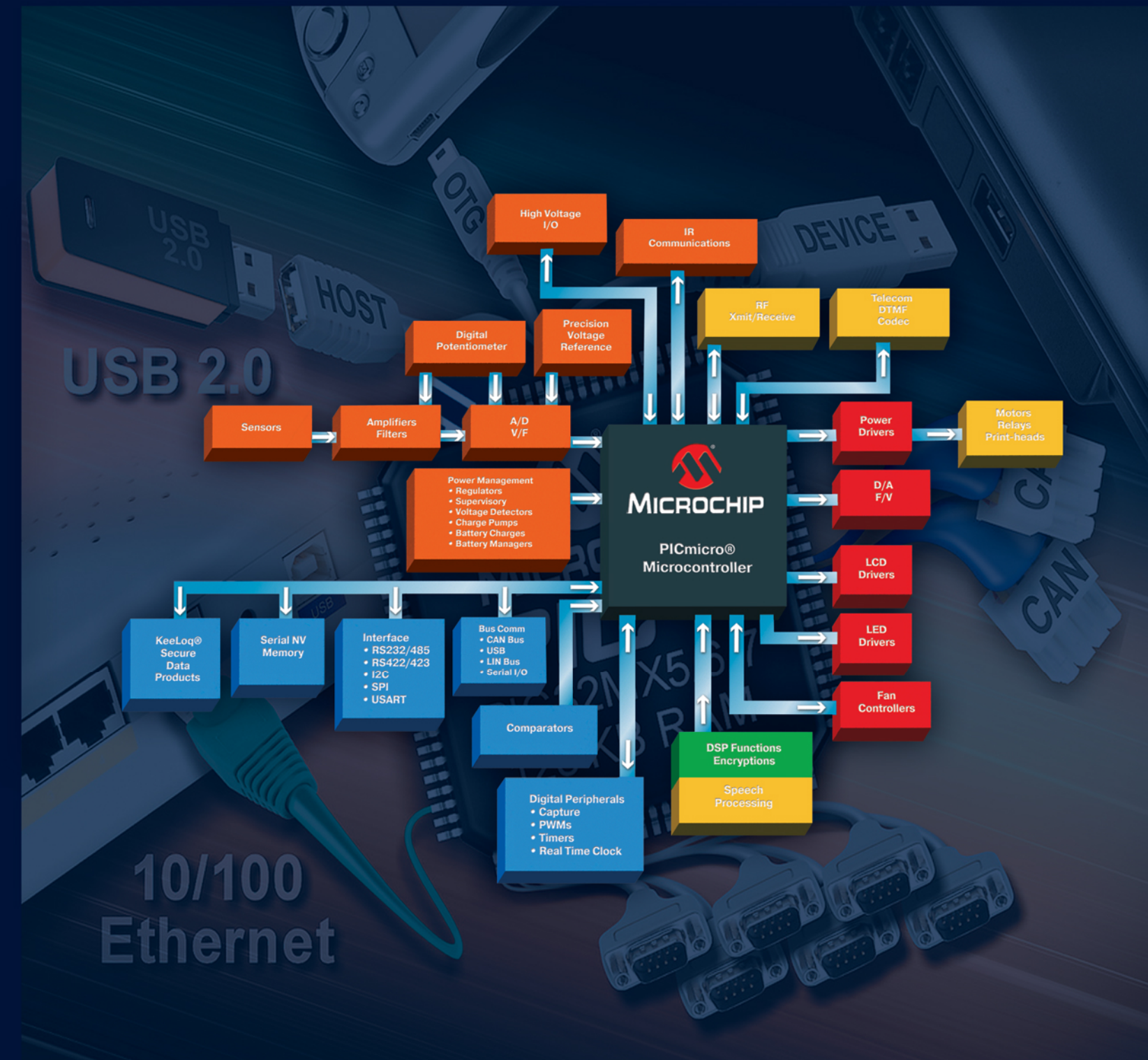


Информационный каталог

# MICROCHIP



ООО "Гамма Санкт-Петербург"  
Тел.: +7(812) 325 51 15  
Факс: +7(812) 325 51 14  
E-mail: [microchip@gamma.spb.ru](mailto:microchip@gamma.spb.ru)  
[www.gamma.spb.ru](http://www.gamma.spb.ru)

Москва:  
Тел./Факс: (495) 668-26-46

Белоруссия  
Тел.: +375-17-209-8045

Центр технической поддержки:  
[Ilya.Afanasyev@microchip.com.ru](mailto:Ilya.Afanasyev@microchip.com.ru)  
[Alexey.Safronov@microchip.com.ru](mailto:Alexey.Safronov@microchip.com.ru)  
[www.microchip.com.ru](http://www.microchip.com.ru)

Гамма Санкт-Петербург

2012



## 8-разрядные микроконтроллеры Microchip для различных применений

Вы думали, что не будете использовать микроконтроллеры в своей разработке? Подумайте снова!

- Самые маленькие микроконтроллеры в мире PIC10F – «умная пыль» – замена логики
- Интегрированный тактовый генератор
- Модули компаратора и АЦП, источник опорного напряжения
- Датчик температуры, блок конфигурируемой логики, цифровой синтезатор частоты



Маловыводные контроллеры (8/14/20) выводов

- До 16 кбайт памяти программ, EEPROM-память данных
- 10-разрядный АЦП, аналоговые компараторы, RS-триггер
- Модуль ШМИ, захвата, сравнения
- Последовательные интерфейсы USB, I<sup>2</sup>C, SPI, UART (с поддержкой LIN, RS-485)
- Аппаратная поддержка алгоритма шифрования KeeLOQ
- Технология микропотребления NanoWatt, потребление менее 50 мкА/МГц в активном режиме
- Датчик температуры, блок конфигурируемой логики, цифровой синтезатор частоты

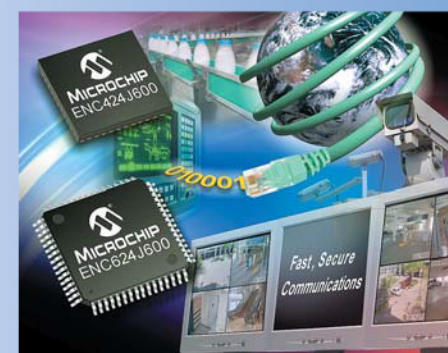
Контроллеры с большим объемом памяти

- До 128 кбайт памяти программ
- До 80 выводов
- Расширенная система команд
- 12-, 16- и 24-разрядный АЦП
- Управление энергосбережением NanoWatt
- Встроенные модули USB, Ethernet, CAN, UART
- Драйвер ЖКИ
- Аналоговая периферия для электросчетчиков



Автономные Ethernet-контроллеры ENC28J60, ENC424J600 и ENC624J600

- Интерфейсы связи с микроконтроллером: параллельный и SPI
- 10 и 10/100BASE-TX PHY и MAC
- Внутренний буфер FIFO-памяти до 24 кбайт
- Аппаратная поддержка алгоритмов шифрования RSA, Diffie-Hellman и вычисления MD5, SHA-1
- Бесплатный стек TCP/IP с поддержкой криптографического протокола SSL



## Высокопроизводительные микроконтроллеры Microchip

Контроллеры цифровой обработки сигналов:

- 16-разрядные dsPIC30F, dsPIC33F и dsPIC33E
- Быстродействие до 60MIPS
- Четыре семейства: сенсорные; общего назначения; управления электроприводом и преобразователями мощности
- Большой объем Flash-памяти программ – до 256 кбайт
- 12-битный АЦП, 16-битный ЦАП
- Расширенный диапазон температур (–40...+125 °C)
- Контроллер прямого доступа к памяти
- Корпуса от 18 до 144 выводов



Высокопроизводительные 16-разрядные контроллеры PIC24

- Быстродействие до 60MIPS
- Контроллер прямого доступа к памяти
- Модуль вычисления CRC
- Часы реального времени с календарем
- Переназначение функций выводов
- Четыре модуля UART, поддержка IrDA-протокола
- Модуль USB OTG
- Корпуса от 18 до 144 выводов

Высокопроизводительное семейство 32-разрядных микроконтроллеров

- Ядро MIPS32 M4K, частота тактирования 80 МГц, выполнение команды за 1 такт генератора
- Команды умножения и деления за один командный цикл
- Предварительная выборка команд из памяти программ, кэш 256 байт
- Быстрое переключение контекста и вход в прерывания
- 4-канальный аппаратный контроллер DMA
- Контроллер USB OTG, CAN, Ethernet
- Совместимость с 16-разрядными семействами
- Корпуса от 28 до 100 выводов
- Температурный диапазон до –40 ... +105 °C



Единые средства разработки и отладки

- Единая бесплатная среда разработки и симулятор MPLAB IDE
- Эффективные Си компиляторы, предоставляются бесплатные студенческие версии
- Большой набор библиотеки и примеров применения
- Отладочные и демонстрационные платы
- Недорогой внутрисхемный отладчик-программатор ICD-3
- Бюджетный внутрисхемный эмулятор REAL ICE



16- и 32-разрядная архитектура, мощная система команд, высокое быстродействие, режимы сбережения энергии



## ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И АНАЛОГОВЫХ МИКРОСХЕМ

Компания Microchip Technology Inc. является ведущим производителем микроконтроллеров и аналоговых микросхем, обеспечивающих низкую стоимость и быстрое внедрение для тысяч разработчиков во всем мире. Имея штаб-квартиру в Чандлере, пригород Финикса штат Аризона, Microchip организует обширную техническую поддержку и бесперебойные поставки для всего ассортимента продукции во всем мире. Основанная в 1989 году, компания разрабатывает, производит и продает высокопроизводительные компоненты для встраиваемых систем, отличительными характеристиками которых являются компактный размер, высокая функциональность и простота разработки. В различных частях света более 4800 работников компании Microchip ведут непрерывную работу над усовершенствованием продукции, качеством обслуживания и обеспечением бесперебойных поставок компонентов своим клиентам. Это обеспечивается высоким профессионализмом и сплоченностью коллектива, а также высокой культурой производства. Все эти качества вывели Microchip на первое место по объему продаж 8-битных контроллеров.

### СТРАТЕГИЯ НАШЕГО БИЗНЕСА

На сегодняшний день Microchip работает с более чем 60 тысячами клиентов, производящих устройства для автомобильного, коммуникационного, промышленного рынков, а также офисную технику и различные бытовые приборы. Мощная дилерская сеть позволяет компании вести непрерывный диалог с заказчиками, который благоприятно сказывается на успехе разработок и дальнейших поставок компонентов. Эта модель ведения бизнеса успешно прошла испытания во времена спада и роста активности на рынке полупроводников, планомерно выводя Microchip на первое место.

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА

Продукция Microchip отличается компактными размерами элементов, высокой производительностью, низким энергопотреблением и простотой применения. Это позволяет разрабатывать и производить недорогие полнофункциональные устройства в кратчайшие сроки. Высокая конкурентоспособность продукции обеспечивается техническими инновациями и следующими особенностями:

- Высокая функциональность, скорость и надежность;
- Большое число периферийных модулей;
- Низкая цена и энергопотребление;
- Доступность.

### 8-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

Компания Microchip производит широкий ассортимент 8-битных контроллеров с уникальной архитектурой под маркой PIC®. С момента появления на рынке в 1990 году продано более пяти миллиардов штук микроконтроллеров. Более трехсот моделей микроконтроллеров охватывают весь диапазон применения 8-битных контроллеров. Контроллеры Microchip сочетают в себе высокую производительность, низкую стоимость и маленькие размеры корпусов, а также наилучшее соотношение цена/производительность в отрасли. RISC архитектура, лежащая в основе PIC®, позволяет осуществлять быстрый переход между различными моделями контроллеров с минимальной модификацией исходных кодов программ. Контроллеры имеют сложную систему тактирования, встроенный АЦП, возможность использования внешней памяти, различные интерфейсы связи (I²C, SPI, USB, CAN, USART, LIN, Ethernet), внутрисхемное программирование и отладку. Память программ выполняется по технологии Flash, ROM или OTP.

### 16-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ И КОНТРОЛЛЕРЫ С ЯДРОМ ЦОС

Microchip предлагает два семейства 16-разрядных микроконтроллеров (PIC24FJ и PIC24FH) и два семейства 16-разрядных Цифровых Сигнальных Контроллеров — DSC (dsPIC30 и dsPIC33), которые предоставляют разработчику полную совместимость между платформами во всем диапазоне возможных корпусов от 18 до 100 выводов. Общие параметры для всех 16-разрядных контроллеров и DSC это: расположение выводов, программная совместимость, совместимость периферии и отладочных средств. Если для вашей разработки требуется мощь 16-раз-

рядного ядра и низкая цена, Microchip предлагает широкий диапазон совместимых продуктов, что позволит сэкономить время, деньги для будущих дизайнов. Высокопроизводительные 16-разрядные микроконтроллеры и DSC, помимо внутрисхемного программирования, низкого потребления, компактных размеров и простоты использования, сочетают в себе отличительные особенности архитектуры PIC® контроллеров с высокой производительностью ядра цифровой обработки сигналов на одном кристалле.

### 32-РАЗРЯДНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ

С момента своего анонсирования в ноябре 2007 года, 32-разрядные контроллеры PIC32 завоевали признание не только инженеров-разработчиков встраиваемых систем, но и ведущих мировых производителей программного обеспечения и отладочных средств. Контроллеры семейства PIC32 имеют высокое быстродействие, богатый набор периферии, включая стандартные модули 10-разрядного АЦП, интерфейсов UART, I²C, SPI, USB-OTG и др. Полноценная поддержка нового семейства, осуществляемая как самим Микрочипом, так и сторонними производителями, обеспечивает легкость освоения новых контроллеров PIC32. Наличие большого числа компиляторов, интегрированных сред разработки и аппаратных отладчиков кода дает выбор в применении того или иного продукта, удовлетворяющего запросам, требованиям и предпочтениям разработчика.

### АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ И ИНТЕРФЕЙСНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Компания Microchip производит более чем 500 типов аналоговых микросхем: устройства преобразования и контроля за питанием, линейные ОУ, АЦП и ЦАП, устройства контроля температуры и интерфейсные микросхемы Ethernet, CAN, LIN, IrDA а так же трансиверы частотного диапазона 2,4 ГГц стандарта IEEE 802.15.4 (совместимые с сетевыми протоколами ZigBee и MiWi) — MRF24J40.

### МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ

Компания Microchip имеет в своем портфеле высококачественные микросхемы последовательной энергонезависимой памяти EEPROM с низким напряжением питания, поставляемые в ультраминиатюрных корпусах. Все микросхемы памяти имеют большой срок хранения информации и большое число возможных циклов стирания/записи.

### СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Компания Microchip предлагает легкое в освоении программное обеспечение для быстрого написания и отладки программ, а так же программаторы и эмуляторы. Интегрированная среда разработки MPLAB® — сертифицированный инструмент, позволяющий разработчику быстро написать и отладить программу. Более 150 независимых компаний также разрабатывают и поставляют средства разработки для микроконтроллеров Microchip семейств PIC и dsPIC.

### ПРОИЗВОДСТВО

Компания Microchip владеет мощностями для полного цикла производства микросхем — от фабрик по производству кристаллов до заводов по упаковке и тестированию микросхем. Имея собственное производство, а также современные статистические методы управления, компания смогла достигнуть больших объемов производства. Прямой контроль над производственными ресурсами позволяет сократить время разработки и производственный цикл изготовления микросхем. Компания Microchip имеет центры разработки в Калифорнии, Техасе, Швейцарии и Индии. Фабрики по производству полупроводников расположены в городах Темпе (штат Аризона) и Грехам (штат Орегон), фабрики по сборке и тестированию расположены в Таиланде и Китае.

### КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

Система качества в компании Microchip сертифицирована в соответствии с требованиями ISO-9000:2000 и ISO/TS-16949:2002, что демонстрирует, что компания отвечает самым строгим стандартам управления и производства готовой продукции. Система качества ISO/TS-16949:2002 быстро становится стандартом системы качества для многих отраслей промышленности и Microchip одна из первых полупроводниковых компаний в мире, которая получила этот сертификат.



# 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 PIC10 F2xx появились в 2004 г. С тех пор контроллеры PIC10F получили широкое применение благодаря низкой стоимости, наличию встроенного генератора, компаратора и АЦП. Ключевые моменты успеха PIC10F — это возможность их применения в качестве функциональных генераторов

сигналов, аналоговых интеллектуальных датчиков, а также нетрадиционных для микроконтроллеров областях, таких как элементы, управляющие ошибками 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 стеком, возможность самопрограммирования и эмуляции энергонезависимой памяти данных EEPROM, 16 МГц

внутренний генератор, ШИМ-контроллер, 8-разрядный АЦП, а также несколько уникальных модулей: CLC (модуль конфигурируемой логики), CWG (генератор комбинаторных 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 PIC1xF182x (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 I<sup>2</sup>C, SPI и EUSART присутствуют во всех микроконтроллерах, в том числе у 8-выводных PIC12F182x. Встроенный модуль измерения емкостных датчиков (CSM) 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.

Таблица 1. Семейство контроллеров PIC10F32x

Контроллер	Flash, байт	ОЗУ, байт	EEPROM	АЦП, 8 бит	ШИМ	Датчик температуры	CWG	NCO	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

Таблица 2. Семейство контроллеров PIC12/PIC16F18xx

Контроллер	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	EEPROM	Напряжение питания, В	АЦП/компар.	ССР/ЕССР/PWM	CSM	EUSART	МСП IC/SPI	Таймер 8/16 бит	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

### Микроконтроллеры PIC16F15xx

Современные разработки требуют высокоэффективных микроконтроллеров с улучшением свойств микропотребления и уменьшения цены. Микроконтроллеры семейства PIC16F15xx разработаны для удовлетворения подобных запросов. Основное отличие от контроллеров серии F18xx это отсутствие EEPROM памяти данных, за счет чего достигнуто снижение цены. Однако следует учесть, что контроллеры F15xx, как и все серии F1, имеют возможность самопрограммирования, то есть для хранения констант и редко изменяющихся данных можно использовать область памяти программ (минимальное число циклов перезаписи составляет 10000).

Семейство PIC16F15xx состоит из контроллеров с числом выводов 28, 40, 44 и 64 и, как и все контроллеры поколения PIC16F1xxx базируются на высокоэффективном ядре Enhanced Mid-Range. Комбинация высокоэффективной архитектуры, высокого быстродей-



ствия, 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/I<sup>2</sup>C и EUSART, интегрированный датчик температуры, до 10 каналов захвата/сравнения/ШИМ, а также другие периферийные модули.

#### Микроконтроллеры PIC12F150x/PIC16F150x

Продолжая развитие семейства F15xx, компания Microchip планирует выпустить маловыводные контроллеры PIC12 и PIC16 серии F150x (табл. 4), с числом выводов 8, 14 и 20. Новые контроллеры, как и семейство PIC10F32x, получают 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 и гистерезисом, источник фиксированного напряжения 1,024, 2,048 и 4,096В, 5-разрядный ЦАП, четыре 10-разрядных модуля ШИМ, последовательные интерфейсы I<sup>2</sup>C 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), особенности которого позволяют создавать более эффективный код и исполнять его на более высокой тактовой частоте чем на «традиционном» Mid-Range ядре, контроллеры семейства PIC16F193x и PIC16F194x 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 оптими-

Таблица 3. Семейство контроллеров PIC16F151x/2x

Контроллер	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	Напряжение питания, В	АЦП, 10 бит	CCP/PWM	EUSART	MSSP I <sup>2</sup> C/SPI	Таймер, 8/16 бит	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

Таблица 4. Семейство контроллеров PIC12/PIC16 F150 x

Контроллер	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	Напряжение питания, В	АЦП, 10 бит	Компаратор	PWM	EUSART	MSSP I <sup>2</sup> C/SPI	Таймер, 8/16 бит	CWG/NCO	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	512	2,3–5,5 1,8–3,6	12	2	4	1	1/1	2/1	1/1	4

зировав для микропотребляющих устройств. Микроконтроллеры имеют до 2 SPI/I<sup>2</sup>C 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 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.

Таблица 5. Семейство контроллеров PIC16 F19xx

Контроллер	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ	EEPROM	Напряжение питания, В	Сегментов ЖКИ	АЦП, 10 бит/компаратор	ECCP/CCP	Интерфейсы	Корпуса
PIC16F1902	28	3,5	128	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	–	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16F1903	28	7	256	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	–	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16F1904	40/44	7	256	Эмул.	1,8–3,6	116	14/0	–	EUSART	PDIP, TQFP, 5x5 UQFN, die
PIC16F1906	28	14	512	Эмул.	1,8–3,6	72	11/0	–	EUSART	SPDIP, SOIC, SSOP, 4x4 UQFN, die
PIC16F1907	40/44	14	512	Эмул.	1,8–3,6	116	14/0	–	EUSART	PDIP, TQFP, 5x5 UQFN, die
PIC16F1933 PIC16LF1933	28	7	256	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1934 PIC16LF1934	40/44	7	256	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1936 PIC16LF1936	28	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1937 PIC16LF1937	40/44	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1938 PIC16LF1938	28	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	60	11/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	SPDIP, SOIC, SSOP, 6x6 QFN, 4x4 UQFN
PIC16F1939 PIC16LF1939	40/44	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	96	14/2	3/2	EUSART, I <sup>2</sup> C, SPI	PDIP, TQFP, 8x8 QFN, 5x5 UQFN
PIC16F1946 PIC16LF1946	64	14	512	256	1,8–5,5 1,8–3,6	184	17/3	3/2	2xEUSART, 2xI <sup>2</sup> C, 2xSPI	TQFP, 9x9 QFN
PIC16F1947 PIC16LF1947	64	28	1024	256	1,8–5,5 1,8–3,6	184	17/3	3/2	2xEUSART, 2xI <sup>2</sup> C, 2xSPI	TQFP, 9x9 QFN



Таблица 6. Семейство контроллеров PIC16 F178x

Контроллер	Число выводов	Память программ, кбайт	ОЗУ, байт	EEPROM, байт	Напряжение питания, В	АЦП, 12 бит/ЦАП 8 бит	Компаратор	Операционный усилитель	PSMC	CCP	EUSART	MSSP I <sup>2</sup> C/SPI
PIC16F1782 PIC16LF1782	28	3,5	256	256	2,3–5,5 1,8–3,6	11/1	3	2	2	2	1	1/1
PIC16F1783 PIC16LF1783	28	7,5	512	256	2,3–5,5 1,8–3,6	11/1	3	2	2	2	1	1/1
PIC16F1784 PIC16LF1784	40/44	7,5	512	256	2,3–5,5 1,8–3,6	14/1	4	3	3	3	1	1/1
PIC16F1786 PIC16LF1786	28	14	1024	256	2,3–5,5 1,8–3,6	11/1	3	2	2	2	1	1/1
PIC16F1787 PIC16LF1787	40/44	14	1024	256	2,3–5,5 1,8–3,6	14/1	4	3	3	3	1	1/1

**Микроконтроллеры PIC16F178X**

Готовящиеся к выпуску контроллеры серии F17xx (табл. 6) получают дополнительно цифровую и аналоговую периферию:

- До 3 программируемых импульсных контроллера (PSMC — Programmable Switch Mode Controller) с разрешением 16 нс, цифровой и/или аналоговой обратной связью.
- Дифференциальный 12-разрядный АЦП.
- 8-разрядный ЦАП.
- До 4 высокоскоростных компаратора (время переключения 30 нс).
- До 3 операционных усилителя.
- Источник фиксированного напряжения 1,024, 2,048 и 4,096 В.

**НОВАЯ ПЕРИФЕРИЯ И ДРУГИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

**Система питания**

Все новые семейства микроконтроллеров PIC10F32x, PIC12F1xxx, PIC16 F1xxx, 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.

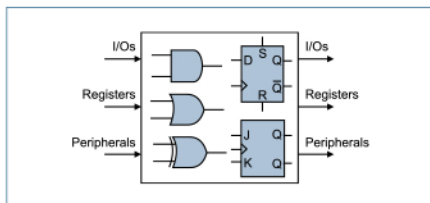


Рис. 1. Модуль конфигурируемых логических ячеек

**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 выходы;
    - периферия.
  - Выход можно подключить к:
    - портам микроконтроллера;
    - внутренней периферии.
  - 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.

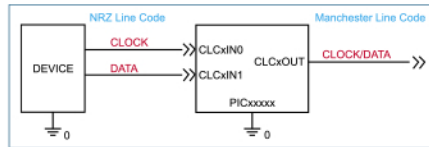


Рис. 2. Декодер NRZ потока данных в Манчестерский код

- Декодеры Манчестер/IrDA.
- Импульсные источники питания.
- Логика общего назначения.
- Умные системы управления.

Применив лишь один модуль CLC в PIC-микроконтроллере можно создать декодер NRZ в Манчестерский код (рис. 2). Полученное решение будет иметь то преимущество, что не будет иметь ограничений по частоте сигналов, так как такой декодер построен не на программном декодировании, а на аппаратном модуле логических ячеек. Такое решение позволит ядру микроконтроллера заниматься основными задачами и не участвовать в процессе преобразования потока данных. Такое решение также позволит уменьшить стоимость конечного изделия, так как не требует дополнительных элементов в схеме. Преобразование требует лишь XOR-элемента с двумя входами. Пример повышающего регулятора с аналоговой обратной связью показан на рис. 4. Пример фазового модулятора показан на рис. 5. Модуль конфигурируемых логических ячеек (CLC) доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC10F32x, PIC1x150x.

Для конфигурирования модуля логических ячеек Microchip предлагает специализированную утилиту «CLC Designer Tool» рис. 6., позволяющую настроить логические ячейки, подключение входных и выходных сигналов и создать файл конфигурации.

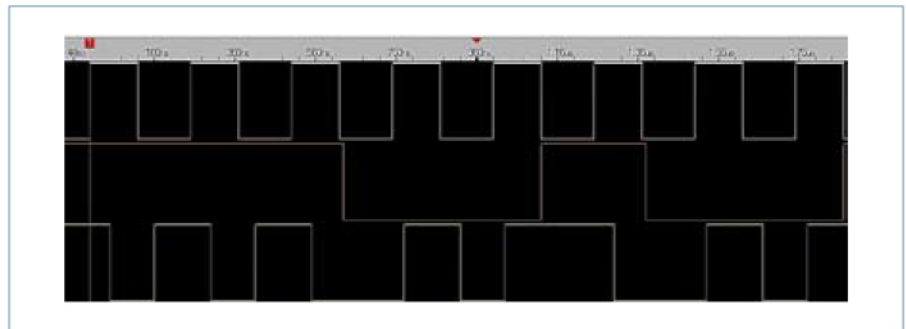


Рис. 3. Диаграмма работы декодера (белый — тактовый сигнал данных, красный — входной поток данных, зеленый — декодированный сигнал с выхода CLC)

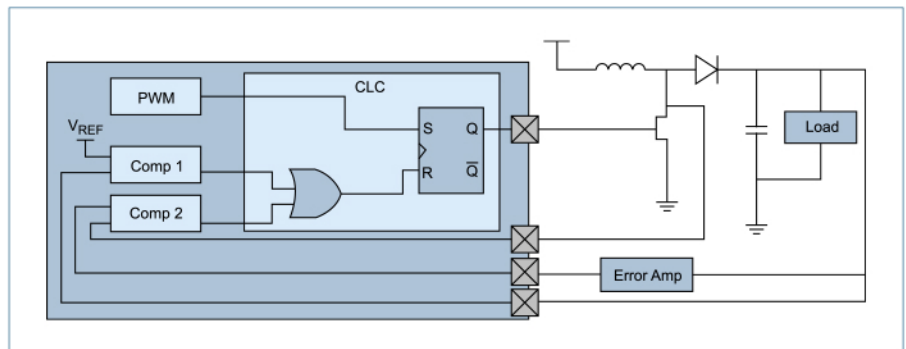


Рис. 4. Повышающий регулятор



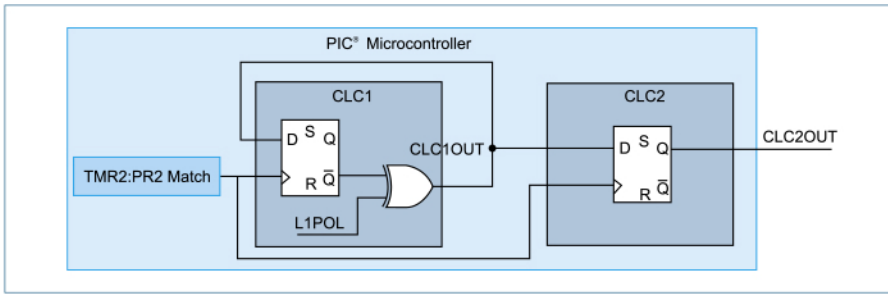


Рис. 5. Фазовый Модулятор

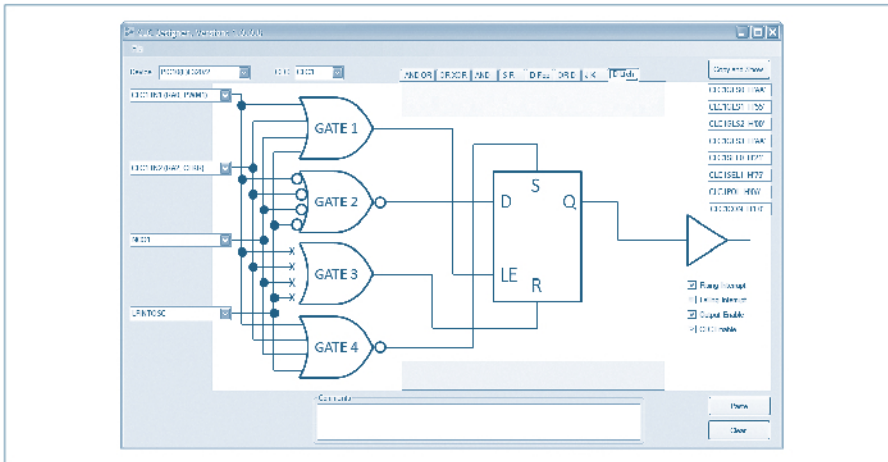


Рис. 6. Окно утилиты «CLC Designer Tool»

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

- Управление двигателями.
- Корректоры мощности.
- Звуковые усилители класса D.

