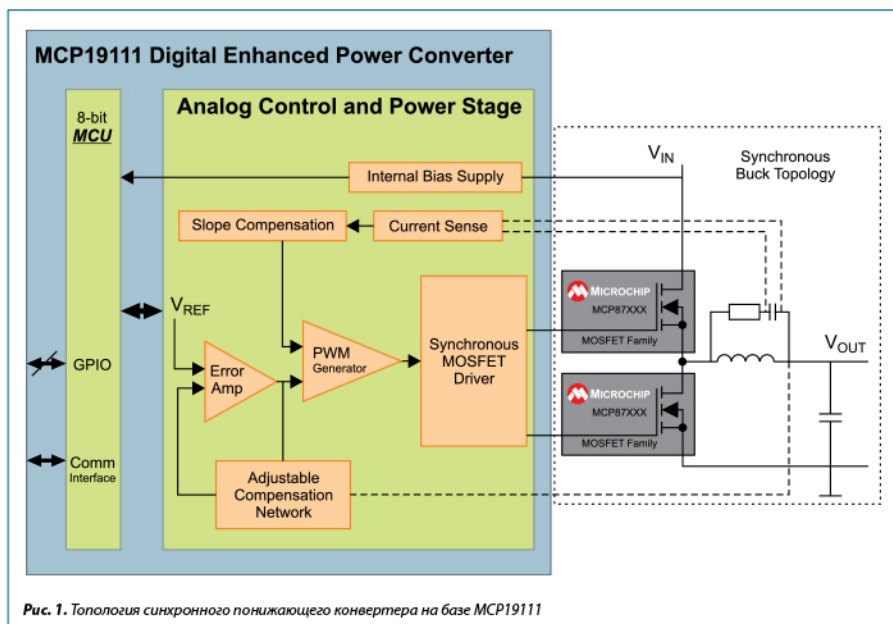


Рис. 1. Топология синхронного понижающего конвертера на базе MCP19111

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 высокопроизводительные 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 с КПД более чем 96%.

Основные особенности синхронного понижающего преобразователя:

- напряжение питания: 4,5–32 В;
- программируемое выходное напряжение;

- частота ШИМ: от 10 кГц до 1,6 МГц;
- режим управления по пику тока;
- защита от перегрева;
- конфигурируемые параметры:
 - предел перегрузки по току;
 - нижний предел выходного напряжения;
 - верхний предел выходного напряжения;
 - внутренняя аналоговая компенсация;
 - частота коммутации;
 - профиль мягкого старта;
 - «мертвое» время управления MOSFET;
- поддержка интерфейса I²C (совместимость с SMBus/PMBus).

СИЛОВЫЕ MOSFET

Используя передовые полупроводниковые технологии и корпусирование, 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.

Таблица

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

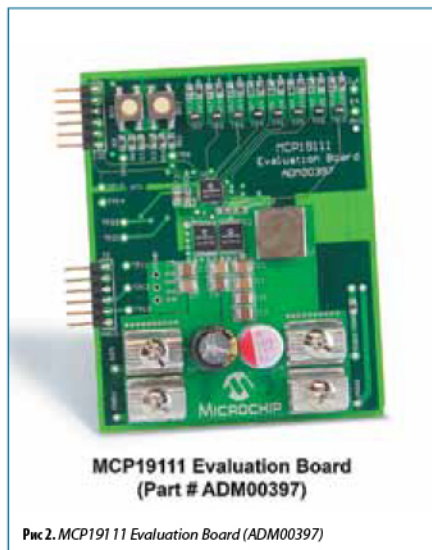
Особенности:

- 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 MCP191111 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, обработку аварийных ситуаций и интерфейсы связи. На плате есть внешние выводы для внутрисхемного про-



граммирования, подключения интерфейса I²C, выходы I/O и входы АЦП. ■

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ MICROCHIP GESTIC® ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ЖЕСТОВ

Особенности:

- MGC3130 — первая в мире микросхема распознавания трехмерных жестов на основе электромагнитных полей.
- Библиотека распознавания жестов и точное отслеживание положения руки.
- Наименьшее потребление из существующих технологий.
- Отсутствие слепых зон.

Microchip представляет свою новую запатентованную технологию GestIC®, реализующую современный бесконтактный интуитивно понятный пользовательский интерфейс на основе жестов. Микросхема MGC3130 — первая в мире микросхема для отслеживания жестов руки на основе электромагнитных полей.

Технология GestIC® имеет высокое разрешение отслеживания жестов, достаточное для всех современных приложений, основанное на применении встроенной библиотеки Colibri Suite. Распознавание жестов производится на основе стохастической модели Маркова отслеживания координат руки, предоставляя пользователю законченный набор трехмерных жестов рукой и пальцами, например: пробуждение по приближению руки, отслеживание положения руки, постукивание, круг, символы, на основе которых можно осуществлять вкл/выкл устройства, запуск приложений, выбор объекта, указание и щелчок, масштабирование, прокрутка и пр. Помимо этого, возможен анализ «сырых» данных, поступающих непосредственно с электродов.

Для изготовления электродов может применяться любые проводники, например, на печатной плате или оксид индия-олова

(ITO, прозрачные проводники). GestIC® обеспечивает 100% покрытие и отсутствие слепых зон, в отличие от других технологий. Микросхема MGC3130 имеет рабочий диапазон расстояний порядка 15 см, что делает ее идеальной для интерфейсов современных устройств, рассчитанных на тесную работу человека с системой.

Особенности микросхемы MGC3130:

- Разрешение 150 DPI (как у мыши), 200 выборов в секунду.
- Сверхмалощумящий аналоговый тракт.
- Настраиваемое пробуждение по поднесению руки (150 мкВт), обеспечивая постоянную работу системы в мобильных и малопотребляющих приложениях.
- Функция автокалибровки.
- 32-битная цифровая обработка сигнала, работа в реальном времени, библиотека распознавания Colibri Suite.
- Flash память для пользовательских расширений.
- Диапазон рабочих частот 70...130 кГц с постоянной сменой частот для снижения наводок. Отсутствие влияния внешней засветки и звуков.

Отладочная плата Sabrewing MGC3130 Single Zone Evaluation Kit (DM160217) доступна для заказа и предназначена для исследования возможностей микросхемы MGC3130 с электродами 7 дюймов (178 мм). В состав набора входит GUI AUREA (также доступный для бесплатного скачивания), который позволяет отслеживать жесты, распознанные микросхемой и настраивать параметры библиотеки Colibri Suite. Библиотека запрограммирована в MGC3130 и является ядром распознавания жестов. ■