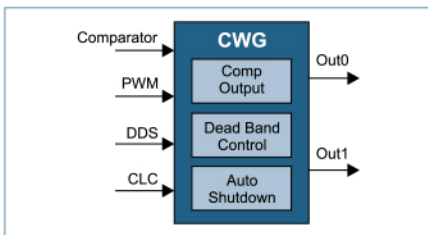


Рис. 7. Генератор комплементарных сигналов

Ключевые особенности:

- Формирование комплементарных сигналов без участия программы.
- Различные источники входных сигналов: компараторы, ШИМ, CLC, NCO
- Контроль мертвого времени
- Контроль длительности для фильтрации помех, вызванных переходными процессами (только в модуле COG-контроллера PIC12F752, см. 1 на рис. 8).
- Контроль фазы выходных сигналов (только в модуле COG контроллера PIC12F752, см. 2 на рис. 8).
- Независимый контроль времени фронта и спада (см. 3 и 4 на рис. 8).
- Автоматическое выключение/рестарт.
- Управление полярностью.

Достоинства:

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

Примеры применений:

- Импульсные источники питания.
- Управление светодиодным и флюорисцентным освещением.
- Зарядники батарей.

Применение функций модуля CWG предоставляет дополнительные возможности управления мертвого времени и автовыключения. На рис. 9 показана полумостовая схема.

Пример понижающего преобразователя для питания светодиодов показан на рис. 10:

- 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.

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

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

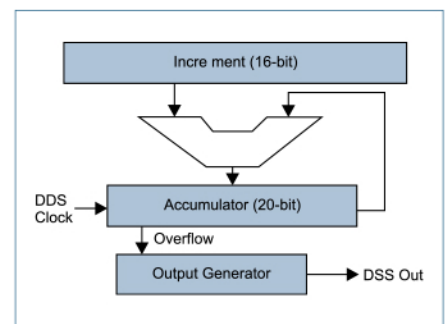


Рис. 11. Цифровой синтезатор частоты

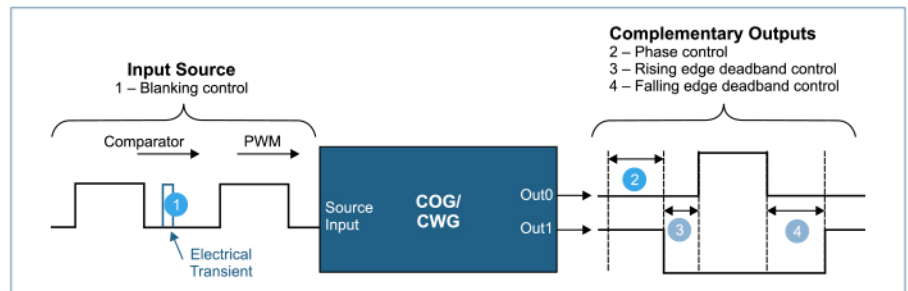


Рис. 8. Диаграмма работы Модулей COG/CWG

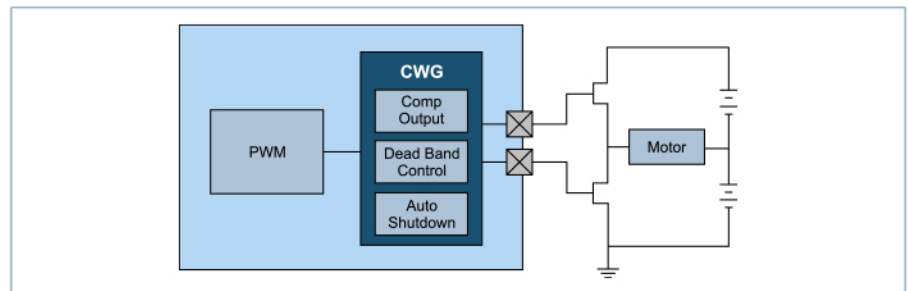


Рис. 9. Полумостовая схема с использованием CWG

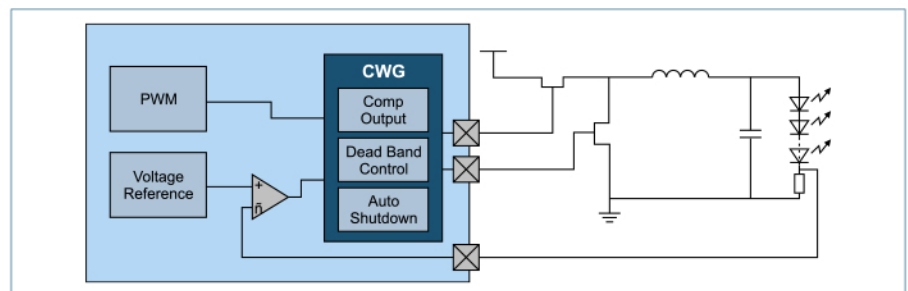


Рис. 10. Понижающий преобразователь для питания светодиодов



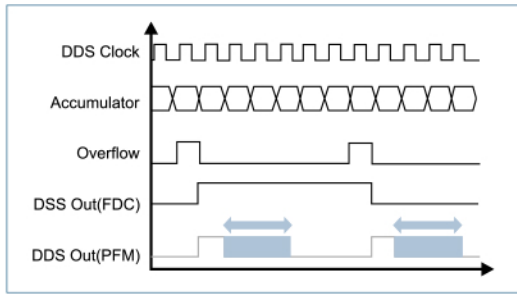


Рис. 12. Диаграмма работы синтезатора частоты

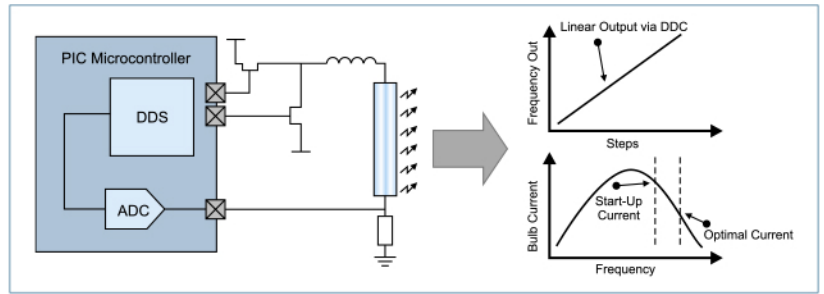


Рис. 13. Управление флуоресцентной лампой

**Ключевые особенности:**

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

**Достоинства:**

- Линейное управление частоты.
- Увеличенное частотное разрешение.
- Недорогой цифровой управляемый генератор.

**Примеры применений (рис. 12):**

- Управление флуоресцентными и светодиодными лампами.
- Управление неоновыми лампами.
- Световые балласты.
- Источники питания.
- Управление двигателями.
- Модемы.
- Звуковые усилители класса D.
- Ультразвуковые измерители расстояния.
- Пример управление флуоресцентной лампой показан на рис. 13.
- НСО 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. 14).**

**Ключевые особенности:**

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

**Достоинства:**

- Настраиваемый высокоскоростной ШИМ с увеличенной разрядностью.
- Упрощает реализацию таких задач как управление двигателями, создание импульсных источников питания и управления светодиодными лампами.

**Примеры применений:**

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

Пример понижающего источника питания светодиодной лампы показан на рис. 15.

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

Доступен в следующих PIC-микроконтроллерах: PIC16F178x.

**Индикатор температуры — интегрированный температурный датчик.**

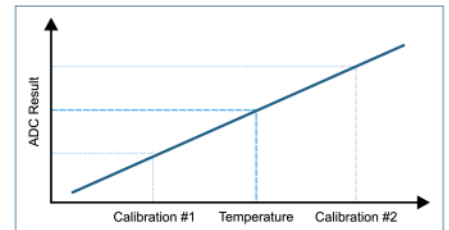


Рис. 16. Калибровка датчика температуры

**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:**

- Недорогое измерение температуры для любых приложений.
- Не требуются внешние элементы.
- Улучшение точности часов реального времени при изменении температуры:
  - позволяет использовать дешевые кварцы.

**Примеры применений (рис. 17):**

- Мобильные телефоны.
- Электронинструмент.
- Домашняя электроника.
- Любое устройство, требующее знание окружающей температуры.

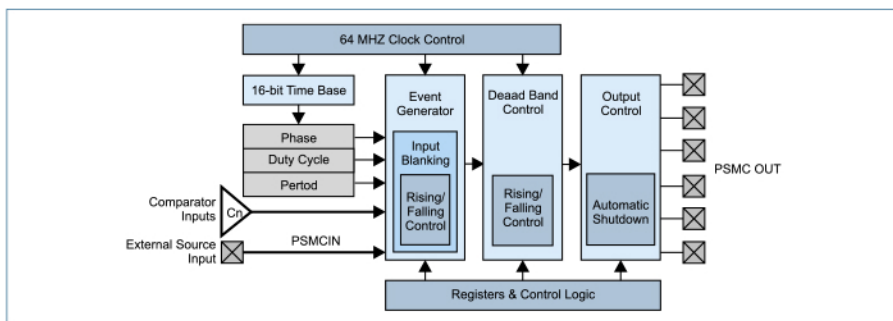


Рис. 14. Программируемый импульсный контроллер

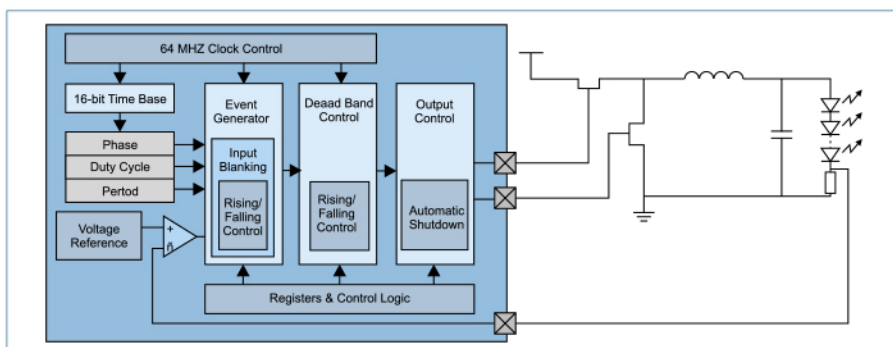


Рис. 15. Понижающий источник питания светодиодной лампы



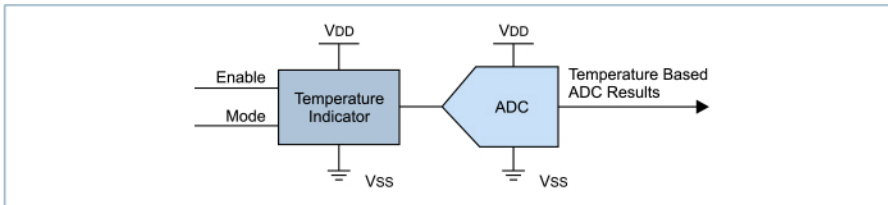


Рис. 17. Измерение температуры

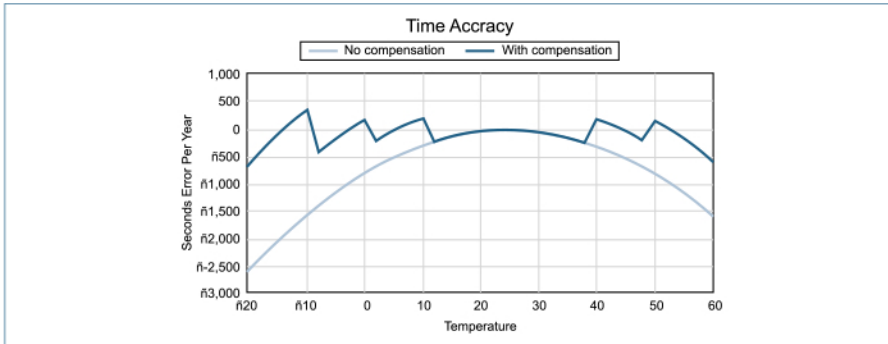


Рис. 18. Кварцевый генератор с температурной компенсацией

- Автоматическое выключение устройства при перегреве.
- Устройства, требующие калибровки генератора от температуры.

Пример кварцевого генератора с температурной компенсацией показан на рис. 18.

Возможность использования дешевых кварцев в приборах с широким температурным диапазоном.

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

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

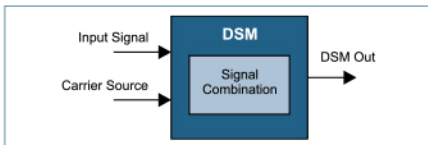


Рис. 19. Модуль модулятора сигнала

Ключевые особенности:

- Модулирование входного сигнала или внутренних источников.
- Создание произвольных битовых последовательностей.
- Источники сигнала могут быть промодулированы с помощью:
  - внешнего вывода;
  - модуля тактовых опорных частот;
  - ШИМ;
  - UART/SPI/I<sup>2</sup>C™;
  - программно;
  - внутреннего компаратора.

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)**

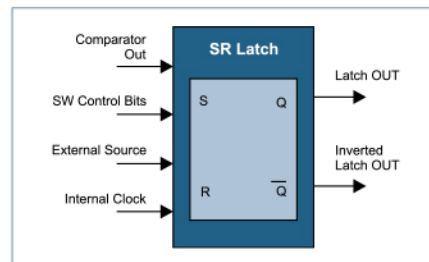


Рис. 20. SR-триггер

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 в сочетании со встроенным аналоговым компаратором 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](http://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. 21).

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 спада до спада;
  - от спада до фронта;
  - от фронта до фронта;
  - от фронта до спада;
  - от прерывания по завершении 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.

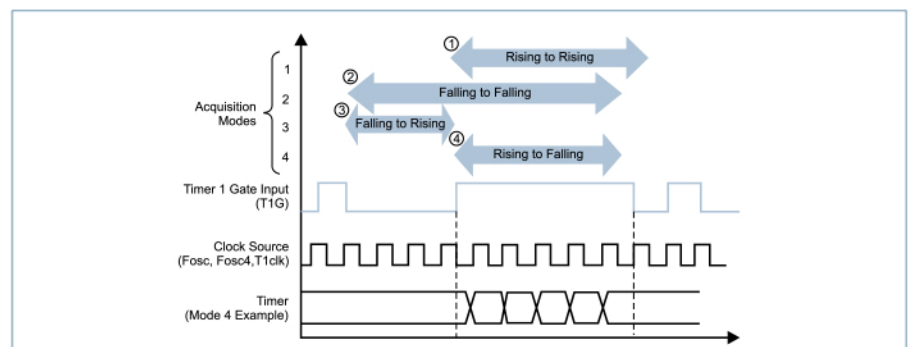
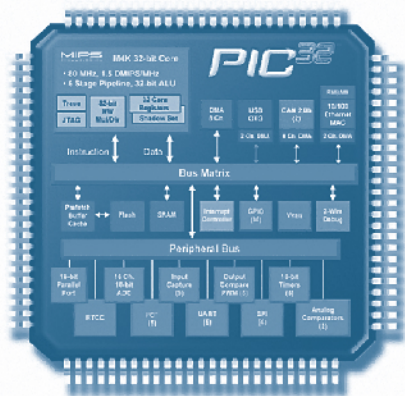


Рис. 21. Диаграмма работы таймера с разрешением



# ЯДРО PIC32. ОСОБЕННОСТИ, ВОЗМОЖНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА



## ВВЕДЕНИЕ

Анонсированные в конце 2007 г. 32-разрядные микроконтроллеры Microchip PIC32 продолжают свое развитие. Ориентированные изначально на сектор высокопроизводительных сложных встраиваемых систем, семейство PIC32 расширяет свое применение в сторону компактных низкопотребляющих изделий. Компания Microchip Technology Inc., имеющая огромный опыт в производстве контроллеров, аналоговых и интерфейсных микросхем, предлагает разработчику широкий спектр возможностей для реализации своих идей и задач. Заложив в качестве основы PIC32 синтезируемое процессорное ядро MIPS32® M4K, Microchip задал высокую планку производительности систем и удобства работы разработчиков. Целью данной статьи является описание особенностей, возможностей и конкурентных преимуществ топового семейства микроконтроллеров Microchip PIC.

## КОМПАНИЯ MIPS

MIPS Technologies, один из ведущих разработчиков микропроцессорных архитектур, является компанией с богатой историей. Начав работы на архитектуре MIPS (Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages) в 1981 г. в Стенфордском университете, основоположник семейства Джон Хеннеси ставил основной задачей разработать оптимальный по производительности микропроцессор с конвейерной архитектурой. Взяв за основу концепцию RISC (Reduced Instruction Set Computer), коллектив под руководством Хеннеси решил основную проблему достижения пиковой производительности такого рода процессоров — блокировку конвейера на время выполнения длительных команд. Фазы обработки каждой команды процессором согласованы и, в худшем случае, могут блокировать конвейер только на один такт.

Сложные обработки данных, например, операции деления, были вынесены за пределы основного ядра. Общая концепция конвейера без блокировок и легла в основу семейств процессорных ядер MIPS, которые применяются во многих встраиваемых системах и суперкомпьютерах.

## MIPS32® M4K И M14K — ПРОЦЕССОРНЫЕ ЯДРА ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Базовая архитектура и система команд MIPS32 — гибкое и мощное решение для широкого спектра процессоров. Возможность расширения системы команд с помощью ASE (Application Specific Extensions) и команды microMIPS позволяют получить оптимальное высокопроизводительное ядро. При выборе ядра для семейства PIC32, Microchip сделал свой выбор в пользу MIPS32® M4K — синтезируемого ядра для применения в микроконтроллерах и небольших системах на кристалле.

M4K имеет все особенности и преимущества, которые есть в базовой архитектуре MIPS32 (рис. 1). Стандартный набор 32-разрядных регистров общего назначения включает в себя 32 РОН. Помимо этого, есть такой же набор теневых регистров, переключения на которые производится по высокоприоритетному прерыванию, что в купе с быстрой реакцией, дает мгновенное контекстное переключение.

Для решения математических задач и цифровой обработки сигналов, MIPS32 M4K имеет аппаратный модуль умножения/деления (MDU) и команды умножения, деления и умножения с накоплением (MAC). Модуль работает параллельно основному конвейеру и не влияет на его производительность:

умножение или MAC 32×16 производится за 1 цикл, 32×32 — за 2, деление — за 35 циклов в худшем случае.

Арифметико-логические операции и сдвиги выполняются за 1 такт, при этом результаты операций доступны до окончания всего цикла конвейера и могут быть использованы в следующих командах. 5 стадий конвейера представлены на рис. 2.

Оригинальной особенностью ядра M4K является интерфейс сопроцессора. Сопроцессор занимается некоторыми задачами параллельно основному конвейеру, например, обработкой исключения и управлением памятью.

Изначально, интерфейс доступа к памяти в ядре M4K разбит на две 32-разрядные шины: I (команды) и D (данные). Поддерживается как параллельная работа по обеим шинам, так и общая. Это дает возможность синтезировать ядра с модифицированной гарвардской архитектурой.

Шина команд может обращаться как к ОЗУ, так и к Flash-памяти, как это реализовано в контроллерах PIC32. Для ускорения такого обращения используется технология кэширования: внутренняя Flash-память имеет 128-разрядную шину и модуль предвыборки, который выдает на шину I 32-разрядные команды, что увеличивает скорость обращения к Flash практически в 4 раза. Объем

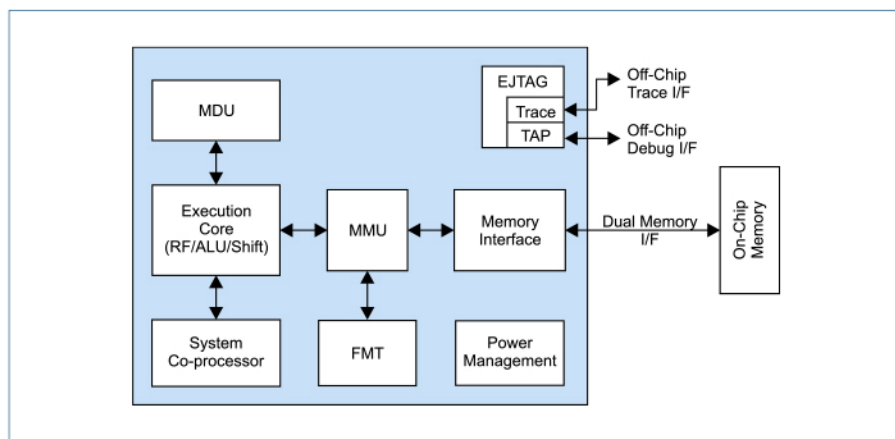


Рис. 1. Структура ядра M4K

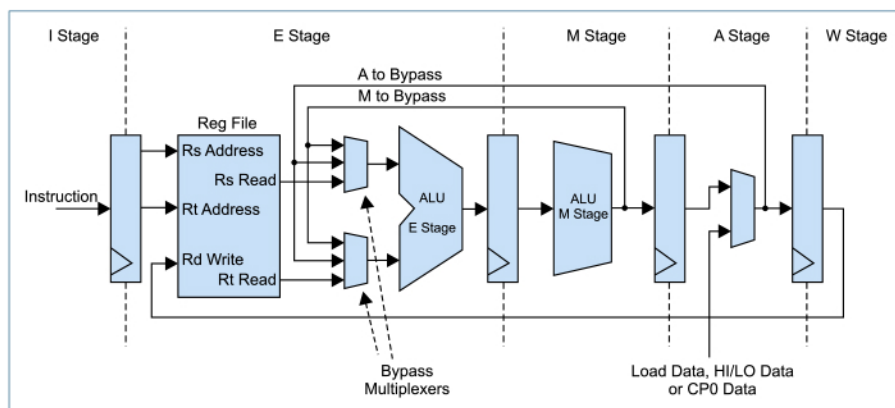


Рис. 2. Конвейер MIPS32 M4K



кэша составляет 256 байт, что позволяет выполнять до 64 команд в цикле без обращения к Flash. В реализации PIC32 обе шины ядра подключены к шинной матрице, позволяющей максимизировать скорость обращения к различным видам памяти. Например, операции чтения/записи в ОЗУ могут производиться абсолютно параллельно с выборкой команды из Flash. Причем, модуль предвыборки всегда производит выборку команд и готов выдать их на шину сразу же при обращении арбитра шинной матрицы. Помимо самого ядра, инициировать обмен через шинную матрицу могут: контроллер прямого доступа к памяти, модуль отладки, USB-, CAN- и Ethernet-контроллеры.

Общее адресное пространство 4 Гбайт включает в себя память программ, память данных, область регистров. Память программ и память данных могут быть разделены на пользовательский сегмент и сегмент ядра, обеспечивая защиту памяти и поддержку работы операционных систем. Помимо этого, область памяти данных можно сделать исполняемой. Система прерываний ядра M4K — одновекторная. При ее адаптации в PIC32 введено два режима: одновекторные и многовекторные прерывания с приоритетами. Одновекторный режим ориентирован на использование наработок, сделанных под M4K других производителей и для поддержки вытесняющих многозадачных операционных систем. Многовекторные прерывания удобны для разработки изделий с высокодетерминированными реакциями на события. Модуль прерываний PIC32 поддерживает 96 источников прерывания и 64 вектора. Каждый вектор имеет приоритет (7 уровней) и подприоритет (4 уровня). Высокоуровневые прерывания могут вызывать автоматическое переключение на теневой набор рабочих регистров. Важная особенность ядра MIPS — короткое, и, что более важно, детерминированное время реакции на прерывание — 10 тактов. Это достигается режимами работы конвейера, интерфейсов памяти и сопроцессора.

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

Основная тенденция современных электронных систем — снижение энергопотребления при увеличении производительности. Microchip в течении долгого времени занимается разработкой и производством микроконтроллеров и аналого-цифровых компонентов, рассчитанных на сверхнизкое потребление. Выбирая

ядро для нового семейства PIC32, одним из важных критериев было именно энергопотребление. В MIPS, разрабатывая M4K и развивая его в M14K, понимали, что делают ядро для микроконтроллеров, где важно потребление и размер кристалла.

Производительность M4K составляет 1,5 DMIPS/МГц, что на 20% выше, чем у конкурирующего ядра Cortex-M3 (Cortex-M0 имеет этот показатель на уровне 0,9 DMIPS/МГц). То есть для решения одной и той же задачи, M4K требует более низкой частоты работы и, соответственно, меньше потребляет. PIC32 имеет полностью статическую архитектуру и позволяет менять «на лету» частоту тактирования и уходить в режимы Sleep.

Быстрое, компактное ядро M4K с учетом технологических особенностей производства кристаллов, может иметь в 5 раз более высокие показатели энергоэффективности, нежели конкуренты.

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРИФЕРИИ, УДОБНАЯ МИГРАЦИЯ СРЕДИ СЕМЕЙСТВ PIC

Основная периферия семейства микроконтроллеров Microchip PIC32 унифицирована с периферией младших семейств — PIC24 и dsPIC. Все наработки Microchip по программному обеспечению, комплексным решениям и библиотекам портированы и на PIC32. Учитывая максимальное совпадение по выводам, переход с PIC24 на PIC32 может быть сделан быстро и без переработки печатной платы. Новый модуль, который присутствует в PIC32 — модуль Ethernet:

- Поддержка уровня MAC — 10/100 Мбит/с, полудуплекс и дуплекс.
- Работа с внешним трансивером уровня PHY — RMII и MII.
- Поддержка управления трансивером PHY — MIIM.
- Работа по DMA.
- Конфигурируемые прерывания.
- Настраиваемая фильтрация пакетов:
  - по CRC;
  - совпадение по 64 байтам;
  - широковещательные или адресные пакеты;
  - 64-битная хэш-таблица;
  - короткий пакет.
- Аппаратные счетчики статистики.

Начать работу с PIC32 и исследовать возможности ядра и периферии удобнее всего используя отладочную плату PIC32 Ethernet Starter Kit (DM320004). Внешний вид представлен на рис. 3.

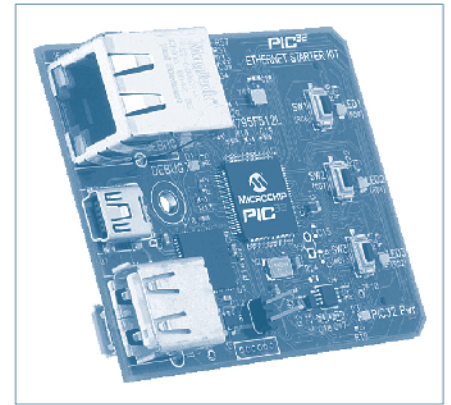


Рис. 3. Внешний вид отладочной платы PIC32 Ethernet Starter Kit (DM320004)

На основе этой платы можно изучить:

1. Работу ядра микроконтроллера PIC32 на примере PIC32MX795F512L.
2. Внутрисхемное программирование и отладку, контекстный ввод/вывод.
3. Работу с портами (три кнопки и три светодиода).
4. USB OTG: USB embedded host, USB device.
5. Ethernet.

Начать работу с PIC32 Ethernet Starter Kit очень просто — необходимо скачать и установить последнюю версию среды разработки MPLAB IDE ([www.microchip.com/mplab](http://www.microchip.com/mplab)) и отладочную версию компилятора C32 ([www.microchip.com/c32](http://www.microchip.com/c32)). Есть готовые примеры:

1. Работа портами, таймерами, ШИМ, ПДП.
2. USB-device: CDC и HID.
3. USB-host: работа с USB-флэш накопителем.
4. Поддержка TCP/IP.
5. Мост USB — Ethernet.
6. Мост CAN — Ethernet.

Для расширения функциональности отладочного набора имеется возможность подключения всего спектра плат PICtail Plus ([www.microchip.com/pictailplus](http://www.microchip.com/pictailplus)) — для этого применяется переходная плата Starter Kit I/O Expansion Board (DM320002).

В заключении хотелось бы отметить важный момент — совместимость по периферии, выводам, библиотекам и отладочным средствам внутри семейств микроконтроллеров Microchip PIC, в отличие от решений на базе ARM, дает разработчикам большую гибкость в выборе как основного решения, так и в реализации различных модификаций. ■

## КОМПАНИЯ MICROCHIP РАСШИРЯЕТ СЕМЕЙСТВО MOSFET ДРАЙВЕРОВ

Ключевые особенности:

- Драйвер нижнего MOSFET ключа с пиковым током от 2 до 4,5 А.
- Вход разрешения для выключения и уменьшения потребления.
- Малые корпуса уменьшают размер печатной платы.
- Низкое потребление, размер и цена.

Компания Microchip анонсирует расширение семейства MOSFET драйверов новыми микросхемами драйверов нижнего MOSFET ключа: MCP14E6/7/8 и MCP14E9/10/11. Новые драйверы дополняют существующее семейство драйверов с током до 4,5 А MCP14E3/4/5 и имеют ток до 2 и 3 А соответственно. Новое семейство имеет низкую стоимость, широкий диапазон напряжений от 4,5 до 18 В и имеют вход разрешения для выключения драйвера и уменьшения потребления устройства. Микросхемы драйверов предлага-

ются в 8-выводных корпусах SOIC и миниатюрных 6x5 мм DFN-корпусах, что позволяет уменьшить размер печатной платы, что востребовано в источниках питания потребительской электроники.

Расширенное семейство MOSFET драйверов помогает инженерам уменьшить потребление, а также дать больше возможностей в миниатюрных корпусах. Новые сдвоенные драйвера MCP14E6/7/8 имеют выходной ток в пике до 2 А, а MCP14E9/10/11 до 3 А. Все драйверы имеют широкий диапазон питающего напряжения от 4,5 до 18 В, низкую цену и миниатюрные корпуса.

В дополнение к этим новым устройствам в линейке аналоговых и интерфейсных продуктов Microchip вы найдете полную линейку недорогих драйверов нижнего и верхнего ключа с выходным пиковым током от 0,5 до 12 А. Микросхемы MOSFET драйверов MCP14E3/4/5, MCP14E6/7/8 и MCP14E9/10/11 доступны в 8-выводных SOIC и 8-выводных 6x5 мм DFN-корпусах.

Для получения подробной информации посетите сайт компании [www.microchip.com/get/VOWH](http://www.microchip.com/get/VOWH)

# 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 удастся. 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.*

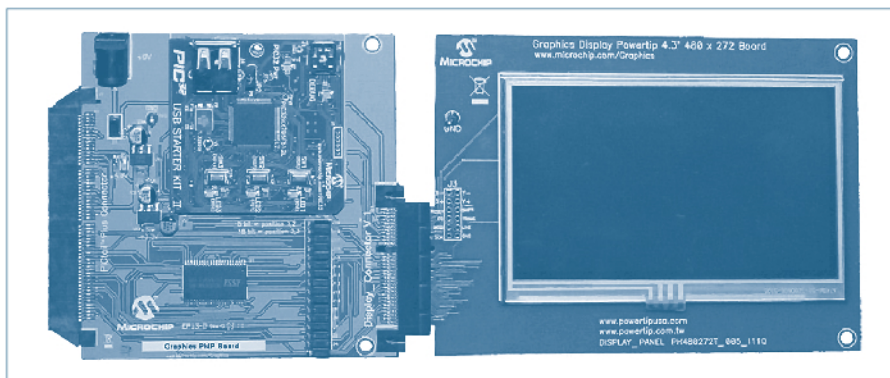


Рис. 1. Пример подключения «LCC Graphics PICtail Plus Daughter Board»

Специально для демонстрации такого программно-аппаратного решения компанией Microchip была разработана и представлена плата «Low-Cost Controllerless (LCC) Graphics PICtail Plus Daughter Board» (AC164144). 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» AC164127-4 и «4.3" WQVGA Powertip display panel» AC164127-6. 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 дисплея 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 теряет возможность выполнять иные программные функции.

Пример. Введем понятие «глубина цвета» (Color depth) как максимальное количество цветов, которые может принимать каждый пиксель на ЖКИ. Глу-

бина цвета обычно задается в единицах «бит на пиксель» (BPP — bits per pixel). Одна из наиболее распространенных RGB-цветовая модели, которые применяются в бесконтрольных 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 320x240 с глубиной цвета 18 BPP. Требуется осуществить регенерацию изображения с частотой 60 Гц. Подсчитаем объем передаваемых данных:

- требуется передать информацию о 320x240 = 76 800 пикселей
- каждый пиксель кодируется 18 битами цветности, что даст 130 560x18/8 = 172 800 байт
- передавать эту информацию дисплею требуется с частотой 60 Гц, в итоге получим: 172 800x60 = 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 пинов I/O контроллера, то потребуется как минимум две операции для передачи одного байта — чтение байта из памяти и выдача в порт I/O. 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 байтов. 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 стробов, 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, 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.



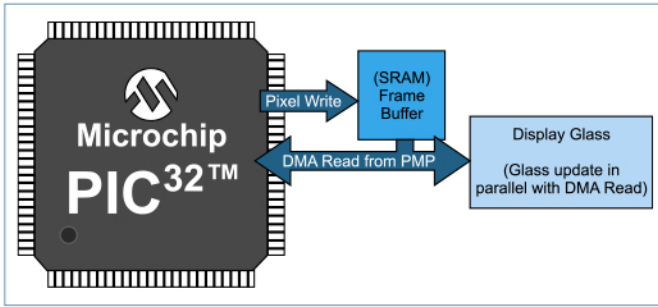


Рис. 2. Архитектура работы с внешней памятью

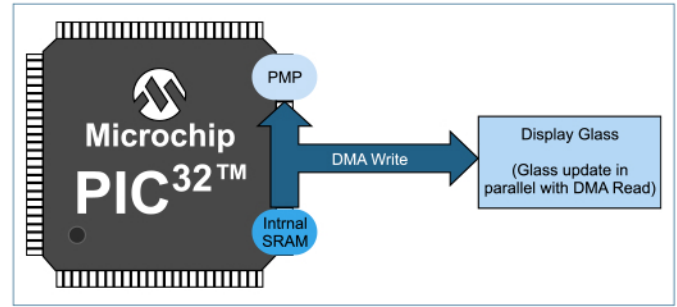


Рис. 3. Архитектура работы со встроенной памятью

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 использованием 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 начинается 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

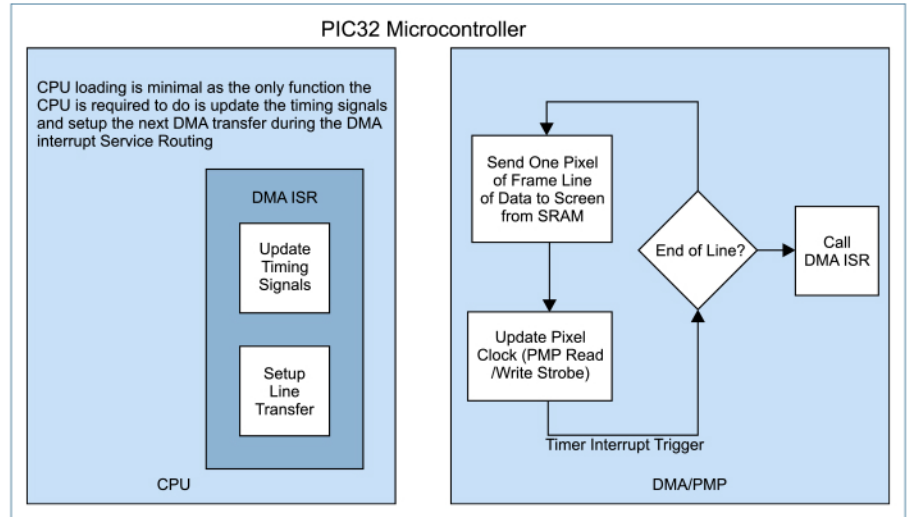


Рис. 4. Блок-схема вывода кадра на ЖКИ.

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.

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 потребуются:

- 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.

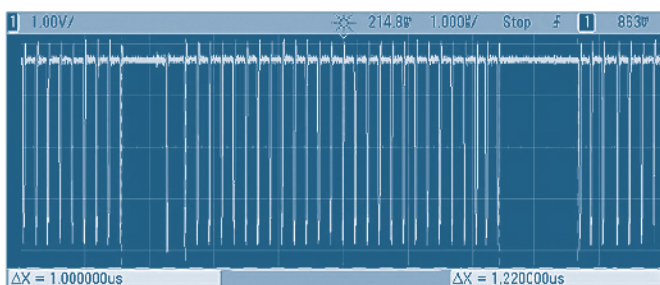


Рис. 5. Временная диаграмма вызовов функции прерывания.

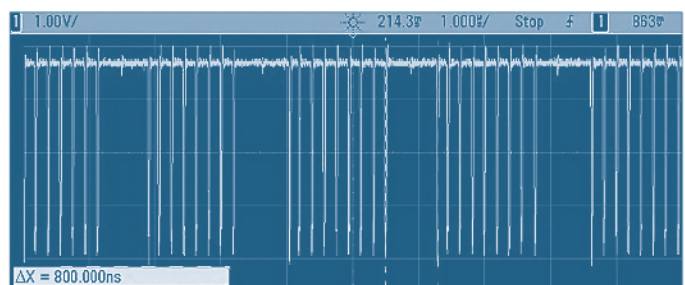


Рис. 6. Временная диаграмма вызовов функции передачи пикселя.

## 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 PMP потребуются иной подход. Здесь необходимо обеспечить приостановку передачи данных на время внесения изменений в кадр. Эта приостановка повлечет за собой снижение частоты обновления изображения на дисплее. Количество изменяемых пикселей требуется ограничивать верхним значением, чтобы частота обновления всего изображения с учетом задержки оставалась на том уровне, которые 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:

$$\text{SRAM (байт)} = (\text{количество пикселей в строке}) \times (\text{количество пикселей в столбце}) \times (\text{количество байт глубины цвета}).$$

Так например, в случае использования платы «Graphics Display Truly 3.2in. 320x240 Board» с QVGA-дисплеем разрешения 240x320 и глубины цвета 8 BPP 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](http://microchip.com/MAL).

Демонстрационный проект для платы «LCC Graphics Board» возможно также загрузить с сайта [microchip.com](http://microchip.com) со страницы описания платы.

### Что еще?

Компания Microchip постоянно выпускает новые средства отладки и ознакомления для своей продукции. Приведем основные отладочные средства, которые разработаны для микроконтроллеров семейств PIC24, dsPIC33, и PIC32.

## ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА 16-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC24

**PIC24F Accessory Development Starter Kit for Android (DM240415)** — комплект предназначен для разработки и отладки устройств, совместимых с операционной системой Android. В комплект входят:



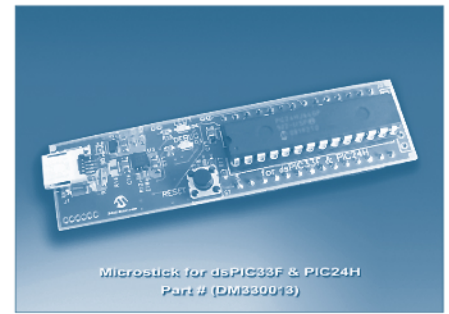
- Отладочная плата.
- PIC24FJ256GB110 — 256 кбайт FLASH, 16 384 байт RAM, 100 выводов, USB OTG.
- Программатор/отладчик PicKit 3 (PG164130).
- Адаптер RJ-11/ICSP (AC164110).
- Источник питания 9 В (AC002014).
- Программное обеспечение.

**PIC24E USB Starter Kit (DM240012)** — комплект отладки для нового семейства 16-битных контроллеров PIC24E с поддержкой USB:



- PIC24EP512GU810 — основной контроллер — 512 кбайт Flash, 53 248 RAM, USB OTG, 100 выводов.
- PIC24FJ256GB106 — контроллер для отладки.
- Интегрированный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- Разъемы USB-A и mini-USB-A.

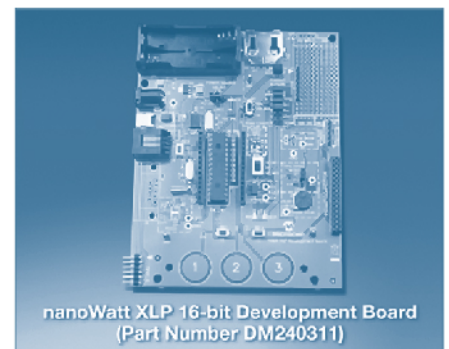
**Microstick for dsPIC33F and PIC24H Development Board (DM330013)** — сочетает в себе отладочное средство для микроконтроллеров



dsPIC33FJ64MC802 и PIC24HJ64GP502. Предназначена для отладки маловыводных представителей 16-битного семейства контроллеров:

- Цанговая панель для отладки нескольких контроллеров на одной плате.
- Встроенный USB-программатор/отладчик.
- Питание от USB.
- Свободно распространяемое программное обеспечение.

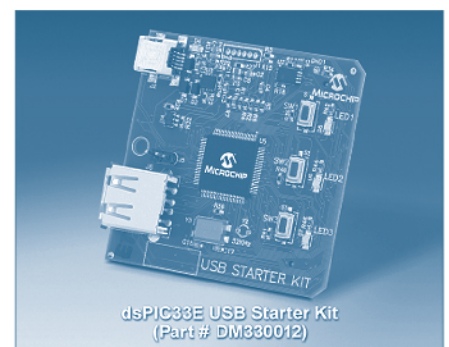
**XLP 16-bit Development Board (DM240311)** — комплект отладки проектов, использующих технологию XLP (eXtreme Low Power — экстремально низкое потребление).



- PIC24F16KA102 (16 кбайт Flash, 28 выводов, XLP — потребление 20 нА в спящем режиме).
- Поддержка других маловыводных контроллеров PIC24F с 20 и 28 выводами.
- Сенсорные кнопки.
- USB-интерфейс.
- 24AA256 последовательная EEPROM с SPI-интерфейсом.
- Потенциометр.
- Температурные сенсоры.

## ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА 16-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ DSPIC33

**dsPIC33E USB Starter Kit (DM330012)** — отладочное средство для нового семейства контроллеров dsPIC33E, посвященное USB. По содер-



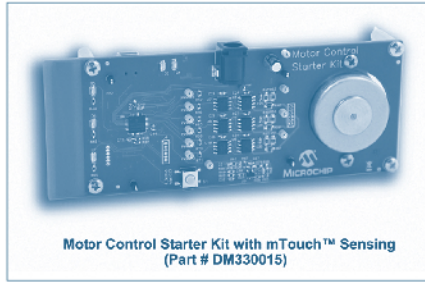


жанию, возможностям и программному обеспечению практически полностью повторяет плату PIC24E USB Starter Kit (DM240012).

- PIC24EP512GU810 — основной контроллер — 512 кбайт Flash, 53 248 RAM, USB OTG, 100 выводов.
- PIC24FJ256GB106 — контроллер для отладки.
- Интегрированный отладчик/программатор.
- Питание от USB.
- Разъемы USB-A и mini-USB-A.

**Motor Control Starter Kit with mTouch Sensing (DM330015)** — отладочное средство, предоставляющее все необходимые программные и аппаратные функции для ознакомления с самыми дешевыми представителями «моторного» семейства микроконтроллеров серии dsPIC.

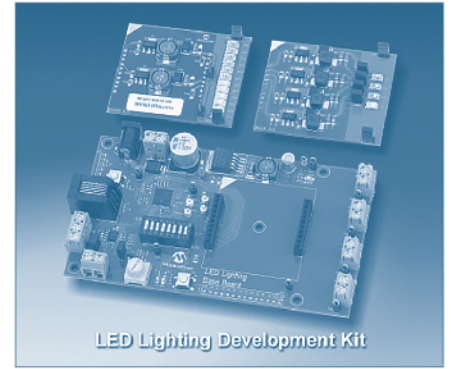
- dsPIC33FJ16MC102 — 6 каналов Motor Control PWM, 16 MIPS, 16 кбайт Flash, 21 вывод I/O.



Motor Control Starter Kit with mTouch™ Sensing (Part # DM330015)

- Встроенный USB-программатор/отладчик.
- 3-фазный бесколлекторный двигатель.
- 15 В, 2,6 А преобразователь.
- Сенсорный слайдер.
- Питание 9 В от внешнего источника.

**Digital LED Lighting Development Kit (DM330014)** — средство разработки и отладки



LED Lighting Development Kit

проектов управления светодиодами с применением контроллеров dsPIC33 семейства «GS» — со специальным модулем ШИМ. Содержит все необходимое для аппаратной и программной реализации проектов светодиодных решений. ■

# ТЕХНОЛОГИИ NANOWATT И NANOWATT XLP. ЦЕЛЬ — СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Энергопотребление всегда является важной характеристикой любой электрической системы. В современных встроенных системах микроконтроллер должен не только управлять системой и иметь собственное малое потребление, но и управлять потреблением тока всей схемы. В статье рассмотрены возможности PIC-микроконтроллеров, выполненных по технологиям компании Microchip — nanoWatt и nanoWatt XLP, по снижению энергопотребления.

## ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем вникать в особенности энергосберегающих режимов работы, необходимо разобраться: что влияет на потребление тока. Применительно к микроконтроллерам, важно выделить две составляющие — ток потребления в активном (динамическом) режиме и статическом режиме (режиме ожидания). Потребление в активном режиме обусловлено переключениями цифровой логики и зависит от частоты тактирования, напряжения питания и температуры. Преимущественное влияние имеет частота тактирования. Статическое потребление тока имеет место при полной остановке тактирования ядра и состоит из токов утечки транзисторов, потребления супервизоров и тактирования схем, обеспечивающих дальнейшую работу контроллера (сторожевой таймер, часы реального времени и т.п.). Преимущественное влия-

ние на статическое потребление имеет напряжение питания и температура

Напряжение питания существенно влияет на энергопотребление контроллера как в активном режиме, так и в режиме ожидания. Таким образом, существенную выгоду можно получить за счет пониженного питания ядра контроллера в сравнении с остальной схемой. Некоторые PIC-контроллеры имеют независимый вход для питания внутренней логики (VDDCORE), что позволяет выиграть не только в активном, но и в статичном потреблении тока.

## ТЕХНОЛОГИИ NANOWATT И NANOWATT XLP

Начиная с 2003 года, компания Microchip Technology Inc. начала выпуск контроллеров с энергосберегающей технологией nanoWatt. Основным требованием к контроллерам технологии nanoWatt было энергопотребление в режиме ожидания (Sleep) порядка нВт. Также были добавлены следующие возможности по энергосбережению:

- Режим Idle.
- Встроенный высокоскоростной тактовый генератор (INTOSC) с PLL и программируемым делителем.
- Стороживой таймер (WDT) с увеличенным временем ожидания.
- Сверхмалопотребляющий модуль пробуждения (ULPWU).
- Малопотребляющий Timer1 и второй осциллятор (SOSC, 32 кГц).
- Малопотребляющий программно-управляемый модуль сброса (BOR).

Сегодня Microchip расширяет энергосберегающие возможности PIC-контроллеров. Новая технология nanoWatt XLP, являющаяся расширением отличного себя зарекомендовавшей nanoWatt, включает ряд новых возможностей, таких как сверхмалопотребляющий модуль пробуждения (ULPWU), специальные

малопотребляющие модуль сторожевого таймера (DSWDT) и детектор снижения напряжения (DSBOR), энергосберегающий режим «глубокого сна» Deep Sleep, а также обеспечивает меньший ток потребления в режимах, унаследованных от nanoWatt. В следующих режимах технология nanoWatt XLP обеспечивает ток потребления контроллера не более:

- 100 нА — режим ожидания (Ipd);
- 800 нА — сторожевой таймер (Iwdt);
- 800 нА — часы реального времени с календарем (Irtcc).

Надо понимать, что в обширной номенклатуре контроллеров Microchip различные энергосберегающие режимы, специальные модули и настройки, а также токи потребления модулей контроллера варьируются от семейства к семейству, поэтому строго выделить отличия между технологиями nanoWatt и nanoWatt XLP невозможно, да и не нужно: данная статья дает общее представление об энергосберегающих возможностях PIC-контроллеров. Технологии энергосбережения nanoWatt и nanoWatt XLP предоставляют разработчику различные режимы работы с гибкими возможностями по программному управлению аппаратными средствами, что позволяет минимизировать потребление тока при выполнении каждой задачи. В таблице 1 приведен перечень энергосберегающих режимов PIC-контроллеров. По данным таблицы 2 можно сравнить несколько nanoWatt PIC-контроллеров с конкурентами, производства других фирм.

## РЕЖИМ DEEP SLEEP

Режим Deep Sleep — самый экономичный режим работы контроллера, когда все модули, которые могут остаться без питания — ядро контроллера, встроенный стабилизатор напряжения, большая часть периферии, ОЗУ — переводятся в энергосберегающий режим. Соответственно, остается только несколько источников пробуждения контроллера:



**Таблица 1. Энергосберегающие режимы PIC-контроллеров**

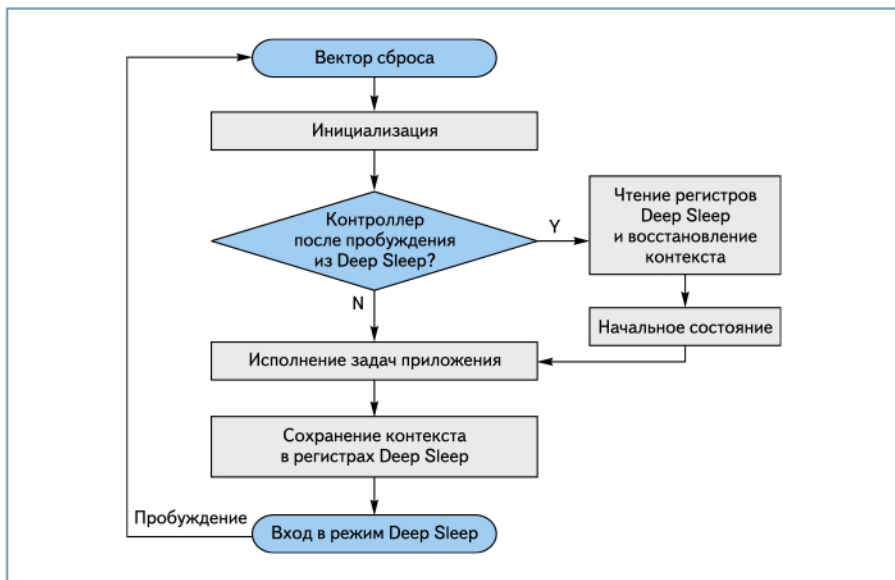
Режим работы	Активное тактирование	Активная периферия	Варианты пробуждения	Потребляемый ток	Типичное применение
Deep Sleep <sup>1)</sup>	Timer1/SOSC* INTRC/LPRC	RTCC DSWDT DSBOR INT0	RTCC DSWDT DSBOR INT0 MCLR	< 50 нА	Устройства с батарейным питанием, большую часть времени находящиеся в режиме Sleep <sup>3)</sup>
Sleep	Timer1/SOSC* INTRC/LPRC A/D RC	RTCC WDT АЦП компараторы CVref INTx Timer1 HLVD BOR	Все источники пробуждения (см. в документации на соотв. контроллер)	50–100 нА	Большинство критичных к энергопотреблению устройств
Idle	Timer1/SOSC INTRC/LPRC A/D RC	Вся периферия	Все источники пробуждения (см. в документации на соотв. контроллер)	25% тока потребления в активном режиме (Run)	Каждый раз, когда контроллер находится в ожидании (например, в режиме прерывания)
Doze <sup>2)</sup>	Все источники тактирования	Вся периферия	Программно или по прерыванию	35–75% тока потребления в активном режиме (Run)	Приложения, требующие высокоскоростную периферию и малые ресурсы ЦП
Run	Все источники тактирования	Вся периферия	–	Согласно документации на соотв. контроллер	Обычный режим работы

**Примечания.** <sup>1)</sup> только для XLP контроллеров PIC18 и PIC24; <sup>2)</sup> только для PIC24, dsPIC и PIC32; <sup>3)</sup> более подробно с разницей между Sleep и Deep Sleep можно ознакомиться в документе "Deciding Between Sleep And Deep Sleep"; \* Timer1/SOSC — второй осциллятор (32 кГц).

**Таблица 2. Сравнительные характеристики по потреблению нескольких nanoWatt PIC-контроллеров**

Параметр	Контроллер							
	PIC16LF72x	PIC18F46K20	PIC18LF46J11	PIC16LF193x	PIC18LF14K50	PIC24F16KA102	Atmel Atmega168P/ 328P	TI MSP430F21x1/ MSP430F21x2/ MSP430F22x2/4
Ток в режиме Deep Sleep, нА	–	–	13	–	–	20	–	–
Ток в режиме Sleep, нА	20	100	54	60	24	25	100 <sup>1)</sup>	100
Ток в режиме WDT, нА	500	500	830	500	450	420	4200 <sup>1)</sup>	300–700
Ток 32 кГц осциллятора RTCC, нА	600	500	820	600	790	520	800	700
Ток утечки портов ввода/вывода, нА	±5	±5	±200 <sup>2)</sup>	±50	±5	±50	±1000 <sup>1,2)</sup>	±50 <sup>2)</sup>
Ток в режиме Run 1 МГц, мкА	110	300	272	150	170	195	300	200–270
Минимальное напряжение питания Vdd, В	1,8	1,8	2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8

**Примечания.** Указаны типичные значения при напряжении питания Vdd = 1,8–2 В из описаний производителя на контроллер; <sup>1)</sup> данные для Vdd = 1,8 В недоступны, указано для 3 В; <sup>2)</sup> типичное значение недоступно, указано максимальное согласно документации на контроллер.



**Рисунок.** Общий алгоритм работы режима Deep Sleep

- Схема сброса по включению питания POR.
- Сброс по MCLR.
- Будильник часов реального времени (RTCC).
- Внешнее прерывание.
- сторожевой таймер "WDT Deep Sleep".

В связи с тем, что тактирование ядра приостановлено, выход из режима Deep Sleep возможен только со сбросом контроллера. Программный счетчик и регистры специального назначения (SFR) также сбрасываются, и выполнение программы начинается с вектора сброса. При этом состояния портов ввода/вывода, Timer1/SOSC и RTCC сохраняются. Следует отметить, что гибкая конфигурация Deep Sleep позволяет сохранить значения в некоторой области RAM, что позволяет программе правильно восстановиться после сброса.

После пробуждения программа должна подтвердить сброс, перенастроить периферию и регистры портов ввода/вывода и затем продолжить выполнение кода. Общий алгоритм приведен на блок-схеме (рисунок). Для более подробного описания необходима документация на соответствующий контроллер.

Очень важно иметь четкое представление о том, какой именно энергосберегающий режим необходимо использовать на каждом этапе работы контроллера. Deep Sleep — режим, актуальный для приложений, требующих длительного срока работы от батарейного питания. Обычно приложения, для которых необходим режим Deep Sleep, имеют следующие особенности:

- Длительное время пребывания в режиме ожидания (обычно от 1 секунды).
- Не требуется работы периферии в режиме ожидания.
- Требуется точная привязка к времени при минимальном потреблении тока.
- Широкий диапазон рабочих температур.

## РЕЖИМ SLEEP

Режим Sleep имеют все PIC-контроллеры, выполненные по технологии nanoWatt. В режиме Sleep отключается тактирование ядра и большей части периферии. Потребление тока складывается из питания ОЗУ, SFR и программного счетчика.

Источники пробуждения различны для разных семейств, однако все PIC-контроллеры обладают следующими: сторожевой таймер WDT, 32-кГц таймер/осциллятор (для большинства контроллеров — Timer1) и внешние источники прерываний. Контроллеры PIC18, PIC24 и PIC32 имеют большое число периферийных модулей, обеспечивающих возможность пробуждения контроллера, такие как АЦП, компараторы и модули последовательных коммуникационных интерфейсов.

Sleep — наиболее востребованный, гибко настраиваемый энергосберегающий режим PIC-контроллеров, который характеризуется предельно быстрым входом и выходом из режима ожидания. Как следствие, данный режим предназначен для устройств, для которых необходимы частый переход в статический режим на непродолжительные промежутки времени и быстрое пробуждение. Обычно приложения, предполагающие использование Sleep, имеют следующие особенности:

- Время пребывания в статическом режиме невелико (обычно не более секунды).
- Требуется пробуждение от периферии.
- Требуется работа АЦП или компараторов в энергосберегающем режиме.



## ВЫБОР МЕЖДУ SLEEP И DEEP SLEEP

Чтобы выбрать оптимальный режим, необходимо рассчитать характерное время пребывания контроллера в режиме ожидания ( $T_{BE}$ ). Приведем формулы для расчета  $T_{BE}$ :

$$Q_{SLP} = T_{PD} \times I_{PDSL}, \quad (1)$$

$$Q_{DS} = (T_{INT} \times I_{DD}) + (T_{POR} \times I_{POR}) + (T_{PD} \times I_{PDDS}), \quad (2)$$

$$T_{BE} = T_{PD} = [(T_{INT} \times I_{DD}) + (T_{POR} \times I_{POR})] / (I_{PDSL} - I_{PDDS}). \quad (3)$$

Сначала рассчитывается потребление энергии в режимах Sleep ( $Q_{SLP}$ ) и Deep Sleep ( $Q_{DS}$ ). Если быть точнее, то рассчитывается протекающий заряд, так как напряжение постоянно и одинаково для обоих режимов. В режиме Sleep энергопотребление определяется произведением тока потребления ( $I_{PDSL}$ ) и времени пребывания в данном режиме ( $T_{PD}$ ) (1). В режиме Deep Sleep необходимо учесть три составляющих (2):

- Потребление в режиме ожидания (ток потребления ( $I_{PDDS}$ ) на время пребывания в режиме Deep Sleep ( $T_{PD}$ )).
- Потребление в момент пробуждения по сбросу POR (с момента появления события, вызвавшего пробуждение, до начала выполнения первой инструкции). Обычно  $T_{POR}$  — значение из документации на контроллер,  $I_{POR}$  — замеряется экспериментально и зависит от условий работы контроллера. Также здесь учитывается время и ток, необходимые на зарядку конденсатора  $V_{CAP}$  (если он разряжается в режиме Deep Sleep) для контроллеров со встроенным стабилизатором напряжения.
- Потребление контроллера ( $I_{DD}$ ) на время исполнения кода инициализации ( $T_{INT}$ ) до входа

в основной цикл программы. Потребление контроллера в активном режиме указано в документации на контроллер, а время, необходимое для инициализации, удобно замерять при помощи секундомера Stopwatch в единой среде разработки MPLAB IDE.

Характерное время пребывания в режиме ожидания ( $T_{BE}$ ) соответствует равенству  $Q_{SLP}$  и  $Q_{DS}$ . Режим Deep Sleep предпочтительнее, когда ожидаемое время пребывания в энергосберегающем режиме превышает  $T_{BE}$  Sleep — в обратном случае.

## РЕЖИМЫ IDLE И DOZE

Режимы Idle и Doze занимают промежуточное положение между энергосберегающими режимами и основным (Run).

В режиме Idle тактирование ядра приостановлено, но большая часть, а то и вся периферия сохраняет свою функциональность и может продолжать работать (подробнее об этом сказано в документации на соответствующий контроллер). В контроллерах PIC24, PIC32 и dsPIC есть возможность индивидуальной настройки периферийных модулей, задействованных в режиме Idle.

В режиме Doze (он имеется только в PIC24, PIC32 и dsPIC) периферия может работать на полной скорости, а тактирование ядра возможно на пониженной частоте, полученной делением системной на программно заданный коэффициент.

## ВЫБОР МЕЖДУ IDLE И DOZE

Режимы Idle и Doze позволяют сократить потребление тока в тех случаях, когда вход в режим ожидания невозможен. Например:

- Необходимы длинные передачи посредством DMA.

- Требуется прием или передача данных по последовательным протоколам.
- Требуется работа высокоскоростного АЦП.
- Ожидание по синхронному таймеру.
- Сбор данных от внешних датчиков.
- Требуется работа модулей захвата/сравнения/ШИМ. Каждый раз, когда контроллер находится в ожидании некоторого события (прерывания от периферии), обычно имеет смысл перейти в режим Idle или Doze. Правильный выбор оптимального энергосберегающего режима позволяет существенно снизить потребляемый конечным устройством ток.

## ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ ТАКТИРОВАНИЯ

Возможность изменения частоты тактирования — очень важный инструмент, грамотное использование которого позволяет существенно снизить энергопотребление в активном режиме. В то время как режимы Idle и Doze позволяют снизить скорость работы ядра, периферия тактируется максимальной частотой, потребляя существенный ток. Поэтому целесообразно адаптивно выбирать частоту тактирования периферии в каждом конкретном случае.

Микроконтроллеры PIC позволяют гибко управлять тактированием ядра и периферийных модулей. Зачастую правильное управление тактированием позволяет получить потребление тока в активном режиме ниже, чем в режимах Idle и Doze!

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

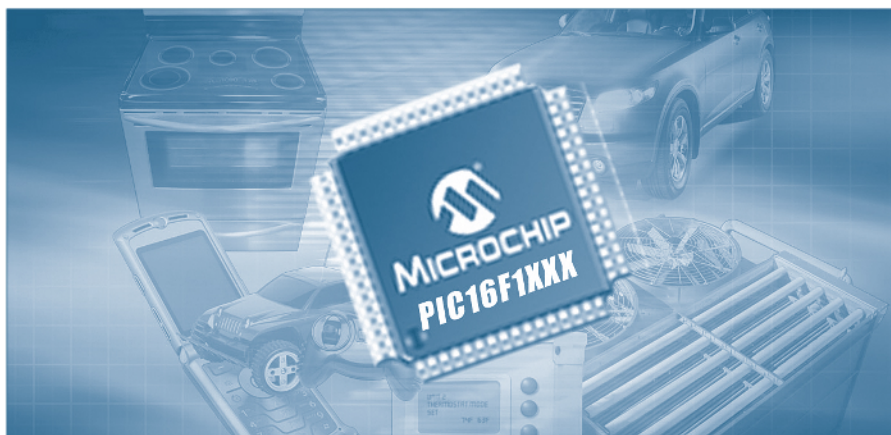
Новые технологии nanoWatt и nanoWatt XLP предоставляют разработчикам возможность гибко управлять энергопотреблением, что позволяет существенно снизить потребление тока. Благодаря технологии nanoWatt XLP, компании Microchip удалось создать PIC-контроллеры с самым низким потреблением тока в режиме Sleep. ■

# НОВАЯ АРХИТЕКТУРА СРЕДНЕГО СЕМЕЙСТВА КОНТРОЛЛЕРОВ MICROCHIP

Многие годы компания Microchip с успехом выпускает 8-разрядные PIC-контроллеры, и продолжает вкладывать средства в их развитие для поддержания широкой номенклатуры про-

дукции, которая удовлетворит потребностям существующих и будущих клиентов. Новая усовершенствованная архитектура среднего семейства контроллеров PIC12 и PIC16 взяла все

самое лучшее от существующей архитектуры и получила дополнительные возможности, сохранив при этом преемственность и легкий переход на новые микроконтроллеры.



Новая улучшенная архитектура 8-битных PIC-микроконтроллеров среднего семейства PIC12 и PIC16 имеет:

- увеличенный объем памяти программ и данных;
- улучшенный аппаратный стек;
- модернизированный метод переключения между страницами памяти и банками данных;
- дополнительные источники сброса;
- 14 дополнительных программных инструкций, включая команды для более эффективной работы C-компилятора;
- расширенную периферию;
- уменьшенное время входа в прерывание;
- увеличенную тактовую частоту ядра микроконтроллера.

Таблица 1. Новые арифметические команды и команды сдвигов

Новые команды	Мнемоника	Описание
Новые арифметические команды и команды сдвигов	ADDWFC	Сложить значение рабочего регистра W с регистром F с учетом флага переноса
	SUBWFB	Вычесть из регистра F значение рабочего регистра W с учетом флага заема
	LSLF	Логический сдвиг влево
	LSRF	Логический сдвиг вправо
	ASRF	Арифметический сдвиг вправо

## ЯДРО КОНТРОЛЛЕРОВ СРЕДНЕГО СЕМЕЙСТВА НОВОЙ УЛУЧШЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

### Новые команды

Микроконтроллеры нового семейства в дополнение к 35 командам существующего среднего семейства получили 14 новых инструкций. Новые команды позволяют получить более оптимальный код программы и предоставляют эффективный доступ к данным. Расширенный набор команд и увеличенная частота ядра позволяют снизить размер кода на 40% и увеличить производительность микроконтроллера на 50%.

К существующим арифметическим командам сложения и вычитания добавились команды сложения и вычитания с учетом флага переноса/заема. Данные команды улучшают эффективность кода для многобайтной арифметики. К командам циклического сдвига добавились команды логического и арифметического сдвигов. Конечно же, логический сдвиг можно сделать через циклический сдвиг, но для этого понадобятся дополнительные команды.

Таблица 2. Новые команды переключения банков и страниц памяти

Новые команды	Мониканем	Описание
Одноцикловое переключение страниц и банков памяти	MOVLP	Загрузить константу в регистр PCLATH
	MOVLB	Загрузить константу в регистр BSR

В новых контроллерах с улучшенной архитектурой среднего семейства увеличено адресуемое пространство памяти программ и ОЗУ (более подробно см. главу «Память данных контроллеров»). Теперь не нужно устанавливать биты RP0 и RP1 в регистре STATUS для того, чтобы переключить банк памяти, достаточно загрузить адрес в регистр переключения банков BSR. Аналогично и с переключением страниц памяти — добавлена команда загрузки регистра PCLATH.

Новые команды позволяют использовать меньше команд для переключения банков ОЗУ и страниц памяти программ. Для обеспечения совместимости кода между контроллерами нового поколения и старой архитектуры лучше использовать специальные макросы ассемблера PAGESEL и BANKSEL (табл. 3), которые в зависимости от выбранного контроллера

Таблица 3. Пример кода переключения банков ОЗУ и страниц памяти программ

Ядро Mid-Range	Ядро Enhanced Mid-Range	Пример совместимого кода
Вызов функции по любому адресу памяти программ		
movlw high My_Function movwf PCLATH call My_Function	movlp high My_Function call My_Function	PAGESEL My_Function call My_Function
Доступ к произвольной переменной (с переключением банков)		
bsf STATUS, RP0 bcf STATUS, RP1 addwf Var1	movlb HIGH Var1 addwf Var1	BANKSEL Var1 addwf Var1

будут соответствующим образом интерпретированы компилятором.

Основное достоинство применения команд относительных переходов это уменьшение размера кода, связанное с отсутствием необходимости отслеживания переходов через границы страниц памяти программ. Иногда, на старом ядре, простой цикл может перестать работать, если сдвинуть программу так, что цикл попадет на границу страницы памяти программ. Таких сюрпризов можно избежать при использовании команды относительных переходов. Также многие знакомы с организацией вычисляемых переходов на стандартном ядре Mid-Range, где нужно либо усложнять код, либо программист должен следить, чтобы таблицы данных не попали на границы блоков в 256 байт. Команда BRW осуществляет переход относительно текущего значения счетчика команд на беззнаковое значение, находящееся в рабочем регистре W. С дополнительной командой BRW не нужно следить за размещением таблиц и усложнять код — операции табличного чтения становятся намного проще:

```
constants
brw
retlw DATA1
retlw DATA2
retlw DATA3
retlw DATA4
my_function
;... код программы...
movlw DATA_INDEX
call constants
;... константа DATAx в W регистре
```

Команда BRA аналогична команде BRW, только осуществляет переход относительно текущего значения счетчика команд на 9-битную константу с учетом знака (переход в пределах от -256 до +255 команд).

С командой CALLW становятся доступны вызов процедуры по адресу, указанному в W регистре, что может пригодиться для быстрого поиска по таблицам, организации машины состояний и вызова функций по указателю.

Следующие три команды расширяют возможности косвенной адресации.

Команда ADDFSR производит знаковое сложение константы с указателем FSR, значение смещения должно лежать в диапазоне -32...+31. Команды MOVW и MOVWI более сложные. Обе эти команды могут выполняться с пре- и постинкрементом

**Замечание.** Внимательный читатель может задать вопрос: «а почему нет команды арифметического сдвига влево?»

**Ответ.** Арифметический сдвиг влево эквивалентен логическому сдвигу влево. Для арифметического сдвига влево вы можете использовать псевдокоманду ассемблера ASLF.

и декрементом указателя, а так же со смещением указателя.

Рассмотрим более подробно синтаксис команд MOVWI (команда MOVW имеет тот же синтаксис, только работает в обратном порядке — пересылает данные из косвенно-адресуемого регистра в рабочий регистр W).

MOVWI 0[INDF0] — перенос значения из W в косвенно адресуемый регистр. Эта операция может быть выполнена так же старыми командами MOVWF INDF0 или MOVF INDF0,W. Нет никаких преимуществ между тем или иным способом. Команда MOVWI 0[INDF0] не меняет значение указателя.

MOVWI ++INDF0 — перенос значения из W в косвенно адресуемый регистр с преинкрементом. Если перед INDF0 или INDF1 написать ++, то данная команда произведет инкремент указателя FSR до того как значение из регистра W будет помещено в косвенно адресуемый регистр. Подобные команды позволяют обновить указатель до записи или чтения. MOVWI INDF0+ — перенос значения из W в косвенно адресуемый регистр с постинкрементом.

Аналогично и команды с пре- и постинкрементом: MOVWI- INDF0 и MOVWI INDF0-. Комбинация преинкремента и постдекремента это быстрый способ программного построения стека или циклических буферов данных.

MOVWI k [INDF0] — перенос значения из W в косвенно адресуемый регистр со смещением относительно указателя. Вы можете обратиться к регистру со смещением относительно указателя. Данная команда не изменяет значение самого указателя. Данная команда востребована для загрузки элемента структуры в рабочий регистр W или получении доступа к регистрам специального назначения в различных банках. Значение смещения может лежать в диапазоне -32 до +31 относительно адреса, загруженного в указатель FSR.

Таблица 4. Новые команды относительных переходов

Новые команды	Мнемоника	Описание
Относительный переход	BRA	Относительный переход (знаковый)
	BRW	Переход PC+W (беззнаковый)
Вызов подпрограммы с адресом в W	CALLW	Вызов PCLATH:W
Программный сброс	RESET	Сброс программы и периферии

Таблица 5. Новые команды косвенной адресации

Новые команды	Мнемоника	Описание
Дополнительные команды косвенной адресации	ADDFSR	Добавить константу к FSR (знаковая команда)
	MOVW	Копировать косвенно в W
	MOVWI	Копировать W по указателю



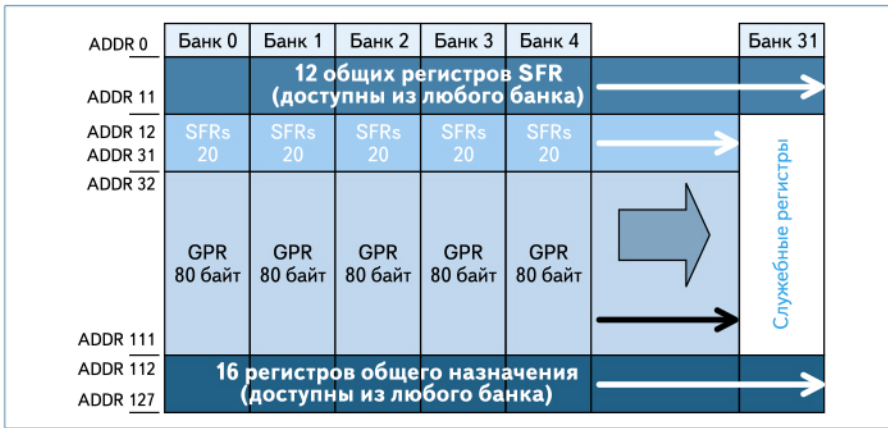


Рис. 1. Память данных нового ядра PIC16. (перевести: 12 Соттон... —> 12 общих регистров SFR (доступны из любого банка); Соттон GPR... —> 16 регистров общего назначения (доступны из любого банка))

Address	Register	Function
0x00	INDF0	Indirect Register 0
0x01	INDF1	Indirect Register 1
0x02	PCL	Program Counter Low
0x03	STATUS	Status Register
0x04	FSR0 Low	File Select Register 0 Low Byte
0x05	FSR0 High	File Select Register 0 High Byte
0x06	FSR1 Low	File Select Register 1 Low Byte
0x07	FSR1 High	File Select Register 1 High Byte
0x08	BSR	Bank Select Register
0x09	WREG	Working Register
0x0A	PCLATH	Program Counter Latch High
0x0B	INTCON	Interrupt Control Register

Рис. 2. 12 общих регистров SFR

**Память данных контроллеров**

В новых контроллерах с улучшенной архитектурой среднего семейства существенно расширена память данных. Теперь они имеют 32 банка памяти общим размером до 4 кбайт. Как и прежде память данных разделена на регистры специального назначения (SFR — Special Function Registers) — данные регистры служат для настройки прерываний, периферии и пр.; регистры общего назначения (GPR — General Purpose Registers) — данные регистры служат для хранения пользовательских данных. Регистры GPR банков памяти с 0 по 30 могут использоваться по усмотрению программиста, банк 31 служит для специальных функций, назначение этого банка рассмотрим чуть позже.

В каждый банк памяти отображаются 12 общих регистров специального назначения (рис. 2), таким образом, можно получить доступ к этим регистрам из любого банка данных. Еще одна особенность новых контроллеров в том, что выделенные на рис. 2 регистры автоматически сохраняются при возникновении любого прерывания. Сохраненные при входе в прерывание регистры доступны программисту в 31 банке.

**Память контроллеров.**

**Новые свойства указателя FSR**

В новых контроллерах с улучшенной архитектурой среднего семейства теперь два регистра FSR, которые к тому же стали 16-битными. Теперь через реги-

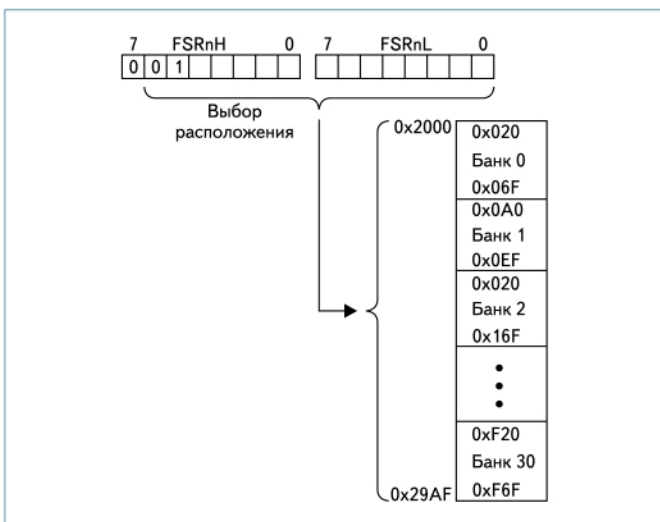


Рис. 4. Линейное отображение регистров общего назначения

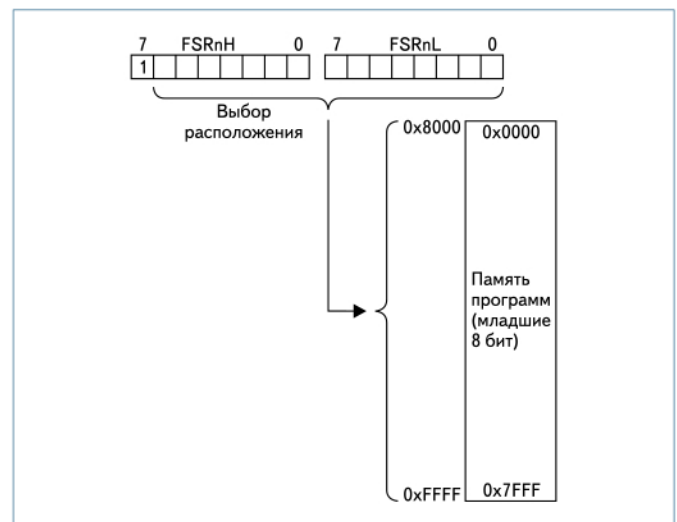


Рис. 5. Адресация памяти программ через регистры косвенной адресации



Рис. 3. Организация памяти новых контроллеров. Области адресации памяти данных, программ и доступ при косвенной адресации

Таблица 6. Сравнение контроллеров Среднего Семейства (Mid-Range) и Улучшенного Среднего Семейства (Enhanced Mid-Range)

Ядро	Mid-Range	Enhanced Mid-Range
Длина инструкций	14 бит	14 бит
Адресуемая память программ	8 к инструкций	32 к инструкций
Максимальный объем ОЗУ и регистров	446 байт	>4 кбайт
Число инструкций	35	49
Аппаратный стек	8-уровневый	16-уровневый с дополнительными возможностями
Сохранение контекста	Программно	Аппаратно

стры указателей FSR программист получает доступ ко всей памяти микроконтроллера — памяти данных и памяти программ! Доступ к константам в памяти программ абсолютно такой же, как и к регистрам в ОЗУ — как только вы загрузили указатель, следующей инструкцией вы можете считать значение из памяти программ.

Интересная новая возможность контроллеров, это линейная адресация всех регистров общего назначения. Как видно из рис. 1, регистры общего назначения GPR имеют адреса 20h–6Fh, A0h–EFh, 120h–16Fh и т.д. Такое «дырчатое» распределение

Таблица 7. Номенклатура новых микроконтроллеров

	Память			Внутр. генератор	АЦП, кан.	MSSP		EUART	ЖКИ, сегм.	Упит, В	Число портов	Число выводов
	Flash, кбайт	RAM, байт	EEPROM, байт			SPI	I <sup>2</sup> C					
PIC12F1822*	3,5	128	256	32 МГц, 32 кГц	4	1	1	1	-	1,8–5,5	6	8
PIC16F1823*	3,5	128	256		8	1	1	1	-		12	14
PIC16F1826*	3,5	256	256		12	1	1	1	-		16	18
PIC16F1827*	7	384	256		12	2	2	1	-		16	18
PIC16F1933*	7	256	256		11	1	1	1	60		25	28
PIC16F1934	7	256	256		14	1	1	1	96		36	44
PIC16F1936	14	512	256		11	1	1	1	60		25	28
PIC16F1937	14	512	256		14	1	1	1	96		36	44
PIC16F1938*	14	1024	256		11	1	1	1	60		25	28
PIC16F1939*	28	1024	256		14	1	1	1	96		36	44
PIC16F1946*	14	512	256		17	2	2	2	184		53	64
PIC16F1948*	28	1024	256		17	2	2	2	184		53	64

\* — контроллеры находятся на стадии подготовки к массовому производству

регистров общего назначения не удобно для организации больших массивов данных и их адресации. В новых контроллерах добавлен режим линейной адресации памяти, позволяющий при установке указателя FSR на адреса 2000h–29AFh адресовать всю область регистров общего назначения без «дыр». Новый режим адресации позволяет упростить создание больших массивов в памяти данных. Если старший бит регистра FSR установлен в «1», то это означает что регистр FSR будет указывать на область памяти программ.

**Стек контроллеров  
улучшенной архитектуры**

Контроллеры среднего семейства PIC16 имеют кольцевой 8-уровневый стек. Если происходит переполнение стека, то происходит «затирание» самого первого адреса входа. В новых контроллерах стек стал больше — способен хранить 16 адресов. Кроме этого контроллеры получили возможность сброса при переполнении или опустошении стека. Более того, стек в новой архитектуре доступен программисту через регистры, находящиеся в 31 банке — SPTR (указатель стека); текущее значение стека — состоит из 2 байтов TOSH и TOSL. Программный доступ к стеку может пригодиться при создании операционных систем реального времени или безопасной отладке программ.

Для внутрисхемной отладки кода в старых контроллерах резервируется один уровень стека, в то время как новое ядро имеет отдельный стек для отладки. Это позволяет использовать весь стек в режиме отладки кода, при этом, когда включен режим отладки, сброс по переполнению стека становится точкой останова кода, что позволяет определить причину переполнения стека.

**ПЕРИФЕРИЯ**

Новые контроллеры содержат все передовые периферийные модули:

- Контроллер ЖК-индикаторов (в контроллерах PIC16F19xx, более подробно об этом модуле читайте в статье нашего каталога);
- Модуль емкостных датчиков (CSM — Capacitive Sensing Module), поможет в построении сенсорных клавиатур;
- 10-разрядный АЦП;
- Источник опорного напряжения с программируемыми значениями напряжения 1,024, 2,048 и 4,096 В — может работать совместно с модулем АЦП, компараторами и 5-разрядным ЦАП;
- Таймеры: четыре 8- и один 16-разрядный, с возможностью подключения кварца 32 кГц и построения микротребляющих часов реального времени;

- Модули захвата, сравнения и ШИМ (до 3 стандартных и до 2 расширенных, со специальными режимами управления электродвигателями);
- Модуль синхронного последовательного порта (MSSP) — поддерживаются интерфейсы SPI, I<sup>2</sup>C, а так же поддержка совместимости с интерфейсами SMBUS и PMBUS;
- Модуль Универсального синхронного-асинхронного приемника-передатчика (USART) — поддержка интерфейсов RS-232, RS-485 и LIN;
- RS-триггер;
- Два аналоговых компаратора.

**НОМЕНКЛАТУРА КОНТРОЛЛЕРОВ  
СРЕДНЕГО СЕМЕЙСТВА  
НОВОЙ УЛУЧШЕННОЙ  
АРХИТЕКТУРЫ**

Компания Microchip начала производства нескольких микроконтроллеров среднего семейства с улучшенной архитектурой, контроллеры доступны для заказа образцов и серийных партий. Все контроллеры имеют максимальную тактовую частоту 32 МГц, при этом такую частоту можно получить от встроенного программируемого RC-генератора.

Контроллеры PIC16F1xxx выполнены по микропотребляющей технологии XLP и имеют ядро с максимальным напряжением питания 3,6 В, поэтому микроконтроллеры LF-версий, имеют диапазон питания 1,8–3,6 В, а контроллеры F-версий содержат встроенный стабилизатор питания ядра и могут работать в расширенном диапазоне питаний от 1,8 до 5,5 В

**СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ  
ДЛЯ НОВЫХ КОНТРОЛЛЕРОВ**

Новые микроконтроллеры поддерживаются бесплатной средой разработки MPLAB IDE, внутрисхемными программаторами-отладчиками PICkit3, ICD-3 и REAL ICE.

Новые контроллеры поддерживаются несколькими производителями программного обеспечения: компании Hi-Tech, CCS и Byte Craft имеют Си-компиляторы для новых PIC16F1xxx, а компания microEngineering Labs осуществила поддержку нового ядра в компиляторе PICBASIC™ PRO.

**КОМПАНИЯ MICROCHIP ПРЕДОСТАВЛЯЕТ НАБОР  
BLUETOOTH® KIT  
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ С BLUETOOTH**

Ключевые особенности:

- Стек протоколов Bluetooth от компании CandleDragon.
- Гибкость сопряжения 16/32-bit PIC® микроконтроллеров с различными микросхемами радиоканала.
- Простое и недорогое решение для добавления к существующим отладочным платам и средствам разработки.

Компания Microchip анонсирует отладочный комплект Bluetooth® Evaluation Kit, который содержит демонстрацию работы Bluetooth стека dotstack™ от компании CandleDragon Inc. Комплект предоставляет простой и недорогой способ изучения стека с большинством 16/32-bit PIC®-микроконтроллеров или dsPIC® цифровыми сигнальными контроллерами с использованием существующих отладочных средств Microchip.

Существующие беспроводные Bluetooth-модули как правило дорогие и предоставляют не очень гибкие решения, так как они содержат микросхему радиоканала и зашитый микроконтроллер с поддержкой радиомодема. Новое совместное решение Microchip и CandleDragon позволяет разработчикам

выбрать оптимальную пару из многих 16/32-bit PIC-микроконтроллеров и радио-Bluetooth-микросхем. Стек от компании CandleDragon соответствует Bluetooth SIG и поддерживает различные профили для одного микроконтроллера, включая SPP, HFP и HID. Дополнительные профили для контроллеров Microchip планируется добавить в ближайшем будущем.

Стек Bluetooth Stack может быть скачан бесплатно для оценки и начала разработки с сайта Microchip: [www.microchip.com/get/A0NT](http://www.microchip.com/get/A0NT). Лицензионные отчисления для производства устройств на базе стека начинаются от \$4250 за 5000 шт. устройств.

Отладочный комплект Microchip Bluetooth Evaluation Kit (DM183036) доступен для заказа по цене \$109.99. Набор содержит дочернюю плату Bluetooth PICtail™ Plus, а так же процессорными модулями с 16-разрядным USB-микроконтроллером PIC24FJ256GB110 и 32-разрядным контроллером с CAN и USB PIC32MX795F512L, оба контроллера запрограммированы Bluetooth-стеком CandleDragon's dotstack и демонстрируют работу SPP-профиля. Этот отладочный комплект разработан для использования совместно с отладочной платой Explorer 16 Development Board (DM240001), которая доступна отдельно за \$129.99.

Для получения дополнительной информации посетите сайт Microchip по ссылке [www.microchip.com/get/TBXK](http://www.microchip.com/get/TBXK)



# ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ ПОРТАТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

*Энергопотребление электронного устройства является важной характеристикой, влияющей на выбор того или иного изделия. В особенности, это актуально для портативных устройств, которые в силу своих массогабаритных показателей имеют острый энергодефицит.*

В схеме любого электронного устройства имеется блок питания: в простейшем случае представляющий напрямую подключенную батарейку, более сложный — параметрический стабилизатор или, имеющий наиболее расширенные характеристики, импульсный источник питания. От эффективности работы блока питания зависит потребление всей системы.

Microchip Technology Inc., являющийся мировым лидером в производстве сверхнизкопотребляющих микроконтроллеров по технологии XLP, предлагает разработчикам широкий спектр компонентов для построения эффективных питающих цепей электронных устройств.

Вторым аспектом энергоснабжения портативного устройства является заряд встроенных аккумуляторов. На современном рынке представлены аккумуляторные батареи, производимые по разным технологиям, наиболее востребованными из которых являются Ni-MH, Li-Ion и Li-Po. Для их корректной работы в цикле заряда требуется специальный контроллер заряда, который поддерживает оптимальные параметры работы, а также защищает батареи от разрушения. Последнее особенно важно для Li-Po батарей, так как их разрушение в процессе работы сопровождается возгоранием.

В портфолио Microchip также есть микросхемы для управления зарядом аккумуляторов.

Микросхемы источников питания, производимые Microchip, можно разделить на линейные стабилизаторы с низким падением напряжения (LDO, Low DropOut) и на импульсные стабилизаторы, которые, в свою очередь, делятся на инверторы (boost, buck) и схемы на переключаемых конденсаторах (charge pump).

Контроллеры заряда аккумулятора условно делятся на три подсемейства по комплексности и наборе функций.

Рассмотрим подробнее характеристики и функции представленных микросхем.

## ЛИНЕЙНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ LDO

Основными преимуществами линейных стабилизаторов являются простота, отсутствие наводимых помех и минимум элементов.

Наиболее актуальными к применению линейными стабилизаторами являются микросхемы семейств MCP1703 и MCP1790. Основные параметры микросхем представлены в таблице 1.

MCP1703 представляет из себя линейный регулятор напряжения с низким падением напряжения и со сверхнизким собственным током потребления. Широкий диапазон входного напряжения — от 2,7 до 16 В — делают его незаменимым для систем с питанием от набора щелочных батарей, 9 В батарей, Li-Ion аккумуляторов. Максимальный выходной ток

стабилизатора составляет 250 мА, типовое значения собственного тока потребления — 2 мкА.

Выходное напряжения регулятора — фиксированное и выбирается из стандартного ряда 1,2; 1,5; 1,8; 2,5; 2,8; 3,0; 3,3; 4,0; 5,0 В. Заводская точность калибровки напряжения составляет 3%, линейность регулятора — 0,1%. Выходное напряжение закодировано в обозначении позиции — первые две цифры после дефиса, например, MCP1703T-3302E/CB — стабилизатор с выходным напряжением 3,3 В.

Встроенные защиты от короткого замыкания и перегрева позволяют применять эти микросхемы в высоконадежных применениях. Для стабильной работы микросхем требуются только керамические конденсаторы 0,1 мкФ.

MCP1790 и MCP1791 ориентированы, в первую очередь, на автомобильное применение 12/24 В, так как имеют максимально допустимое входное напряжение 48 В. Выходное напряжение — заданные производителем 3,0; 3,3; 5,0 В с точностью 0,2% и регулированием 0,0002%.

Максимальный выходной ток — 70 мА, зависит от диапазонов напряжения и типа корпуса. Например, стабилизатор MCP1790 в корпусе SOT-223-5 может обеспечить в течение продолжительного времени выходной ток 50 мА при напряжении 5 В и входном напряжении до 24 В. Помимо этого, микросхема нормально работает и с импульсами тока, превышающими 70 мА — специальная защитная цепь позволяет иметь кратковременные превышения токовой нагрузки, при этом надежно защищая от короткого замыкания и перегрева.

MCP1791 имеет дополнительный вход разрешения работы и вывод готовности питания.

Таблица 1. Линейные стабилизаторы

	MCP1703	MCP1790/MCP1791
Входное напряжение, В	2,7...16	6...48
Входное напряжение в продолжительном режиме, В	16	30
Выходное напряжение, В	1,2-1,5-1,8-2,5-2,8-3,0-3,3-4,0-5,0	3,0-3,3-5,0
Выходной ток, макс, мА	250	70
Собственный ток потребления	2,0 мкА	70 мкА
Точность регулирования	±0,4% при +25 °C и ±3% во всем диапазоне температур	±2,5% во всем диапазоне температур
Диапазон рабочих температур	-40...+125 °C	-40...+125 °C
Защита по температуре	+	+
Защита по короткому замыканию	+	+

Таблица 2. Семейство MCP1259

	MCP1256	MCP1257	MCP1258	MCP1259
Режим Sleep	+	+	-	-
Индикатор работы	+	-	+	-
Индикатор низкого уровня батареи	-	+	-	+
Сквозной режим Bypass	-	-	+	+

Таблица 3. Функции MCP1640

	MCP1640	MCP1640B	MCP1640C	MCP1640D
Автоматическое переключение ШИМ/ЧИМ	+	Только ШИМ	+	Только ШИМ
Режим отключения	Разрыв цепи	Разрыв цепи	Сквозной режим Bypass	Сквозной режим Bypass

## ИМПУЛЬСНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПЯЖЕНИЯ НА МИКРОСХЕМАХ MICROCHIP

Как было замечено выше, Microchip производит микросхемы для различных импульсных преобразователей. Они имеют большие возможности по регулированию, в том числе могут работать в режиме повышения напряжения, что в принципе не возможно в линейных стабилизаторах. Общими недостатками импульсных преобразователей являются пульсации выходного напряжения и больший фон наводимых помех.

### Преобразователи на переключаемых конденсаторах

Применение преобразователей на переключаемых конденсаторах (charge pump) обосновано в недорогих устройствах с компактными размерами. Это обусловлено тем, что для работы преобразователя требуется только пара внешних конденсаторов и не нужны индуктивные элементы, которые составляют значительную часть стоимости и занимают место. Недостатком преобразователей этого типа является невысокая эффективность, падающая, при некоторых условиях, с 90% до 50%.

Микросхемы семейства MCP1259 — контроллеры charge pump. Семейство представлено 4 микросхемами с похожей функциональностью, отличающиеся набором сервисных функций (таблица 2).

Преобразователи на основе MCP1259 позволяют получить выходное напряжение 3,3 В при входном от 1,8 до 3,6 В. Они ориентированы на применения в схемах питания микроконтроллеров на основе 2 щелочных, Ni-Cd или Ni-MH батарей или одной литиевой батареи.

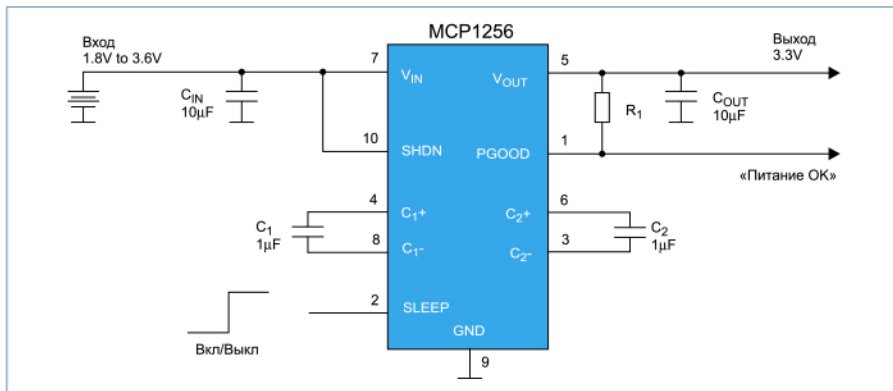


Рис. 1. Преобразователь на MCP1256

Для повышения эффективности преобразования применяется 1,5- или 2-кратная накачка. Частота преобразования фиксирована – 650 кГц. Типичная схема преобразователя представлена на рис. 1.

#### Преобразователи на индуктивных элементах

Наибольшую эффективность имеют импульсные преобразователи с индуктивными элементами. Для портативных применений наиболее интересны повышающие DC/DC-преобразователи, позволяющие минимизировать размеры как самой схемы, так и первичного элемента питания – батареи. Подходящей топологией для такого типа преобразователя является boost-преобразователь.

Схема boost-преобразования показана на рис. 2.

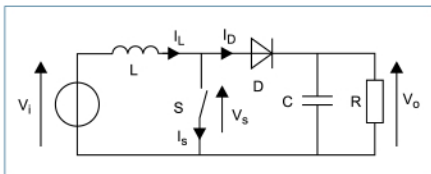


Рис. 2. Схема повышающего преобразования

Поддержание заданного выходного напряжения во всем диапазоне токов нагрузки производится адаптивным управлением ключевым элементом. В основном, используется ШИМ, но в зоне низких выходных токов широтно-импульсная модуляция становится неэффективной. Поэтому современные boost-контроллеры имеют возможность переключения в режим ЧИМ при малых нагрузках, который более эффективен в этих условиях.

Microchip предлагает контроллеры повышающих DC/DC-преобразователей — MCP1624 и MCP1640. Это полностью интегрированные компактные микросхемы, требующие только внешнюю индуктивность. MCP1624 ориентированы на токи нагрузки до 175 мА, MCP1640 — до 350 мА.

Низковольтная технология Microchip, по которой разработаны эти преобразователи, позволяют им уверенно запускаться на напряжениях выше 0,65 В, а работать — вплоть до 0,35 В. Выходное напряжение задается внешним резистивным делителем и может лежать в диапазоне 2,0–5,5 В. MCP1623 работает только в режиме ШИМ, на частоте 500 кГц. Контроллер MCP1624 автоматически переключается в режим ЧИМ при снижении выходного тока для повышения эффективности работы конвертора. Аналогично, микросхемы MCP1640 и MCP1640С имеют функцию автоматического переключения, а MCP1640В и MCP1640D работают только в режиме ШИМ.

При этом, MCP1640 и MCP1640В отключают нагрузку в выключенном режиме, а MCP1640С и MCP1640D подают напряжение питания со входа на выход (см. таблицу 3).

Схема DC/DC-преобразователя на основе MCP1624 показана на рис. 3.

#### КОНТРОЛЛЕРЫ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРА

Microchip Technology Inc. производит три популярных семейства микросхем контроллеров заряда аккумуляторных батарей: MCP73811, MCP73831 и MCP73853. Они предназначены для простой реализации заряда 1 ячейки Li-Ion или Li-Po аккумулятора. Для заряда 2 ячеек применяются семейства MCP73842 и MCP73862.

Характеристики и особенности микросхем заряда 1 ячейки представлены в таблице 4.

Необходимой функциональностью, минимальными габаритами и ценой обладают контроллеры семейства MCP73811. Они обеспечивают заряд одной ячейки Li-Ion или Li-Po батареи за минимально возможное время, поддерживая постоянный ток и постоянное напряжение в различных фазах заряда. Для работы микросхемы требуется минимум

внешних компонентов (2 керамических конденсатора), так как все необходимые компоненты интегрированы: силовой транзистор, токовый сенсор, защита от переплюсовки. Все это делает MCP73811 идеальной для применений в простых зарядных устройствах, в том числе с питанием от USB, дешевых портативных устройствах, игрушках.

Возможность заряда глубоко разряженных батарей, а также отключения заряда реализовано в старших семействах контроллеров.

В MCP73831 реализована возможность задания тока предзаряда, встроены контроль и защита по температуре. Указанные возможности позволяют применить это семейство в сложных комплексных разработках, в том числе со встроенными аккумуляторами, например, карманные приборы, сложные USB-изделия, медицинская техника.

Наибольшими возможностями по обслуживанию аккумуляторных батарей обладают микросхемы семейства MCP73853. Помимо основных функций, реализованных в младших семействах, MCP73853 имеет возможность подключения внешнего температурного датчика (встроенного непосредственно в батарею), а также таймеры принудительного отключения заряда. Для сигнализации текущего состояния аккумулятора есть возможность подключения светодиодов. Область применения этих контроллеров расширяется на сложные зарядные устройства и док-станции.

Итого, Microchip Technology Inc. предлагает разработчику микропотребляющих, портативных и миниатюрных устройств весь перечень необходимых микросхем: микроконтроллеры с развитой периферией и технологией XLP, линейные стабилизаторы питания, микросхемы низкопотребляющих DC/DC-преобразователей и контроллеры заряда аккумуляторных батарей.

Дополнительная информация по указанной продукции, инструкции по применению, отладочные средства доступны на сайте [www.microchip.com](http://www.microchip.com):

- [www.microchip.com/battery](http://www.microchip.com/battery)
- [www.microchip.com/dc/dc](http://www.microchip.com/dc/dc)

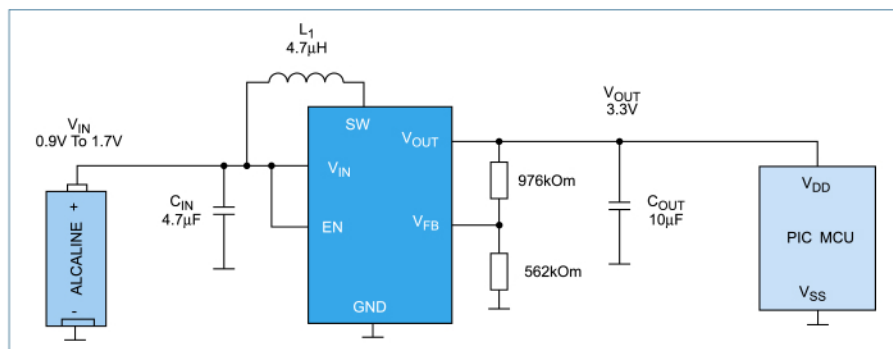


Рис. 3. Преобразователь на MCP1624

Таблица 4. Сводные характеристики микросхем заряда 1 ячейки

	MCP73811	MCP73831	MCP73853
Силовой транзистор	+	+	+
Токовый сенсор	+	+	+
Защита от переплюсовки	+	+	+
Контроль температуры	+	+	+
Вход внешнего термодатчика	-	-	+
Выходное напряжение, В	4,2	4,2–4,35–4,4–4,5	4,1–4,2
Точность выходного напряжения	1%	0,75%	0,5%
Ток заряда, мА	50–500	15–500	15–500
Окончание заряда	внешнее	внутреннее	внутреннее
Таймеры заряда	-	-	+
Светодиоды состояния	-	+	+
Корпуса	SOT23-5	SOT23-5, DFN-8	DFN-10, QFN-16



# РАДИОЧАСТОТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ MICROCHIP

Компания Microchip Technology производит 8-, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры и цифровые сигнальные контроллеры, а так же аналоговые микросхемы и микросхемы Flash-памяти. В настоящий момент фирма выпускает передатчики, приемники и приемопередатчики (трансиверы) для реализации решений для IEEE 802.15.4/ZigBee, IEEE 802.11/Wi-Fi, а так же субгигагерцового ISM-диапазона. Наличие в «портфеле» компании PIC-микроконтроллеров, аналоговых микросхем и микросхем памяти позволяет ей предложить клиентам комплексные решения для беспроводных решений

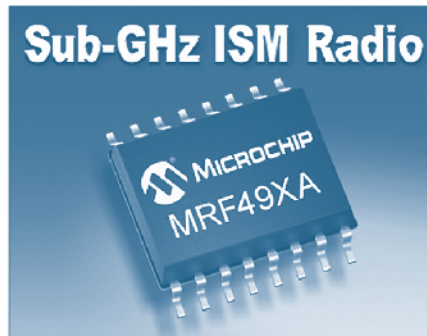


Рис. 1. Внешний вид приемопередатчика

## ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ СУБГИГАГЕРЦОВОГО ISM-ДИАПАЗОНА 315/434/868/915 МГц

Системы, требующие беспроводного сообщения, характеризующегося невысокой скоростью передачи данных, малым радиусом действия и низким энергопотреблением, обычно используют ISM-диапазон частот 315/434/868/915 МГц.

Вдобавок к хорошо зарекомендовавшим себя микроконтроллерам семейства rPIC12F, объединившим в себе FLASH-микроконтроллер PIC12F675 и УКВ-передатчик с синтезатором частоты и кварцевой стабилизацией, и супергетеродинным приемником rRXD0420 и rRXD0920, компания Microchip начала выпуск приемопередатчиков MRF49XA и MRF89XA (табл. 1).

MRF49XA — это полнофункциональный субгигагерцовый трансивер, поддерживающий ISM-частотный диапазон 434/868/915 МГц, идеально подходящий для реализации двухсторонней связи на небольших расстояниях. Трансивер поддерживает FSK-модуляцию с возможностью псевдослучайной перестройки рабочей частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS), что позволяет повысить

эффективность приема-передачи данных в канале, подверженном 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, поддерживающий работу с FSK и OOK модуляцией в безлицензионном ISM-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 обеспечивает скорость передачи данных до 200 кбит/с и имеет функции пакетной обработки данных, включая 64-байтный буфер FIFO, 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 радио-передающего узла. Трансивер использует несколько механизмов для снижения общего энергопотребления и увеличения срока службы в батарейных применениях.

Трансивер MRF89XA построен по супергетеродинной архитектуре с двойным преобразованием частоты, что обеспечивает лучшее подавление соседних и зеркального канала и более полного использования отведенного частотного диапазона.

Основные характеристики трансивера 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.

Таблица 1. Радиочастотные продукты ISM-диапазона

Наименование	Модуляция	Скорость передачи, кбит/с	Диапазон частот, МГц	Выходная мощность, дБм	Чувствительность, дБм	Особенности
Трансиверы						
MRF49XA	FSK	256	434/868/915	+7	–110	
MRF89XA	FSK/OOK	200	868/915	+12,5	–107 (FSK); –113 (OOK)	Пакетная обработка, микропотребление
MRF24J40	O-QPSK	250 (IEEE 802.15.4) 625 (Turbo Mode)	2405–2480	+0	–95	PHY и MAC, соответствие IEEE 802.15.4, готовые стеки ZigBee, MiWi
Микроконтроллеры с передатчиком						
rPIC12F675K	FSK/ASK	40	290–350	+10		1792 кбайт Flash, 128 байт EEPROM, 64 байт RAM, 6 I/O, WDT, 1 8/16-бит таймер, 4 канала 10-бит АЦП, INTSOC 4 МГц
rPIC12F675F	FSK/ASK	40	380–450	+10		
rPIC12F675H	FSK/ASK	40	850–930	+10		
Приемники						
rRXD0420	ASK, FSK, FM	80	380–450		–111	
rRXD0920	ASK, FSK, FM	80	800–930		–109	

## ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ IEEE 802.15.4/ZIGBEE® 2,4 Гц

MRF24J40 — однокристалльный приемопередатчик, соответствующий стандарту IEEE 802.15.4 для беспроводных решений ISM-диапазона 2,405–2,48 ГГц. Этот трансивер содержит физический (PHY) и MAC-функционал.

Вкупе с микропотребляющими PIC-микроконтроллерами и готовыми стеками MiWi и ZigBee трансивер позволяет реализовать как простые (на базе стека MiWi), так и более сложные (сертифицированные для работы в сетях ZigBee) персональные беспроводные сети (Wireless Personal Area Network, WPAN) для портативных устройств с батарейным питанием.

Основные характеристики трансивера:

**Таблица 2. Усилители мощности и маломощные усилители 802.11a и 802.11b/g**

	Точки доступа, роутеры	Мобильные устройства (смартфоны, ридеры и пр.)	Стационарные устройства (телевизоры, игровые приставки, принтеры и пр.)	Ноутбуки/Нетбуки/Планшетные компьютеры
2.4 GHz	12LP08, 12LP14A	12LP14E, 12LP19E	12LP14E, 12LP19E	12LP07A, 12LP08, 12LP14E, 12LP19E
5 GHz	11LP12	11CP15	11LP12, 11CP15	
High Power	12LP15A, 12LP15B			
Ultra High Power	12CP15 (2.4GHz)			
High Efficiency		12LP14E, 12LP19E		12LP14E, 12LP19E
High Gain	12LP08		12LP08	12LP08
RF Matched		12LP17E		
LNA	12LN01		12LN01	
Front End Module	12LF01	12LF02	12LF02	13LF06 (Dual Band)

- соответствие стандарту IEEE 802.15.4, диапазон частот 2,405–2,48 ГГц;
- поддержка протоколов ZigBee™, MiWi P2P™ и MiWi™;
- 4-проводной SPI-интерфейс;
- интегрированные тактовые генераторы 20 МГц и 32,768 кГц;
- низкое энергопотребление, режим Sleep;
- аппаратная реализация CSMA-CA;
- автоквитирование (ACK);
- аппаратная реализация алгоритмов шифрования AES-128;
- возможность автоматизированного повтора передачи;
- определение уровня принимаемого сигнала;
- миниатюрный 40-выводный корпус QFN 6x6 мм. Наличие MAC-уровня помогает уменьшить нагрузку на управляющий микроконтроллер и позволяет использовать недорогие 8-разрядные микроконтроллеры для построения радиосетей.

### WLAN-УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

С приобретением компании SST весной 2010 г., Microchip получил широкую номенклатуру усилителей мощности и маломощных (LNA) стандартов 802.11a/b/g/n.

Выпускаются однодиапазонные усилители мощности для диапазона 2,4 ГГц 802.11 b/g/n и 5,8 ГГц 802.11a/n, а также двухдиапазонные усилители Wi-Fi 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 пред-

назначены микросхемы 13-й серии (SSP13), которые совместимы со стандартами 802.11a и 802.11 b/g.

### ГОТОВЫЕ МОДУЛИ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ ISM-ДИАПАЗОНА

Помимо микросхем трансиверов, компания Microchip Technology Inc. предлагает готовые решения для беспроводной связи — законченные радиомодули, применение которых позволяет уменьшить сроки разработки, решить ряд вопросов по сертификации, а также быстро реализовать малосерийные проекты (рис. 2). Такие радиомодули имеют на плате все необходимые для работы трансивера компоненты, PCB-антенну, SPI-интерфейс для связи с внешним микроконтроллером. Модули выпускаются с контактами под поверхностный монтаж, полностью готовы к применению и имеют сертификацию в FCC (для применения в США), IC (для применения в Канаде) и ETSI (для применения в Европе). Модуль

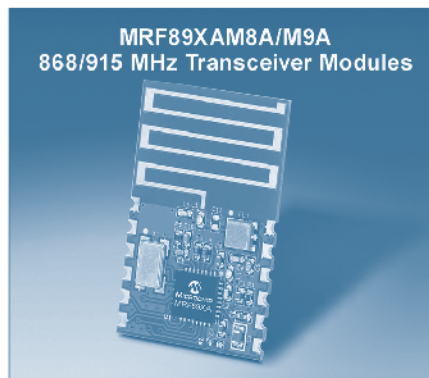


Рис. 2. Внешний вид модуля MRF89XAM

**Таблица 3. Модули и отладочные платы**

Наименование модуля	Дочерняя отладочная плата (номер для заказа)	Трансивер	Частота, МГц	Выходная мощность, дБм	Чувствительность, дБм
	AC164137-1	MRF49XA	433.92	+7	-110
	AC164137-1	MRF49XA	868/915	+7	-110
MRF89XAM8A	AC164138-1	MRF89XA	868	+12.5	-113
MRF89XAM9A	AC164138-2	MRF89XA	915	+12.5	-113
MRF24J40MA-I/RM	AC164134 AC163028	MRF24J40	2405–2480	+0	-94
MRF24J40MB-I/RM	AC164134-2	MRF24J40	2405–2480	+20	-102
MRF24J40MC-I/RM	AC164143	MRF24J40	2405–2480	+20...+23 (зависит от антенны)	-102 (без учета усиления антенны)
Отладочные комплекты					
Наименование	Номер для заказа	Трансивер	Состав комплекта		
PICDEM Z	DM163027-5	MRF24J40	2 платы с PIC18LF4620 2 радиоплаты с MRF24J40 Анализатор протоколов Zena		

на базе трансивера MRF24J40 имеет три варианта, два из которых (один с PCB-антенной, другой с коннектором U.FL для подключения внешней антенны) и содержат встроенный входной маломощный усилитель и усилитель выходной мощности для создания устройств с увеличенной дальностью связи. На основе каждого из модулей также выпускаются дочерние платы для подключения к популярным отладочным платам Explorer 16 (для работы с 16- и 32-разрядными контроллерами PIC24, dsPIC33 и PIC32) и Explorer 18 (для работы со всей линейкой 8-разрядных контроллеров PIC18) (табл. 3).

### ПРОГРАММНАЯ ПОДДЕРЖКА

На сайте компании [1] можно найти всю документацию, последние версии стеков протоколов, а также примеры применения, диагностическое ПО для ПК и соответствующие «прошивки» для микроконтроллеров, рекомендации по настройке сети, подбору оптимальной формы антенн и т. п.

### СТЕКИ ПРОТОКОЛОВ MIWI И ZIGBEE

Компания Microchip, являясь членом ZigBee Альянса, предлагает сертифицированную ZigBee-совместимую платформу (ZigBee Compliant Platform, ZCP) для стеков протоколов ZigBee PRO, ZigBee RF4CE и ZigBee Residential. ZigBee-совместимая платформа — это хорошая отправная точка для начала разработки продуктов, совместимых и соответствующих спецификации ZigBee.

ZigBee-совместимая платформа состоит из соответствующих стандартам IEEE 802.15.4 трансиверов и модулей MRF24J40/MA/MB, микроконтроллеров семейств PIC18, PIC24, dsPIC и PIC32, а также сертифицированных стеков протоколов.

Компания Microchip предоставляет ZigBee Smart Energy Profile (SEP), который, наряду со Smart Energy Profile, включает стек ZigBee PRO и библиотеку ZigBee Cluster Library. Используя предоставляемый Microchip профиль Smart Energy Profile, разработчики получают легкий способ разработки приложений для реализации беспроводных домашних сетей для контроля и учета расхода ресурсов и управления умной бытовой техникой.

Для приложений, требующих простой связи между двумя устройствами, и которым не нужно создание полнофункциональной Mesh-сети, ZigBee предлагает стандарт ZigBee RF4CE. Реализация протокола ZigBee RF4CE требует меньшего объема памяти от управляющего микроконтроллера и, соответственно, такие устройства имеют меньшую стоимость. Протокол стандарта ZigBee RF4CE предоставляет возможность создавать универсальные, независимые от производителя бытовые приборы с беспроводной радиосвязью, такие как пульты управления аудио- и видеоаппаратурой, пульты управления системой «умный дом» и т. п. (табл. 4).

**Таблица 4. Требования к ресурсам микроконтроллера ZigBee RF4CE**

Программное обеспечение	Память программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	EEPROM, байт
ZigBee RF4CE: - управляемый прибор - контроллер (пульт)	16 14	1,5	256
ZigBee Remote Control (ZRC) профиль	2		



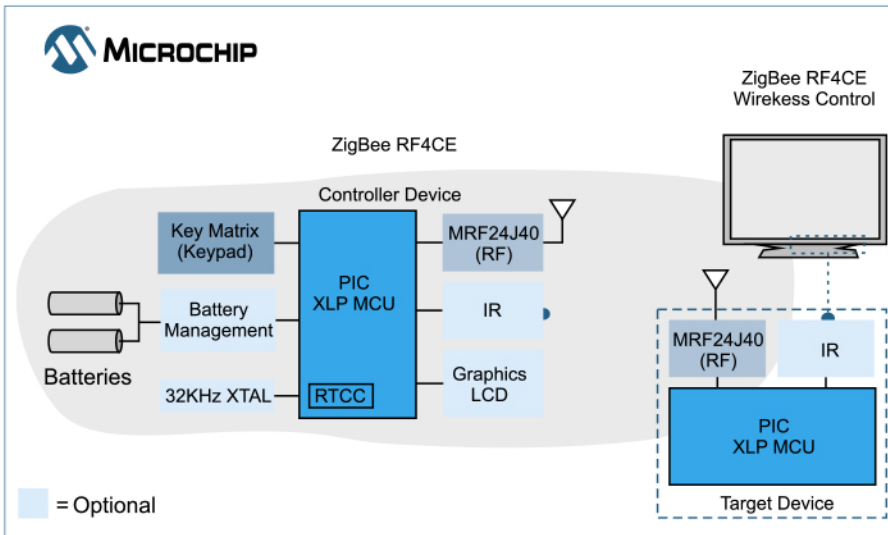


Рис. 3. Структура платформы ZigBee RF4CE

Компания Microchip предлагает ZigBee RF4CE-совместимую платформу: совместимый программный стек ZigBee RF4CE, микропотребляющие микроконтроллеры PIC, трансиверы и готовые модули диапазона 2,4 ГГц (рис. 3).

Реализация протокола типа «точка-точка», соответствующая спецификации ZigBee RF4CE, занимает всего лишь 16 килобайт памяти программ, что позволяет реализовать данный протокол на дешевых микроконтроллерах, а технология энергосбережения NanoWatt XLP помогает разработчикам создать пульты управления с большим сроком службы от одного комплекта батарей.

Еще одна часть ZigBee совместимой платформы, предлагаемой Microchip, это сертифицированный стек ZigBee 2006, который может быть запущен на контроллерах семейств PIC18, PIC24 и dsPIC, и позволяет выходить на связь в диапазоне частот 2,4 ГГц с помощью трансиверов и готовых модулей MRF24J40. Бесплатная реализация стека ZigBee 2006 полностью соответствует спецификации ZigBee, поддерживает топологии сети типа Mesh и «звезда» и доступна для скачивания с сайта компании Microchip. В помощь разработчикам предоставляется описание по применению AN1232 и полные исходные коды программной реализации. Как дополнительное решение для задач, не требующих функционала ZigBee-решений, компания Microchip предлагает собственный стек протоколов MiWi, основные преимущества которого заключены в отсутствии необходимости сертификации в ZigBee и дополнительных отчислений, простоте реализации, меньшем объеме программной памяти микроконтроллеров и, соответственно, меньшей стоимости реализации.

Компания предлагает целый набор для реализации MiWi — MiWi™ Development Environment (MiWi DE) (рис. 4). Пакет включает поддержку собственных радиочастотных протоколов Microchip — MiWi™ Mesh и MiWi P2P.

Пакет MiWi DE состоит из двух уровней:

- MiApp. Используя его, разработчик может легко переключаться между различными беспроводными протоколами MiWi Mesh и MiWi P2P без изменений в программном обеспечении микроконтроллера.
- MiMAC. С его помощью разработчик может управлять трансиверами с различными частот-

ными диапазонами вне зависимости, есть или нет в трансивере аппаратная поддержка MAC-уровня: MRF24J40 (2,4 ГГц) или MRF49XA и MRF89XA (диапазон 433–868–930 МГц).

Основные преимущества MiWi DE — это простота разработки готовых приложений и легкость портирования приложений между различными трансиверами Microchip и различными беспроводными протоколами, в зависимости от требований задачи, практически без изменения программного кода (табл. 5).

Таблица 5. MiWi Development Environment

Поддерживаемые протоколы	Уровни интерфейса	Поддерживаемые трансиверы
MiWi Mesh MiWi P2P	MiApp MiMAC	MRF24J40 MRF89XA MRF49XA

Подробное описание стека MiWi Mesh можно найти в заметке по применению AN1066 — *MiWi Wireless Networking Protocol Stack*.

Стек протокола MiWi P2P может быть использован в различных областях, таких как мониторинг и управление промышленными устройствами, системы «умного дома», автоматизация процессов,

удаленное управление, в малопотребляющих беспроводных сетях датчиков, для управления освещением, удаленного считывания данных со счетчиков и т.д. Он поддерживает топологии равноправных узлов и «звезда». Для PIC-микроконтроллеров код стека составляет 3 килобайт. Таким образом, стек позволяет быстро и легко заменить проводные соединения типа RS-232/RS-432 в тех случаях, когда возникает такая необходимость, а также позволяет быструю смену рабочего частотного радиодиапазона в случае необходимости обеспечить требуемую дальность работы радиоканала на более чем ста доступных микроконтроллерах. Также стек MiWi P2P обеспечивает режим ожидания (Sleep) узла сети, активное сканирование и детектирование уровня несущей, что позволяет создать надежную связь для малопотребляющих устройств с батарейным питанием. Подробное описание стека MiWi P2P, а также исходные коды программы можно найти в заметке по применению AN1204 — *Microchip MiWi P2P Wireless Protocol*.

Бесплатные стеки протоколов ZigBee, MiWi Mesh и MiWi P2P поддерживаются анализатором беспроводных сетей ZENA. Zena Network Analyzer — это программно-аппаратный набор из платы, подключаемой по USB к персональному компьютеру и программного обеспечения, наглядно показывающего топологию и прохождение пакетов в исследуемой беспроводной сети. Программное обеспечение Zena содержит инструменты для создания конфигурации и скрипта линкера в зависимости от требований пользовательского приложения. Демонстрационная версия ПО Zena является частью бесплатного стека протоколов ZigBee и MiWi и позволяет создавать исходные коды программы под конкретную пользовательскую задачу и анализировать предварительно записанный сетевой трафик. Полнофункциональная версия работает с платой, которая анализирует радиочастотный трафик и связывается с компьютером по USB-интерфейсу. Плата позволяет захватывать и анализировать в реальном времени сетевые пакеты ZigBee и MiWi-сетей, а использование фильтров пакетов и адресов устройств позволяет гибко конфигурировать отображаемые пакеты для легкого поиска нужной информации:

- Оптимизация размера кода за счет включения в стек только самых необходимых функций.

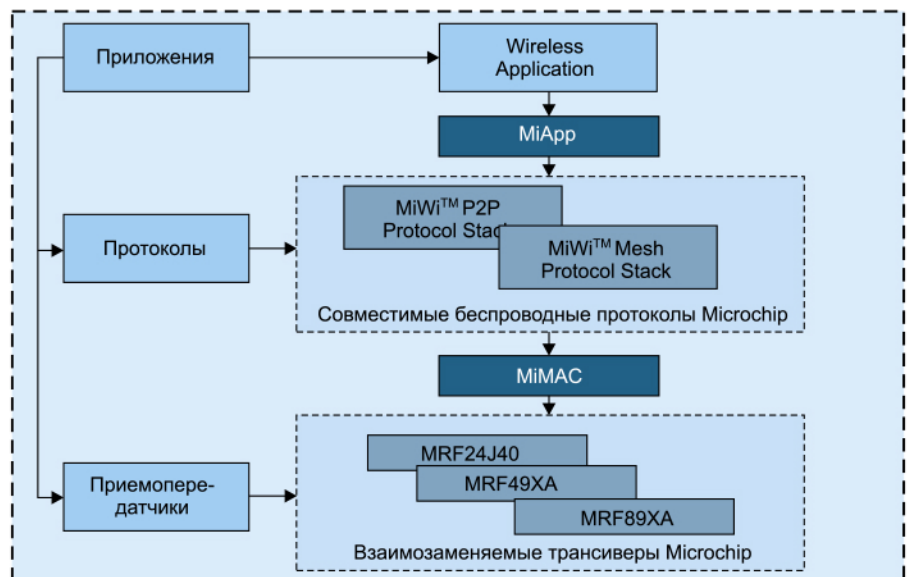


Рис. 4. Стек беспроводных протоколов Microchip MiWi

- Уменьшает время разработки благодаря простому взаимодействию со стеком.
- Окно конфигурации сети позволяет в реальном времени отслеживать трафик и пути прохождения данных между узлами сети.
- Весь трафик может быть записан в файл для последующего анализа сетевого трафика.

Инженеры могут использовать демонстрационный набор PICDEM Z Demonstration Kit (DM163027-5) с любым из трех стеков и модулем приемопередатчика MRF24J40MA. Набор включает две материнские платы с микроконтроллером PIC18LF4620, две дочерние радиочастотные платы, полнофункциональный анализатор сетей ZENA Network Analyser и утилиту настройки беспроводных сетей.

### Программный драйвер

Для упрощения разработки и проверки беспроводных протоколов в устройствах на базе приемопередатчиков, компания Microchip предоставляет пакет программных драйверов. Программный драйвер отладки радиоканала предоставляет инженерам платформу для тестирования и разработки устройств с применением приемопередатчиков MRF49XA, MRF89XA и MRF24J40, а так же модулей, выполненных на их основе.

Программный драйвер отладки радиоканала может использоваться для тестирования возможностей передачи, приема и режима энергосбережения трансиверов, а так же для тестирования различных способов модуляции и перестройки частоты посредством управления с компьютера через интерфейс командной строки или графического меню пользователя. Помимо тестирования свойств трансиверов разработчик получает возможность тестирования собственных модулей и антенн.

Основные возможности:

- конфигурация трансиверов;
- отправка и прием данных;
- режим сниффера сетевого трафика;
- программирование регистров трансиверов;
- перевод приемопередатчика в режим Sleep;
- Ping-Pong Test с возможностью установки размера пакета;
- тест на частоту появления ошибок в пакетах (PER Test) с возможностью установки размера пакета;
- режим генерации гармонического колебания (CW mode);
- режим приема без FIFO;
- установка рабочей частоты, полосы пропускания и девиации частоты;
- установка скорости передачи данных (TX Data Rate), задержки при передаче пакета;
- включение/выключение функции индикатора данных на выводе INT/DIO;
- установка коэффициента усиления усилителя (LNA Gain);
- установка порога RSSI;
- установка выходной мощности.

Программный драйвер может быть запущен на отладочных платах PIC18 Explorer (используется микроконтроллер PIC18F87J11) или Explorer 16 (PIC24F128GA010) при подключении к ним соответствующих дочерних плат (табл. 3): MRF89XA RF transceiver (номера для заказов AC164138-1 для диапазона 868 МГц и AC164138-2 для 915 МГц), MRF49XA PICtail™/PICtail Plus Daughter Board (номера для заказа AC164137-1 — для диапазона

433,92 МГц и AC164137-2 для 868/915 МГц), PICDEM Z MRF24J40 2.4 GHz Daughter Card (номер для заказа AC163027-4). Отладочные платы подключаются к компьютеру через последовательный COM-порт и управляются через гипертерминал. Исходные коды программных радио-драйверов и описание работы с ним можно скачать с сайта компании Microchip [1], таким образом, разработчик имеет возможность предусмотреть возможность использования радиодрайверов в своем устройстве

### Стек протоколов Bluetooth®

Для решений, 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, примеры работы с которым можно скачать с сайта Microchip <http://www.microchip.com/Bluetooth>. 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.

Для начала разработок с использованием Bluetooth® стека, предлагается оценочный комплект Microchip Bluetooth® Evaluation Kit (номер для заказа DM183036). Оценочный комплект содержит дочернюю плату Bluetooth® PICtail™ Plus и два процессорных модуля на базе контроллеров PIC24FJ256GB110 и PIC32MX795. Оба модуля предварительно запрограммированы программой, демонстрирующей работу стека и профиля SSP. Для начала изучения работы Bluetooth® стека понадобится отладочная плата.

Спецификация Bluetooth® стека:

- Написан на ANSI C.
- Поддержка Bluetooth спецификации версий 1.2, 2.0, 2.1, +EDR.

Поддерживаемые профили:

- SPP, HID, HFP, Headset, Simple Secure Pairing, FTP, HDP, PBAP
- A2DP, wireless A2DP (скоро).

### ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКИ IEEE 802.11 — МОДУЛИ WI-FI

Для подключения к сети Wi-Fi Microchip предлагает специализированные Wi-Fi модули для встраиваемых систем.

Однокристалльные решения, соответствующие спецификации IEEE 802.11B, включают MAC-уровень, радиочастотную часть и усилитель мощности. Предлагаются несколько вариантов Wi-Fi модулей: ZG2100M и его усовершенствованный вариант MRF24WB0MA (оба модуля имеют интегрированную печатную антенну) и ZG2101M и MRF24WB0MB (имеют uFL-коннектор для подключения внешней антенны рис. 5).

Основные особенности Wi-Fi-модулей:

- скорость передачи данных 1 или 2 Мбит/с;
- совместимость со стандартами 802.11B/G и 802.11n draft 2.0;
- сверхмалое потребление, энергосберегающий режим Sleep;
- API для удобства работы, ОС не требуется;



Рис. 5. Внешний вид модуля Wi-Fi MRF24WB0M

- печатная антенна с возможностью подключения внешней;
- аппаратная поддержка шифрования AES и RC4 (WEP, WPA, WPA2);
- связь с контроллером — SPI-ведомый с поддержкой прерываний;
- диапазон питающих напряжений от 2,7 до 3,6 В;
- 21,31-мм 36-выводный корпус для планарного монтажа;
- сертификат FCC, IC, Wi-Fi;
- последовательный интерфейс для трассировки (UART).

Готовый бесплатный стек протоколов TCP/IP от Microchip включает программный драйвер для совместной работы Wi-Fi модулей с большинством 8-, 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров и контроллеров цифровой обработки сигналов dsPIC. Недорогие Wi-Fi модули семейства ZG2100 и MRF24WB0M позволяют разработчикам значительно увеличить функциональность своих систем путем добавления беспроводной Wi-Fi связи. Они имеют невысокую стоимость и низкое энергопотребление.

### НИЗКОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ

Модули ZG2100 и MRF24WB0M имеют встроенную аппаратную и программную поддержку управления питанием, необходимую для создания микропотребляющих Wi-Fi устройств работающих от батарей. Технологии сохранения энергии, примененные как в модулях Wi-Fi, так и в микроконтроллерах PIC, позволяют использовать Wi-Fi связь для широкого класса приложений. Модули Wi-Fi автоматически снижают свое потребление без вмешательства управляющего микроконтроллера, который может находиться в режиме сохранения энергии до тех пор, пока Wi-Fi модуль не подготовит для него пакет принятых данных. Модули автоматически переходят в режим сохранения энергии в интервалах между приемом и передачей пакетов и быстро «просыпаются» при приеме пакетов. Таким образом, режимы сохранения энергии позволяют обеспечить работу батарейных Wi-Fi устройств до 10 лет при ежедневных сеансах связи.

### БЫСТРЫЙ СТАРТ

Готовые библиотеки позволяют разработчикам быстро освоить Wi-Fi технологии и интегрировать Wi-Fi в свои системы на базе PIC-микроконтроллеров. Предоставляемая компанией Microchip программная и аппаратная поддержка позволяет быстро и с минимальными затратами освоить Wi-Fi технологии, а также, при необходимости, легко заменить проводной канал Ethernet на беспроводной с минимальными изменениями в функ-



циональной части устройства. Модули семейства ZG2100 и MRF24WB0M разработаны для применения во встраиваемых системах и требуют минимальных ресурсов от управляющего микроконтроллера как по памяти, так и по времени обработки.

Интегрированная поддержка шифрования облегчает создание защищенных сетей WEP/WPA/WPA2. Интегрированный MAC-уровень и поддержка шифрования требуют минимальных ресурсов от управляющего микроконтроллера: до 2,8 кбайт RAM и менее чем 10 кбайт памяти программ.

С сайта [2] доступны для скачивания следующие библиотеки и примеры применения:

- Бесплатный TCP/IP-стек с поддержкой Wi-Fi (для микроконтроллеров PIC18, PIC24 и PIC32) и готовые примеры (WiFi DemoApp, WiFi Console DemoApp, WiFi EasyConfig Demo под различные демо-платы).

## MCW1001A — СОПРОЦЕССОР ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ WI-FI МОДУЛЯ MRF24WB0

Микросхема MCW1001A это сопроцессор для модуля Wi-Fi трансивера MRF24WB0M, который предоставляет простой метод передачи и приема данных от модуля MRF24WB0M стандарта 802.11. Микросхема MCW1001A содержит встроенный TCP/IP стек. После начальной конфигурации микросхема MCW1001A через модуль MRF24WB0M подсоединяется к Wi-Fi сети, может посылать и принимать данные через простой UART-интерфейс.

Особенности MCW1001A:

- поддержка BSD подобного подключения к сетям;
- встроенная поддержка Wi-Fi простое обнаружение и подключение к сети;
- соединение с помощью UART;

- 8 выводов порта общего назначения;
- миниатюрный 28-выводный корпус SSOP.

## 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. ■

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.microchip.com/wireless](http://www.microchip.com/wireless)
2. [www.microchip.com/WiFi](http://www.microchip.com/WiFi)
3. [www.microchip.com/ZigBee](http://www.microchip.com/ZigBee)

# РЕШЕНИЯ MICROCHIP ДЛЯ СЕТЕЙ ETHERNET И WI-FI

## ВВЕДЕНИЕ

Сетевые технологии, появившиеся с широким распространением персональных компьютеров, находят себе применение в различных областях электроники. Причем во многих случаях разработчики отказываются от применения дорогих и избыточных персональных компьютеров, переложив выполняемые задачи на микроконтроллеры. Сетевые технологии внедряются в массовые изделия, туда, где раньше применялись лишь специализированные приборные интерфейсы типа RS485 или аналогичные. Наиболее активно растет рынок устройств, использующих в качестве канала связи наиболее популярные в компьютерных приложениях проводную сеть Ethernet и беспроводную — Wi-Fi.

В данной статье рассматриваются продукция и программные решения Microchip для создания встроенных систем с выходом в компьютерную сеть, а именно:

- Бесплатный стек протоколов TCP/IP:
  - Поддержка всех 8- (PIC18), 16- (PIC24) и 32-битных (PIC32) микроконтроллеров и контроллеров цифровой обработки сигнала (dsPIC).
  - Драйвер для работы с ENC28J60, ENC24J600 и ZG2100M.
  - Включает протоколы ARP, IP, ICMP, UDP, TCP, DHCP, SNMP, HTTP (+CGI), FTP, TFTP, SNMP, SNTP.
  - Поддержка шифрования (SSL), включая алгоритмы TDES, AES, XTEA, SKIPJACK и алгоритм псевдослучайной перестановки битов.
  - Поддержка службы сопоставления NetBIOS.
  - Поддержка DNS.
  - Поддержка BSD-сокеты API.
  - Технология развертывания сети (Ethernet Device Discovery).
- Автономные 100 Мбит Ethernet-контроллеры ENC24J600 с аппаратной поддержкой уровней MAC, PHY и SSL (встроенный модуль шифрования),

и фабрично запрограммированным уникальным MAC-адресом, зарегистрированным в IEEE, полное соответствие спецификации IEEE. 802.3.

- Автономный 28-выводный 10 Мбит Ethernet-контроллер ENC28J60, полностью соответствующий спецификации IEEE. 802.3, поддерживающий уровни PHY и MAC.
- Микроконтроллеры PIC18FxxJ6x с интегрированным модулем Ethernet, включающим уровни MAC и PHY, полное соответствие спецификации IEEE. 802.3;
- Микросхемы EEPROM-памяти с фабрично запрограммированным уникальным MAC-адресом, зарегистрированным в IEEE.
- Микропотребляющий приемопередатчик Wi-Fi для планарного монтажа ZG210xM (совместный проект с компанией ZegoG) с фабрично запрограммированным уникальным MAC-адресом, зарегистрированным в IEEE, аппаратной поддержкой шифрования на базе AES, RC4 (WEP, WPA, WPA2), полное соответствие спецификации IEEE 802.11b.

## СТЕК ПРОТОКОЛОВ MICROCHIP TCP/IP

Итак, с чего следует начать при реализации выхода в компьютерную сеть микроконтроллерных устройств? Прежде всего, с определения требуемых стандартных протоколов TCP/IP и физического уровня передачи информации (проводной Ethernet, или беспроводной Wi-Fi).

Написание программы микроконтроллера, обеспечивающую работу сетевых протоколов в строгом соответствии с требованиями RFC (стандарты Интернета) — задача трудоемкая и в большинстве случаев неоправданная. Подобное «изобретение велосипеда» в мире современной электроники, где зачастую одним из определяющих факторов является время выхода конечного устройства на рынок, нецелесообразно. Поэтому для всех PIC-контроллеров компания

Microchip предоставляет бесплатный стек протоколов TCP/IP с открытым исходным кодом. А для удобства и ускорения процесса разработки к нему прилагается наглядный и простой для понимания мастер по настройке TCP/IP-стека, который позволяет построить оптимальную конфигурацию для конкретной задачи и задействовать только востребованные протоколы. Это очень актуально с точки зрения рационального использования памяти контроллера.

Изначально сетевые протоколы разрабатывались для персональных компьютеров и ЭВМ, имеющих большой объем памяти и высокую производительность и использующих многозадачные операционные системы. При разработке стека для микроконтроллера, который не имеет столь выдающихся характеристик, стояла задача получить компактное и надежное решение, использующее минимальный объем памяти программ и данных. Программисты Microchip справились с этой задачей, ценой некоторых ограничений, которые в большинстве случаев для встроенных систем не критичны. Объем памяти программ, требуемый для работы стека, в среднем составляет 30 кбайт и зависит от используемых протоколов.

Стек протоколов TCP/IP от Microchip имеет классическую четырехуровневую структуру. Нижний, физический/канальный уровень (Physical/Data Link Layer, то есть Ethernet или WiFi) обеспечивается аппаратно. Программный TCP/IP стек для PIC-микроконтроллеров поддерживает ряд протоколов на уровне приложений (Application Layer Protocols) и имеет модульную структуру, поэтому разработчику не требуется досконально разбираться во всех уровнях работы стека, достаточно обращаться к одному из необходимых верхних уровней.

Работа стека реализована на кооперативной (невывесной) многозадачности в виде конечного автомата. Этот тип многозадачности наименее требователен к ресурсам вычислительной системы.

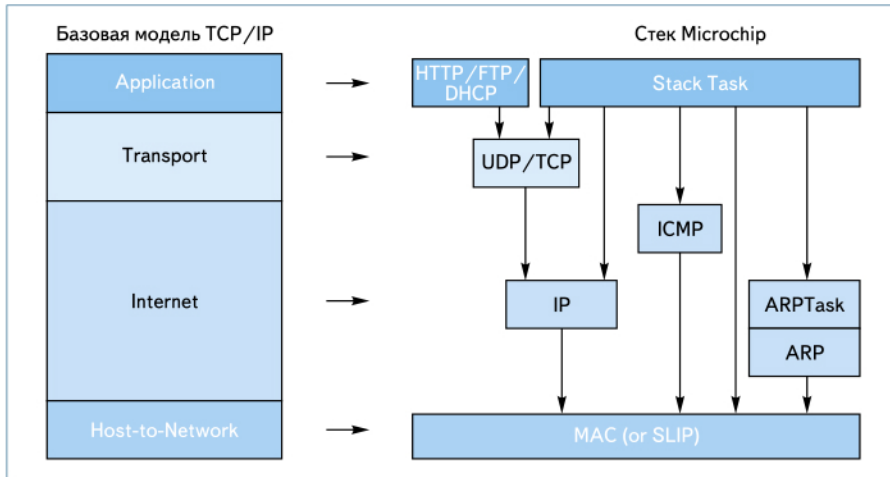


Рис. 1. Сравнение стека протоколов TCP/IP и структуры Microchip

Уровни MAC и PHY обеспечиваются аппаратно, для связи с которыми в стеке предусмотрен программный драйвер.

Протокол IP работает в пассивном режиме, то есть обрабатывает пакеты по запросам с других уровней. Уровень TCP является важным и основным уровнем в стеке, именно в нем реализован конечный автомат обработки пакетов. Сам уровень выполняется как кооперативный процесс, что позволяет развязать работы стека и прикладной программы.

Поддерживается от 2 до 253 сокетов, максимальное количество ограничено объемом свободной памяти данных — для работы каждого отдельного сокета требуется около 36 байт. Для минимизации объема занимаемой памяти данные всех сокетов хранятся в одном буфере. Если один сокет использует буфер, то остальные сокет блокируются. При конфигурировании стека критичным является размер буфера — недостаточный размер буфера может привести к блокировке сокетов и зависанию работы стека. В рамках TCP также реализована поддержка подтверждений и повторной передачи. Это увеличивает достоверность передачи данных, но значительно снижает скорость. Существует возможность отключения подтверждений и, соответственно, увеличения скорости обмена. Для приложений, где скорость передачи критичнее (и скорости TCP недостаточно), чем надежность, предусмотрена возможность использования UDP в качестве транспорта.

При выходе в общедоступные компьютерные сети остро встает вопрос обеспечения информационной безопасности. Именно для этого в TCP/IP стеке предусмотрен дополнительный уровень — уровень защищенных сокетов (SSL), который обеспечивается специальными криптографическими протоколами. Вкупе с бесплатной библиотекой шифрования данных от Microchip, поддерживающей алгоритмы DES (TDES), AES, XTEA, SKIPJACK и простейший алгоритм шифрования, на базе генератора псевдослучайной двоичной последовательности, TCP/IP стек, с широким набором поддерживаемых сетевых протоколов, оптимизированных под PIC-микроконтроллеры, позволяет реализовать целый ряд устройств различного назначения с выходом в Ethernet/WiFi-сети.

Подробное описание всех протоколов и ряд примеров их применения, таких как Internet-радио с MP3-декодером, Web-сервер с динамическим обновлением страниц, выход в сеть через PPP и многие другие, можно бесплатно скачать на сайте [www.microchip.com/tcpip](http://www.microchip.com/tcpip).

## ПРОВОДНАЯ ETHERNET-СЕТЬ

Для выхода в Ethernet-сеть Microchip предлагает следующие решения:

- Автономный 10Base-T Ethernet контроллер ENC28J60.
  - Стек протоколов TCP/IP от Microchip включает программный драйвер ENC28J60 для совместной работы с большинством 8-, 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров и контроллеров цифровой обработки сигналов dsPIC.
  - Связь с микроконтроллером по SPI (до 20 МГц).
  - Поддержка Unicast, Multicast и Broadcast пакетов, программируемая возможность пробуждения контроллера по формату принятого пакета, включая Magic Packet, Unicast, Multicast, Broadcast, специфической маски или любого пакета.
  - Реализованы и MAC и PHY уровни, то есть требуется минимум внешних компонентов — только разъем RJ-45 с интегрированным трансформатором.
  - Контроллер полностью соответствует спецификации IEEE 802.3 и полностью совместим с сетями 10/100/1000Base-T
  - Диапазон питающих напряжений от 3,1 до 3,6 В.
  - Индустриальный температурный диапазон (–40...+85 °C)
  - 28-выводные корпуса SOIC, SPDIP, SSOP, QFN (6x6 мм).
- Микроконтроллеры PIC18FxxJ6x с интегрированным Ethernet-контроллером — наиболее дешевое, компактное и надежное решение, позволяющее получить доступ к Ethernet-сети.

- Встроенный Ethernet-контроллер полностью аналогичен ENC28J60 Си обладает аналогичными характеристиками.
- 64/80/100-выводные TQFP-корпусах.
- Индустриальный температурный диапазон (–40...+85 °C)
- Диапазон питающих напряжений от 2 до 3,6 В.
- Поддерживается TCP/IP стеком от Microchip.
- Автономный 100Base-T Ethernet контроллер ENC424J600/424J600.
  - Стек протоколов TCP/IP от Microchip включает программный драйвер ENCx24J600 для совместной работы с большинством 8-, 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров и контроллеров цифровой обработки сигналов dsPIC.
  - Связь с микроконтроллером по SPI (до 14 Мбит/с) или PMP (для ENC424J600 — 8-битный мультиплексированный PMP, для ENC624J600 — 8/16-битный мультиплексированный/демультиплексированный PMP).
  - Фабрично запрограммированный уникальный MAC-адрес, зарегистрированный в IEEE.
  - Встроенный модуль шифрования (высокопроизводительный алгоритм модульного возведения в степень (до 1024-бит операнды), поддержка алгоритмов шифрования RSA, Диффи-Хеллмана, AES с 128-, 192- или 256-битным ключом, ECB, CBC, CFB, OFB, MD5, SHA-1).
  - Диапазон питающих напряжений от 3 до 3,6 В.
  - Индустриальный температурный диапазон (–40...+85 °C).
  - 44/64 выводные TQFP-корпуса.

Более подробная информация, примеры применения, документация и многое другое доступны на сайте [www.microchip.com/tcpip](http://www.microchip.com/tcpip).

В таблице 2 приведено сравнение производительности стека для различных программно-аппаратных конфигураций.

## БЕСПРОВОДНАЯ WI-FI-СЕТЬ

Для выхода в Wi-Fi сеть Microchip совместно с фирмой ZeroG Wireless представляют специализированный Wi-Fi-контроллер для встроенных систем.

- Стек протоколов TCP/IP от Microchip включает программный драйвер ZG2100M для совместной работы с большинством 8-, 16- и 32-битных PIC-микроконтроллеров и контроллеров цифровой обработки сигналов dsPIC.
- Однокристальное решение, соответствующее спецификации IEEE 802.11b, включая MAC-уровень, радиочастотную часть и усилитель мощности.
- Скорость передачи данных 1 или 2 Мбит/с.
- Совместимость со стандартами 802.11b/g и 802.11n draft 2.0.

Таблица 1. Микроконтроллеры PIC18FxxJ6x с интегрированным Ethernet-контроллером

МК	Flash-память прог., кбайт	Ethernet-буфер/ SRAM, кбайт	I/O	Каналов 10 бит АЦП	CCP/ EССP	SPI/ I <sup>2</sup> C	EUSART	TMR 8/16	PSP	Компараторы
PIC18F66J60	64	8/4	39	11	2/3	1	1	2/3	–	2
PIC18F66J65	96	8/4	39	11	2/3	1	1	2/3	–	2
PIC18F67J60	128	8/4	39	11	2/3	1	1	2/3	–	2
PIC18F86J60	64	8/4	55	15	2/3	1	2	2/3	–	2
PIC18F86J65	96	8/4	55	15	2/3	1	2	2/3	–	2
PIC18F87J60	128	8/4	55	15	2/3	1	2	2/3	–	2
PIC18F96J60	64	8/4	70	16	2/3	2	2	2/3	1	2
PIC18F96J65	96	8/4	70	16	2/3	2	2	2/3	1	2
PIC18F97J60	128	8/4	70	16	2/3	2	2	2/3	1	2



Таблица 2. Сравнение производительности стека для различных программно-аппаратных конфигураций

МК	MIPS	Контроллер сети	Интерфейс	Пропускная способность передачи в LAN (кбайт/с)				Пропускная способность передачи в Internet (100 мс ping), (оценочно кбайт/с)				Сетевой контроллер	Отладочные платы
				TCP (200 байт TX FIFO)	TCP (2000 байт TX FIFO)	TCP (8000 байт TX FIFO)	UDP	TCP (200 байт TX FIFO)	TCP (2000 байт TX FIFO)	TCP (8000 байт TX FIFO)	UDP		
PIC18F97J60	10	Встроенный 10BaseT	–	20	68	–	97	2	20	–	97	C18	PICDEM.net 2
PIC18F8722	10	ENC28J60	SPI, 10 МГц	13	40	–	55	2	20	–	55	C18	PIC18 Explorer, Ethernet PICtail
PIC24FJ128GA010	16	ENC28J60	SPI, 8 МГц	42	113	–	188	2	20	–	188	C30	Explorer 16, Ethernet PICtail Plus
dsPIC33FJ256GP710	40	ENC28J60	SPI, 8 МГц	62	155	–	238	2	20	–	238	C30	Explorer 16, Ethernet PICtail Plus
PIC32MX360F512L	80	ENC28J60	SPI, 20 МГц	109	267	–	417	2	20	–	417	C32	Explorer 16, Ethernet PICtail Plus
PIC18F8722	10	ENC624J600	SPI, 10 МГц	24	67	69	90	2	20	69	90	C18	PIC18 Explorer, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
PIC24FJ128GA010	16	ENC624J600	SPI, 8 МГц	61	154	157	297	2	20	80	297	C30	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
dsPIC33FJ256GP710	40	ENC624J600	SPI, 8 МГц	105	270	275	477	2	20	80	477	C30	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
PIC32MX360F512L	80	ENC624J600	SPI, 13,33 МГц	133	366	372	591	2	20	80	591	C32	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
PIC24FJ128GA010	16	ENC624J600	PSP Mode 5, PMP	113	301	321	819	2	20	80	819	C30	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
dsPIC33FJ256GP710	40	ENC624J600	PSP Mode 5, GPIO	250	681	711	1833	2	20	80	1833	C30	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
PIC32MX360F512L	80	ENC624J600	PSP Mode 5, PMP	302	893	949	1984	2	20	80	1984	C32	Explorer 16, Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus
PIC18F97J60	10	ZG2100M	SPI, 10,4 МГц	5	17	20	24	2	17	20	24	C18	PICDEM.net 2, ZeroG ZG2100M PICtail Plus
PIC24FJ128GA010	16	ZG2100M	SPI, 8 МГц	9	37	44	52	2	20	44	52	C30	Explorer 16, ZeroG ZG2100M PICtail Plus
dsPIC33FJ256GP710	40	ZG2100M	SPI, 8 МГц	11	57	86	70	2	20	80	70	C30	Explorer 16, ZeroG ZG2100M PICtail Plus
PIC32MX360F512L	80	ZG2100M	SPI, 20 МГц	12	59	88	71	2	20	80	71	C32	Explorer 16, ZeroG ZG2100M PICtail Plus

- Сверхмалое потребление, энергосберегающий режим Sleep.
- Скорость передачи данных 1 или 2 Мбит/с.
- API для удобства работы, ОС не требуется.
- Печатная антенна с возможностью подключения внешней.
- Аппаратная поддержка шифрования AES и RC4 (WEP, WPA, WPA2).
- Связь с контроллером — SPI slave interface с прерыванием.
- Диапазон питающих напряжений от 2,7 до 3,6 В.
- 21×31 мм 36-выводный двусторонний корпус для планарного монтажа.
- Сертифицировано FCC (USA, FCC ID: W70-ZG2100-ZG2101).
- Сертифицировано IC (IC: 8248A-G21ZEROG).
- Сертифицировано Wi-Fi.
- Последовательный интерфейс для трассировки (UART).

Полная документация и дополнительная информация на сайте [www.ZeroWireless.com](http://www.ZeroWireless.com).

## EEPROM-ПАМЯТЬ С MAC-ИДЕНТИФИКАТОРОМ

Компания Microchip начала производство последовательной EEPROM-памяти с фабрично запрограммированным уникальным MAC-адресом.

В каждой микросхеме памяти зашит индивидуальный номер соответствующий EUI-48 и EUI-64. Это уникальный MAC-адрес, выданный IEEE для идентификации сетевого оборудования, определяющий фактический физический адрес точки сети.

Для корректной работы устройства в сети (Ethernet, ZigBee и т. п.) оно должно обладать уникальным идентификационным MAC-адресом, который является физическим адресом узла в сетевом пространстве. Для небольших локальных сетей MAC-адреса

могут назначаться централизованно для данной сети, а для устройств, которые предназначены для выхода в глобальную сеть MAC-адреса выдаются и регистрируются IEEE для обеспечения их уникальности. Таким образом, производитель сетевого оборудования вынужден покупать у IEEE MAC-адреса для своего оборудования. IEEE предлагает 2 варианта:

- 4096 MAC-адресов за 550\$.
- 16.7М MAC-адресов за 1600\$.

Помимо расходов на закупку MAC-адресов, производитель должен также следить за распределением полученных MAC-адресов и программировать их в память устройства. Именно в таких

случаях EEPROM-память с MAC-идентификатором от Microchip будет незаменима.

## ОТЛАДОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### Internet Radio Demonstration Board (DM183033)

- Демонстрационная плата на базе контроллера PIC18F67J60 (рис. 2), который подключается к сайту потокового вещания (Интернет-радио) и передает данные MP3 на аудиодекодер.

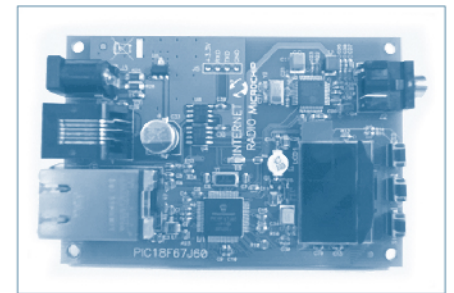


Рис. 2

### PICDEM.net 2 Development Board (DM163024)

- Демонстрационная плата, позволяющая ознакомиться с работой в Ethernet/Internet сетях (рис. 3). Для выхода в сеть позволяет использовать как внешний Ethernet-контроллер ENC28J60, так и PIC18F97J60 со встроенным контроллером.



Рис. 3

Таблица 3.

Обозначение микросхемы	25AA02E48	24AA02E48	11AA02E48
Протокол обмена	IC — 2 вывода	SPI — 4 вывода	UNI/O — 1 вывод
Объем памяти	2 кбит	2 кбит	2 кбит
Диапазон питания	AA [1,7–5,5 В]	AA [1,8–5,5 В]	AA [1,8–5,5 В]
Макс. частота тактирования	400 кГц	10 МГц	100 кГц
Реализация защиты от записи	Аппаратная защита половины памяти	¼ памяти посредством регистра Status	¼ памяти посредством регистра Status
Ток чтения/ожидание	1 мА/1 мкА	5 мА/1 мкА	3 мА/1 мкА
Циклов перезаписи	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Время хранения данных	200 лет	200 лет	200 лет
Температурный диапазон	–40...+85 °С	–40...+85 °С	–40...+85 °С
Корпус	8-SOIC, 5-SOT23	8-SOIC, 6-SOT23	8-SOIC, 3-SOT23

### Ethernet PICtail Plus Daughter Board (AC164123)

- Миниатюрная демоплата с Ethernet-контроллером ENC28J60 (рис. 4), подключаемая к Explorer16 Development Board (более подробно в статье по отладочным средствам данного каталога). Позволяет разработчику освоить стек протоколов TCP/IP для 16-битных контроллеров PIC24, 32-битных PIC32 и контроллеров цифровой обработки сигнала dsPIC33, работающих вкуче с 10 Мбит Ethernet-контроллером ENC28J60.

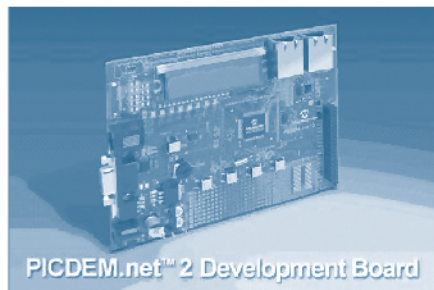


Рис. 4

### Ethernet PICtail Daughter Board (AC164121)

- Демонстрационная плата с Ethernet-контроллером ENC28J60 (рис. 5), подключаемая к 8-битному PIC18 Explorer Development Board (более подробно в статье по отладочным средствам

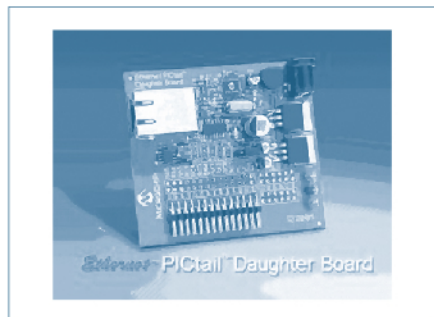


Рис. 5

данного каталога). Позволяет разработчику освоить стек протоколов TCP/IP для 8-битных микроконтроллеров PIC18, работающих вкуче с 10 Мбит Ethernet-контроллером ENC28J60.

### Fast 100Mbps Ethernet PICtail Plus Daughter Board (AC164132)

- Демонстрационная плата с Ethernet-контроллером ENC624J600 для выхода в 100 Мбит сеть (рис. 6), подключаемая к Explorer16, PIC18 Explorer, PIC32 Starter Kit и PICDEM. net 2 (более подробно в статье по отладочным средствам данного каталога). Предусмотрена возможность связи и по SPI и по 8/16 параллельному порту, как демультитексированному, так и мультиплексированному.

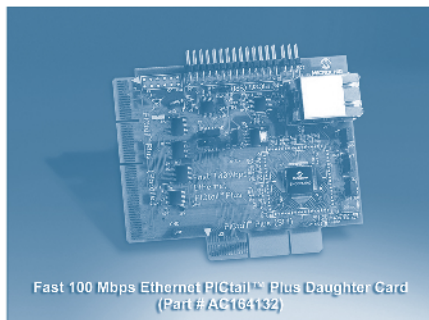


Рис. 6

Ко всем демонстрационным отладочным платам доступно подробное описание, документация, ПО, адаптированный под конфигурацию платы стек протоколов TCP/IP, полная электрическая схема и разводка.

### ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Microchip Tech. предоставляет подробные описания и примеры применения (как аппаратные, так и программные) по реализации различных

Таблица 4.

AN724	Using PICmicro MCU's to Connect to Internet via PPP
AN731	Embedding PICmicro MCU in the Internet
AN833	Microchip TCP/IP Stack Application Note
AN870	An SNMP Agent for the Microchip TCP/IP Stack
AN1108	Microchip TCP/IP Stack with BSD Socket API for PIC32MX
AN1120	Ethernet Theory of Operation
AN1128	TCP/IP Networking: Internet Radio Using OLED Display and MP3 Audio Decoder
AN953	Data Encryption Routines for the PIC18
AN1044	Data Encryption Routines for PIC24 and dsPIC* Devices

задач с выходом в Ethernet-сеть посредством PIC-микроконтроллеров (табл. 4).

Также Microchip Tech. предлагает рекомендации и учебные пособия по освоению встроенных систем с применением Ethernet-сетей (табл. 5).

Таблица 5.

Embedded Ethernet	Embedded Ethernet Made Easy — the PIC18F97J60
ENC28J60	Microchip's ENC28J60, World's Smallest Ethernet Controller
TCP/IP Part 1	TCP/IP Networking Part 1: Web-Based Status Monitoring
TCP/IP Part 2	TCP/IP Networking Part 2: Web-Based Control
TCP/IP Part 3	TCP/IP Networking Part 3: Advanced Web-Based Control

Компания Microchip постоянно расширяет возможности своих сетевых протоколов, отслеживая потребности современного мира электроники встроенных систем. Получить ответы на вопросы, советы и рекомендации всегда можно обратившись в специализированный отдел технической поддержки TCP/IP приложений Microchip через соответствующий раздел форума [www.forum.microchip.com](http://www.forum.microchip.com), либо посредством сайта технической поддержки [www.support.microchip.com](http://www.support.microchip.com). ■

## СИСТЕМА ARDUINO

### В ОБЩИХ ЧЕРТАХ О ARDUINO

Проект Arduino стартовал в 2005 г. в городе Иврея (Италия), и был разработан как более дешевое решение, для управления интерактивными проектами студентов. Основателями Arduino являются Massimo Banzi и David Cuartielles, а название проект получил в честь короля Италии (Arduin of Ivrea). Сегодня Arduino — это открытая электронная отладочная платформа, для быстрой разработки электронных устройств. Основу Arduino составляет простая плата ввода/вывода на микроконтроллере и среда разработки, для написания программного обеспечения. Благодаря своему удобству и простоте языка программирования, Arduino давно уже завоевал популярность во всем мире, как у новичков, так и у профессиональных радиолюбителей, дизайнеров и робототехников. Устройства на базе Arduino программируются через USB без использования отдельных программаторов.

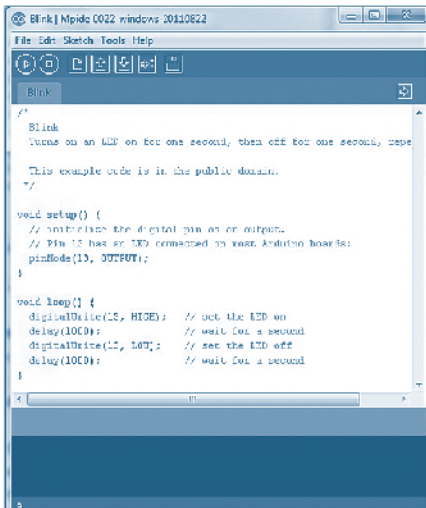
Arduino в основном используется для разработки интерактивных устройств с возможностью взаимодействия с различными цифровыми и аналоговыми датчиками, а также для управления светом, моторами, и другими физическими объектами. Устройства Arduino могут быть как автономными, так и могут подключаться к программному обеспечению, выполняемому на компьютере. Плату для Arduino можно заказать уже в готовой сборке, или собрать ее самому. Разводки печатных плат и список компонентов можно найти в открытом доступе на сайте проекта Arduino.

### ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАННАЯ СРЕДА РАЗРАБОТКИ ARDUINO

Среда разработки Arduino это кроссплатформенное open-source приложение на Java, которое выпускается под лицензией GPL. Она поставляется вместе с платами Arduino или скачивается с интернета аб-

солютно бесплатно. Для начала разработки устройства на Arduino вам понадобятся только сама плата и среда разработки. Все устройства на базе Arduino программируются через встроенный в плату USB-порт и не требуют отдельных программаторов. Программа в среде разработки Arduino называется скетч. Сам язык программирования очень похож на Си, собственно говоря, это и есть Си, который дополнен библиотеками проекта Wiring. С этими библиотеками большинство операций с периферийными устройствами, портами ввода/вывода и прочие операции программируются значительно легче, чем без них. В каждом скетче, написанном в среде разработки Arduino, должны обязательно присутствовать 2 функции: `setup()` и `loop()`. Первая функция выполняется лишь один раз, и служит для инициализации всех настроек. Как видно из названия второй функции, она выполняется постоянно, до тех пор, пока есть питание, и является основным циклом программы.



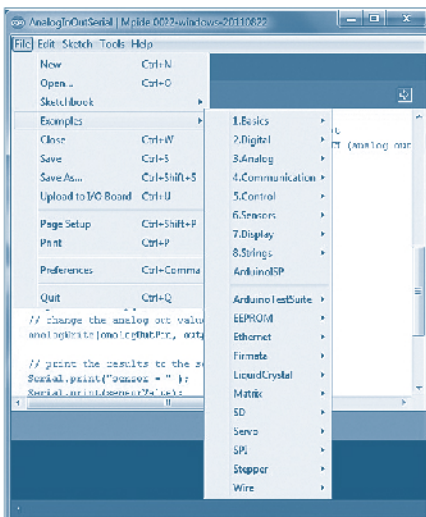


Интерфейс среды разработки Arduino очень простой (рис 1), и разобраться с ним не составит труда. Основной частью среды разработки является текстовый редактор, в котором пишется код программы. Чуть выше текстового редактора имеется панель инструментов, на которой расположены самые необходимые для работы кнопки, с помощью которых можно скомпилировать, создать, загрузить или сохранить скетч, перепрошить устройство, а также открыть монитор последовательной шины. Еще повыше расположены вкладки с разными функциями и настройками.

Основное преимущество среды разработки Arduino — абстрагирование от железа. Программа напрямую оперирует с выводами платы, а не с регистрами микроконтроллера, то есть одну программу можно запросто переносить с одной платформы Arduino на другую практически без изменений в коде.

Второе большое преимущество программирования в среде Arduino — это простота использования АЦП, ЦАП, таймеров, ШИМ и других периферийных устройств микроконтроллера. Например, для работы с АЦП, достаточно написать всего одну строку кода "sensorValue = analogRead (analogInPin);", при этом все остальные настройки АЦП берут на себя библиотеки, которые включены в среду разработки. Нам совсем не обязательно знать, как настраивается и работает то или иное периферийное устройство, мы просто пишем программу и получаем результат.

Платформа Arduino идеально подходит для начинающих разработчиков, но при своей простоте она



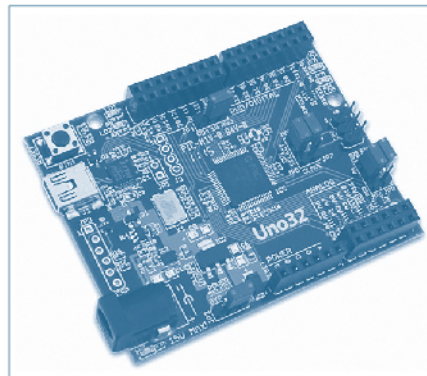
имеет огромные возможности. В среде разработки (рис 2), а также на сайте проекта имеется большое количество примеров, которые рекомендуется изучить перед началом программирования для Arduino.

## MICROCHIP CHIPKIT™ ОТЛАДОЧНАЯ ПЛАТФОРМА СОВМЕСТИМАЯ С ARDUINO

23 мая 2011 г. компании Microchip Technology Inc. и Digilent произвели переворот в сообществе Arduino, анонсировав новые отладочные платформы chipKIT UNO32™ и MAX32™. Дело все в том, что эти платформы созданы на микроконтроллерах фирмы Microchip Technology — PIC32, на ядре MIPS® M4K 32-bit. Ранее сообщество Arduino было ограничено лишь 8-битными контроллерами.

ChipKIT UNO32™ и MAX32™ были разработаны, чтобы показать быстроту и функциональность 32-битных микроконтроллеров. Основное внимание уделяется тому, что работая с 32-битной платформой, пользователь мог использовать, написанные ранее для 8-битных платформ проекты, без их модификации или с минимальной модификацией. Обе платформы chipKIT™ полностью совместимы с уже имеющимися 3,3 и 5-В расширениями (shields) Arduino. Плюс ко всему этому имеется полная совместимость со всеми ресурсами Arduino, будь то примеры кода, библиотеки или мануалы. ChipKIT™ платформы можно программировать и отлаживать как в среде MPIDE (измененная Arduino IDE, и полностью с ней совместима), так и в Microchip MPLAB®IDE.

### ChipKIT UNO32™



Платформа ChipKIT UNO32™ (рис 3) выполнена на мощном микроконтроллере PIC32MX320F128H фирмы Microchip Technology. Она совмещает в себе быстроедействие контроллеров серии PIC32 и полную совместимость с отладочной платформой Arduino, а также с ее расширениями. UNO32™ оснащена последовательным интерфейсом USB для подключения ее к среде разработки.

Спецификации:

- Микроконтроллер: PIC32MX320 F128H
- Тактовая частота: до 80 МГц
- Flash память программ: 128 кбайт
- SRAM память: 16 кбайт
- Рабочее напряжение: 3,3 В
- Входное напряжение: от 7 до 15 В (максимум 20 В)
- Сила тока на 1 ножку: ±18 мА
- Рабочая температура: от -40 до +105 °С
- Порты ВХОДА/ВЫХОДА: 42 шт.
- Посл. интерфейсы: SPI™, UART, I²C
- АЦП: 16 каналов, 10-бит
- Таймеры: 16-бит, 5 шт.

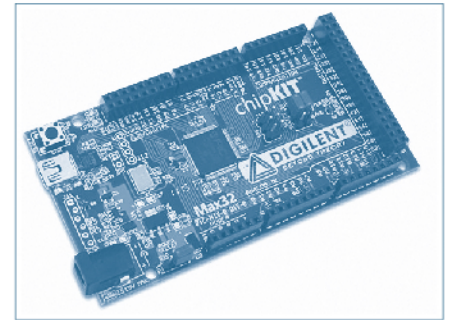
### Питание платформы

Питание платформы может идти непосредственно от USB-порта, или от внешнего источника питания. Если подключены оба источника питания, то автоматически используется внешний источник.

ChipKIT UNO32™ имеет в наличие 2 стабилизатора напряжения NCP1117 и MCP1725. Первый стабилизирует напряжение от внешних источников питания, второй дает питание контроллеру. Входное напряжение NCP1117 в диапазоне от 7 до 15 В (максимум 20 В), выходное 5 В с током до 1 А. 5 В используется для питания MCP1725, а также для питания 5-В расширений Arduino. При подключении внешнего стабилизированного 5 В источника питания к UNO32™ стабилизатор NCP1117 нужно отключить, поставив переключку JP2 в позицию BYP.

На вход MCP1725 подается 5 В питание (6 В максимум), на выходе получаем 3,3 В с максимальным током в 500 мА, которое используется для питания контроллера. Оба стабилизатора имеют защиту от короткого замыкания и перегрева, и отключаются автоматически.

### ChipKIT MAX32™



ChipKIT MAX32™ (рис 4) выполнена на микроконтроллере PIC32MX795 F512L. По сравнению с PIC32MX320F128H, который используется в UNO32™, этот микроконтроллер обладает большим объемом как программной, так и SRAM-памяти, а также имеет более богатый набор периферии. MAX32™ как и UNO32™ имеет полную совместимость с Arduino и ее расширениями.

Спецификации:

- Микроконтроллер: PIC32 MX795 F512 L
- Тактовая частота: до 80 МГц
- Flash память программ: 512 кбайт
- SRAM память: 128 кбайт
- Рабочее напряжение: 3,3 В
- Входное напряжение: от 7 до 15 В (максимум 20 В)
- Сила тока на 1 пин: ±18 мА
- Рабочая температура: от -40 до +105 °С
- Порты ВХОДА/ВЫХОДА: 83 шт.
- Посл. интерфейсы: SPI™, UART, I²C, CAN 2.0 b
- АЦП: 16 каналов, 10-бит
- Таймеры: 16-бит, 5 шт.

Помимо всего этого ChipKIT MAX32™ может похвастаться контроллером USB 2.0 Full Speed OTG с каналами прямого доступа к памяти, а также 10/100 Ethernet PHY.

### Network and Basic I/O shields

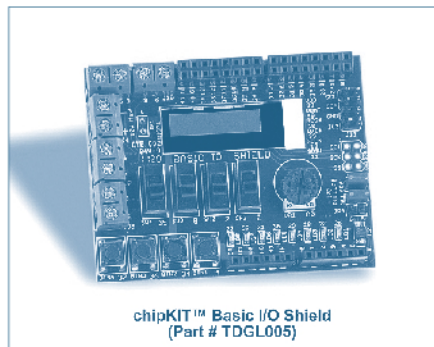
22 Августа 2011 г. компании Microchip Technology Inc. и Digilent вновь порадовали сообщество Arduino выпустив расширения chipKIT Basic I/O и Network Shields™. Эти расширения позволяют в полной мере оценить возможности отладочных платформ chipKIT



UNO32™ и MAX32™. С ними разработка устройств на платформе chipKIT стала еще проще, а возможностей появилось еще больше.

В этот же день компании анонсировали новую службу онлайн поддержки и chipKIT форум. Эти расширения и ресурсы онлайн поддержки позволяют пользователям оценить преимущества высокой производительности контроллеров PIC32 и с легкостью добавить новые возможности и функциональность к своим проектам.

### chipKIT Basic I/O Shield™



Расширение Basic I/O Shield (рис 5) сделано для работы с отладочными платформами chipKIT UNO32™ и MAX32™, оно предлагает нам простейшие устройства ввода/вывода. С этим расширением новичкам представляется хорошая возможность изучить микроконтроллер и различные I/O устройства.

Особенности:

- 8 светодиодов
- 4 кнопки + 4 переключателя
- Аналоговый потенциометр
- 128x32 OLED графический дисплей
- I<sup>2</sup>C температурный датчик
- Последовательная шина данных I<sup>2</sup>C
- 4x FET драйвера с ОК
- 256 кбит I<sup>2</sup>C EEPROM

Как было уже сказано, на плате Basic I/O Shield находится множество устройств ввода/вывода, про некоторые из них пойдет дальнейший разговор.

В расширении используется дисплей UG-23832HSWEG04 фирмы WiseChip Semiconductor Inc., который управляется контроллером SSD1306 фирмы Soloman Systech. Управление питанием дисплея и логики происходит программно. В мануале к Basic I/O Shield подробно описаны порядок инициализации и порядок выключения дисплея, а также представлен пример кода. Дисплей использует

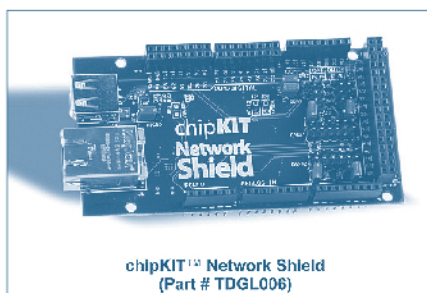
последовательный периферийный интерфейс (SPI), с максимальной тактовой частотой 10 МГц.

Температурный датчик TNC75A представлен фирмой Microchip. Он является устройством с I<sup>2</sup>C шиной данных. Датчик имеет точность от ±1 °C и температурные рамки от -40 до +125 °C.

256 кбит EEPROM (24LC256) также использует шину I<sup>2</sup>C и является продукцией фирмы Microchip. Полная техническая документация микросхемы доступна на сайте Microchip.

Подробнее о расширении Basic I/O Shield, а также о потенциометре, кнопках, переключателях и FET драйвере можно узнать в мануале для расширения или сайте Microchip. Библиотеки для работы с дисплеем, температурным датчиком, EEPROM и шиной I<sup>2</sup>C можно найти на сайте Digilent, а подробные технические документации устройств на сайтах их производителей.

### chipKIT Network Shield™



ChipKIT Network Shield (рис 6) было представлено как расширение для chipKIT MAX32™. Как видно из его названия, оно снабжено дополнительными разъемами и периферией для использования коммуникативных возможностей контроллера PIC32MX795F512L. В расширении Network Shield встроена поддержка Ethernet, USB 2.0 OTF, CAN и I<sup>2</sup>C.

Особенности:

- 2x USB 2.0 разъем
- 2x CAN трансивера
- 2x Разъем под CAN
- 2x Разъем под I<sup>2</sup>C
- 256 кбит I<sup>2</sup>C EEPROM
- 32,786 кГц осциллятор
- 10/100 Ethernet PHY
- RJ45 разъем.

В расширении Network Shield встроена интегральная микросхема физического уровня LAN8720 от Microchip. В паре с MAC, который имеется в микроконтроллере PIC32MX795F512L

платформы Max32™, они составляют полноценный Ethernet интерфейс. MAC-адрес, который используется с Network Shield наклеен снизу на плате, и он является уникальным для каждого Ethernet устройства. Среда разработки предоставляет необходимые библиотеки для использования сети Ethernet.

Встроенный в PIC32MX795F512L контроллер USB 2.0 на плате chipKIT Max32™ может выступать как в роли USB-хоста, так и в роли USB-девайса. На верхней стороне платы Network Shield расположен USB-разъем, который будет использоваться в основном для программирования устройства. На нижней стороне расположен USB OTG разъем типа Micro-AB. Он используется для подключения к другому USB устройству без посредничества ПК.

На плате chipKIT Max32™ в контроллер PIC32MX795F512L встроено 2 CAN-контроллера, а на плате Network Shield имеется 2 CAN-трансивера MCP2551 от фирмы Microchip. Вместе они могут оперировать в 2 независимых сетях CAN.

32,786 кГц осциллятор используется для тактирования RTCC (Real Time Clock/Calendar).

Интерфейс I<sup>2</sup>C обеспечивает скорость от 100 до 400 кбит/с и может быть как слэивом так и мастером с 7 или 1-битной адресацией шины. Каждому устройству дается свой адрес и есть возможность посылать пакеты только определенному устройству.

Более подробно о расширении можно узнать в инструкции по применению или на сайте Microchip. Все необходимые библиотеки для работы с периферией имеются на сайте Digilent.

В заключение хотелось бы сказать, что в мире уже существует множество проектов на основе Arduino, начиная от самых простых роботов и LED-кубов, и до таких проектов как автопилот и фантастическая лазерная арфа. Не смотря на все это, Arduino до конца не исчерпал все свои возможности, и он постоянно развивается, появляются новые платформы и расширения к ним. В интернете постоянно создаются все новые и новые проекты, и каждый обладатель Arduino способен внести в них что-то новое. Существуют также многочисленные сообщества, которые всегда готовы вам помочь и ответить на любой ваш вопрос, если вы сам не справляетесь.

### ЛИТЕРАТУРА

- <http://www.microchip.com/chipkit>
- <http://www.chipkit.cc/wiki/>
- <http://www.chipkit.cc/forum/>
- <http://www.arduino.cc/>

## ПЕРВЫЙ Понижающий Преобразователь со Входом 30 В от MICROCHIP

Особенности:

- Высокий КПД и малые размеры.
- Пониженное тепловыделение и повышенный КПД по сравнению с линейными стабилизаторами.
- Отладка и примеры применения для быстрого освоения.

Microchip представляет первый в семействе понижающий импульсный регулятор с максимальным входным напряжением 30 В. MCP16301 сочетает в себе широкий входной диапазон напряжений от 4 до 30 В, высокий выходной ток 600 мА в диапазоне от 2 до 15 В и высокий КПД до 95%. Миниатюрный корпус SOT-23-6, встроенный ключ и минимум внешних компонентов позволяют получить компактное и эффективное решение для питания устройств на PIC и других компонентах от 12 и 24 В источников. MCP16301 ориентированы

на применения в системах управления вентиляцией и кондиционированием, светодиодных светильниках, телекоммуникационной технике, автомобильной и другой электронике.

Высокая стабильность по входному напряжению и изменяемой нагрузке достигается эффективным управлением ключом на высокой частоте 500 кГц. Используется алгоритм поддержания высокого выходного тока и внутренние схемы компенсации. По сравнению с линейными стабилизаторами с низким падением напряжения (LDO), импульсный стабилизатор на основе MCP16301 имеет более низкое энергопотребление, низкое тепловыделение и позволяет добиться выходной мощности как у LDO в корпусах D2PAK, но с большим КПД.

Для начала работ с новой микросхемой MCP16301 есть две отладочные платы: MCP16301 300 mA D2PAK footprint Demo Board (ARD00360) по цене \$14.99, и MCP16301 600 mA Demo Board (ADM00352) по цене \$19.99. Также доступны рекомендации по применению и по выбору компонентов.

Дополнительная информация по ссылке [www.microchip.com/get/TQEG](http://www.microchip.com/get/TQEG)



# ПРИМЕНЕНИЕ ВСТРОЕННЫХ RS-ТРИГГЕРА И КОМПАРАТОРОВ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ MICROCHIP

## ЗАЧЕМ ЭТО НУЖНО?

Аппаратные модули позволяют облегчить возлагаемые на программу микроконтроллера задачи, упростить схему и реализацию различных функций. Использование аппаратных возможностей микроконтроллера позволит, например, единожды сконфигурировав контроллер, возложить на аппаратные модули микроконтроллера функции стабилизации напряжения импульсного источника питания, и освободить программные ресурсы на опрос кнопок управления, индикацию режимов прибора и т. п.

Понимание возможностей аппаратных модулей микроконтроллера и неочевидные варианты их применения помогут упростить схемотехнику и повысить надежность разрабатываемого прибора. Микроконтроллеры Microchip содержат богатый набор периферийных модулей, включая RS-триггеры и аналоговые компараторы. Данная статья призвана описать некоторые аспекты использования этой аналого-цифровой периферии.

## НЕМНОГО ТЕОРИИ

### Что такое RS-триггер

Простейший RS-триггер (R — reset — сброс; S — set — установка) строится на двух элементах ИЛИ-НЕ.

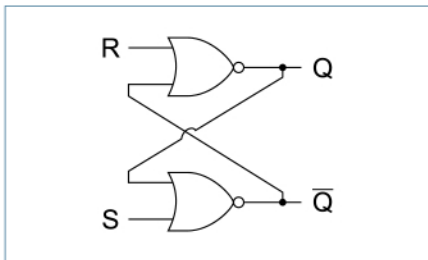


Рис. 1. Схема простейшего RS-триггера

Подачей на входы RS-триггера того или иного сигнала можно установить (лог. «1») или сбросить (лог. «0») выход такого триггера.

Таблица 1. Таблица состояния RS-триггера

вход S	вход R	выход Q
0	0	хранение предыдущего состояния
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Триггеры, в том числе и RS-триггер, обладает памятью — текущее состояние триггера зависит от предыдущего. Поэтому в логических схемах триггеры могут использоваться для подавления дребезга контактов, построения счетчиков, арифметических регистров и других «умных» схем. RS-триггер так же является основой микросхемы 555 таймера.

### 555 таймер

Микросхема 555 таймера была разработана в начале 70-х годов прошлого века, и с момента появления на рынке стала пользоваться беспрецедентной популярностью. Успех этой микросхемы можно объяснить несколькими причинами, главными из которых являлись универсальность, стабильность и низкая стоимость. Не может быть никаких сомнений в том, что появление 555 таймера стало таким же важным событием в электронной промышленности как и появление операционного усилителя.

Способность 555 таймера производить длительные задержки времени, а также возможность построения различных дискретных схем для всевозможных приложений, привлекло многих разработчиков и позволило отказаться от механических таймеров и аналоговых схем с применением операционных усилителей.

Типовая схема 555 таймера приведена на рис. 2.

В «домиконтроллерную» эпоху таймер 555 широко использовался для создания различных генераторов, схем задержки и других схем.

### «Наш 555 таймер»

Связка компараторов и RS-триггера в PIC-микроконтроллерах Microchip легко образует 555 таймер внутри микроконтроллера, причем указанная встроенная периферия контроллеров PIC имеет массу возможностей по конфигурированию и использованию совместно с другой периферией микроконтроллера (источниками опорных напряжений, модулем ШИМ, таймерами, входными сигналами). Такой таймер получает гибкость конфигурирования, возможность выводить необходимые выводы наружу микроконтроллера и возможность программного управления.

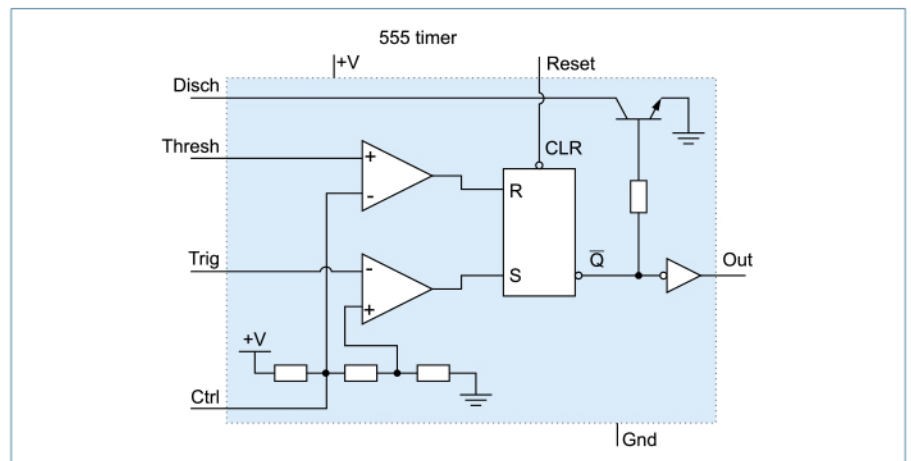


Рис. 2. Упрощенная схема микросхемы «таймера 555»

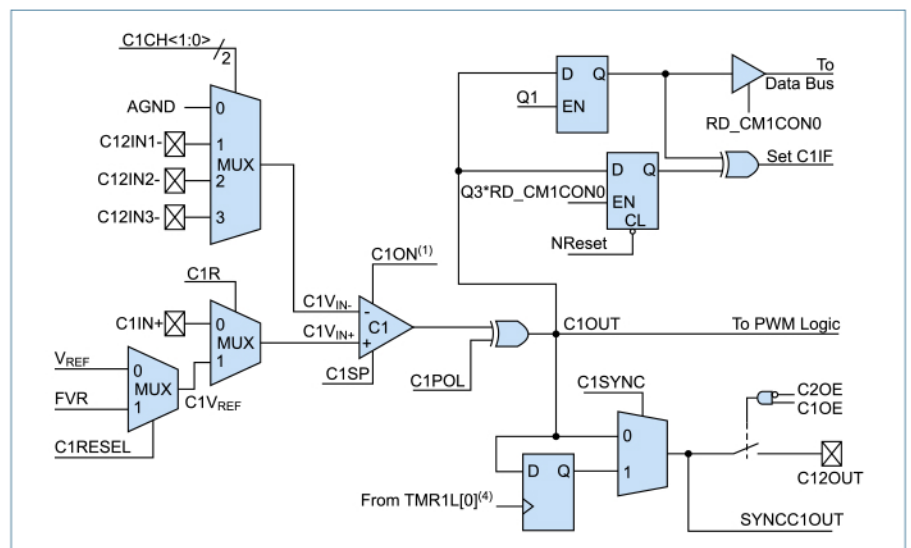


Рис. 3. Схема конфигурации компаратора микроконтроллера PIC18F14K50/22

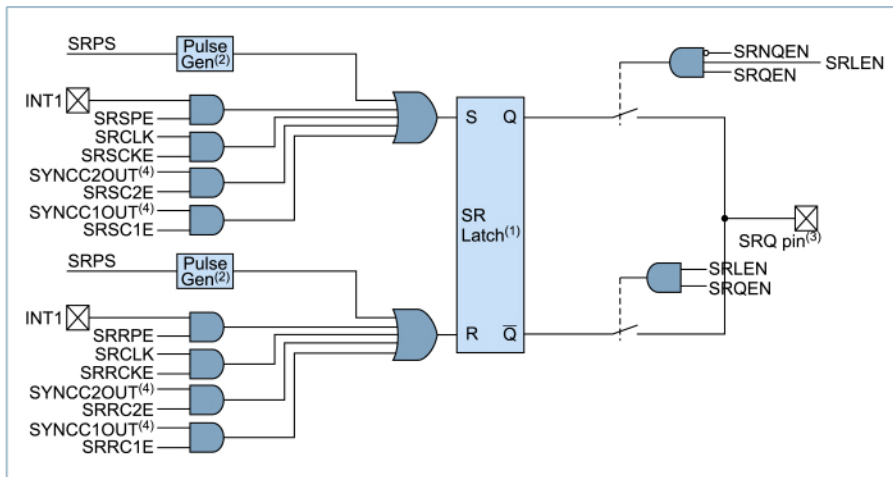


Рис. 4. Схема конфигурации RS-триггера Микроконтроллеров PIC18F14K50/22

## ПРИМЕНЕНИЕ RS-ТРИГГЕРА И КОМПАРАТОРОВ

### Одновибратор

Моностабильный мультивибратор (одновибратор) это разновидность триггера, который имеет емкостную связь выхода с входом, в результате этого схема всегда возвращается в исходное состояние, если с помощью входного импульса перевести схему в другое состояние, то она вернется в первоначальное с задержкой, которая определяется емкостью и параметрами схемы. Добавив в схему с микроконтроллером PIC три элемента (резистор, конденсатор и диод) можно получить одновибратор (рис. 5), который формирует импульс, длительность которого определяется постоянной времени RC-цепочки.

В начальном состоянии на инверсном выходе триггера установлен уровень лог. «1», конденсатор заряжен, на выходе компаратора лог. «0». При установке лог. «1» на входе S триггера, что можно сделать программно или аппаратно с помощью внешних сигналов, триггер перекидывается в противоположное

состояние, конденсатор С начинает разряжаться через резистор R. При достижении порога, заданного источником опорного напряжения, на выходе компаратора появляется лог. «1», триггер перекидывается в исходное состояние, конденсатор быстро заряжается через диод. Схема устанавливается в исходное состояние.

Таким образом, короткий входной импульс или программное включение триггера на короткое время, формируют импульс с фиксированной длительностью.

### Формирователь задержки сигнала

Функционально формирователь задержки подобен одновибратору, за исключением того, что состояние выхода должно измениться не сразу, а по истечении определенного времени, а затем вернуться в исходное состояние.

Оба компаратора следят за напряжением на конденсаторе. В исходном состоянии на входе схемы высокий уровень, транзистор открыт и конденсатор разряжен, на инверсном выходе триггера лог. «1».

При поступлении на вход сигнала низкого уровня транзистор закрывается, конденсатор начинает заряжаться. При достижении напряжения на конденсаторе нижнего порога, выход триггера установится в лог. «0» — получили задержку фронта входного сигнала.

### Мультивибратор

Если из схемы одновибратора убрать диод, а на вход установки завести сигнал с компаратора, то мы получим мультивибратор (генератор). В начальном состоянии на выходе триггера установлен уровень лог. «1», конденсатор заряжается через резистор R до уровня напряжения  $V_{ref}$ , при достижении которого на выходе верхнего компаратора появится лог. «0» ( $S = 0, R = 1$ ). Триггер перекидывается в противоположное состояние, конденсатор С начинает разряжаться через резистор R. При достижении нижнего порога на выходе нижнего компаратора появляется лог. «1», триггер перекидывается в исходное состояние, конденсатор снова заряжается. Таким образом, мы получили полностью программно-независимый генератор.

### Мультивибратор

#### с программируемой частотой

Очевидно, что если в схеме мультивибратора программно изменять величину опорного напряжения, то можно изменять генерируемую частоту. Данный пример может пригодиться для создания разного рода сирен и звуковых генераторов не требующих высокой стабильности частоты и освободить встроенный модуль ШИМ для других задач. На рис. 10 приведена диаграмма, показывающая осциллограммы напряжений на входе компаратора и на выходе программируемого источника опорного напряжения ( $V_{ref\_Low}$ , рис. 8). Верхний порог  $V_{ref\_High}$  установлен жестко от встроенного фиксированного источника опорного напряжения 2,048 В. Генератор на компараторах может пригодиться не только для формирования сигнала переменной

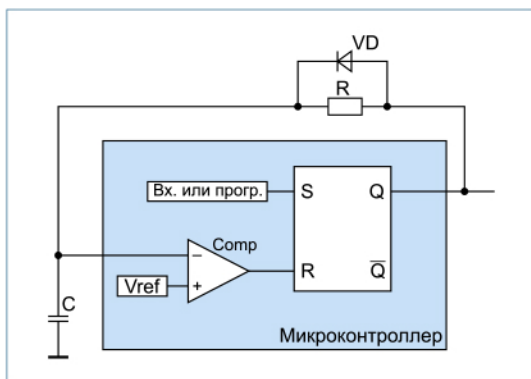


Рис. 5. Схема одновибратора

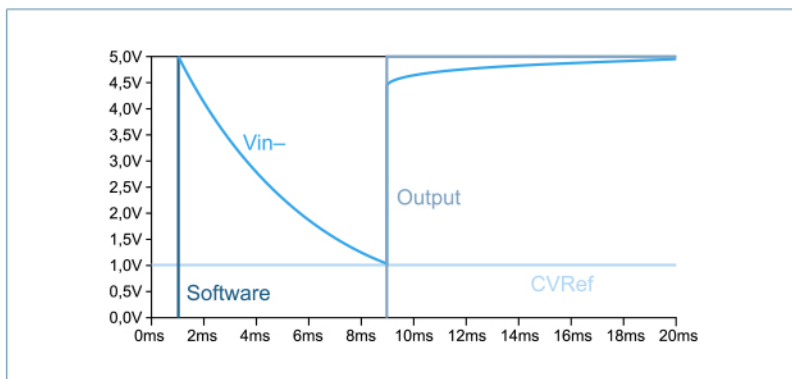


Рис. 6. Диаграмма, иллюстрирующая работу одновибратора

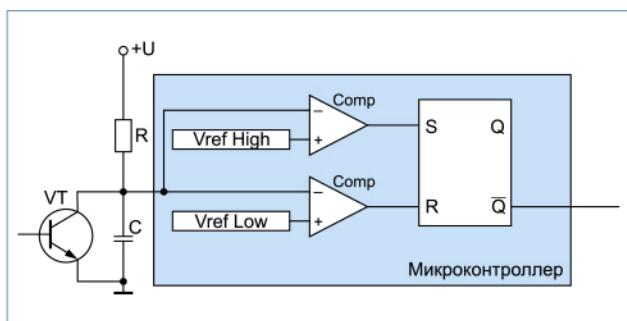


Рис. 7. Схема формирователя задержанного сигнала

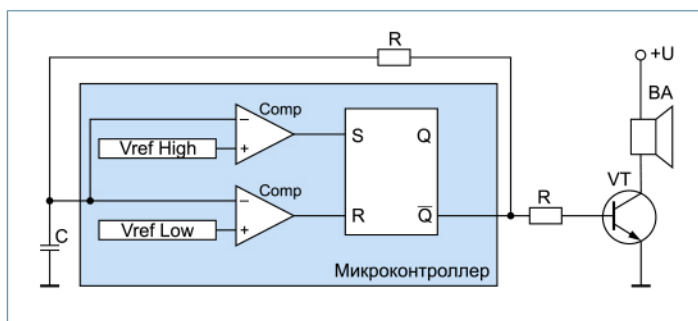


Рис. 8. Схема Мультивибратора



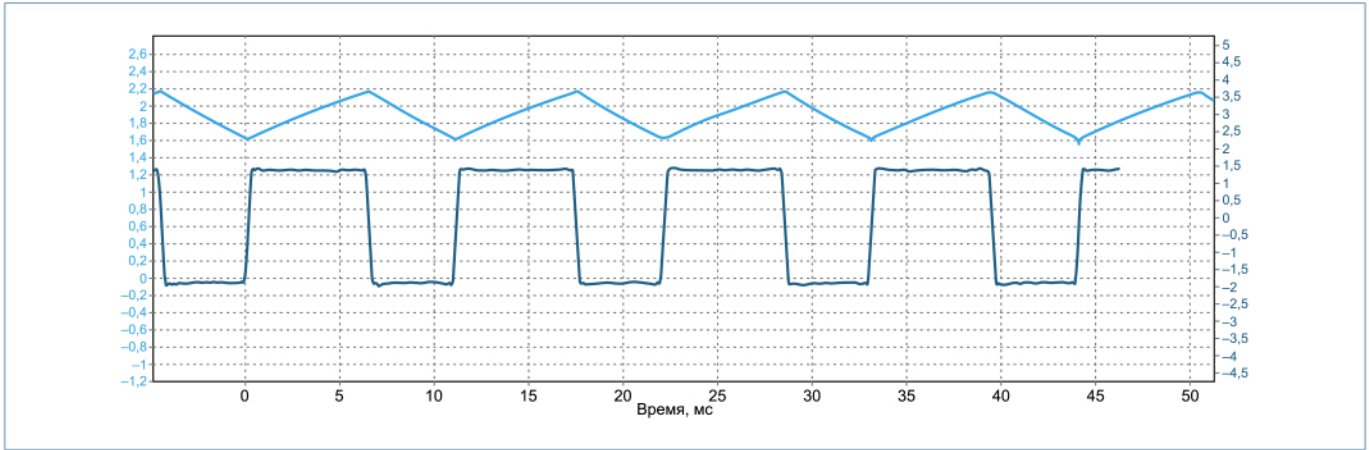


Рис. 9. Диаграмма, иллюстрирующая работу Мультивибратора

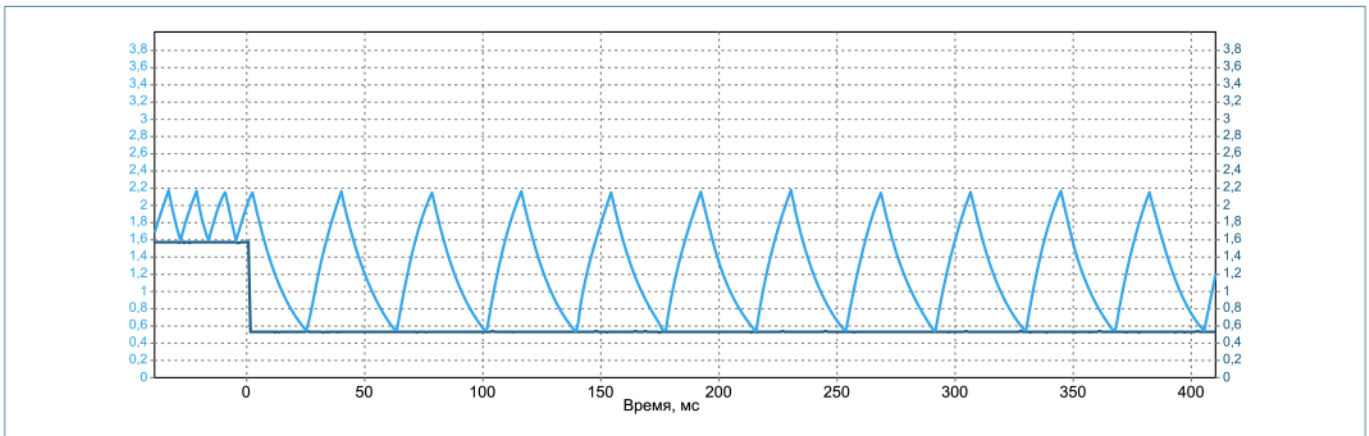


Рис. 10. Диаграмма, иллюстрирующая работу управляемого Мультивибратора

частоты. Если один из частотозадающих элементов схемы является чувствительным элементом, то мы можем получить преобразователь изменяемый параметр-частота. Например, если вместо резистора поставить термистор, то получим преобразователь температура-частота, если вместо емкости поставить датчик влажности, то получим преобразователь влажность-частота. Частоту генератора можно измерить с помощью внутреннего таймера или модуля захвата, тем самым получить числовое значение измеряемого параметра (температура или влажность).

#### Сенсорные емкостные кнопки

На описанном выше принципе можно создать сенсорную клавиатуру. В общем случае емкостной сенсор (кнопка) является небольшой металлической поверхностью (металлизированным участком печатной платы или др.). Если пользователь подносит палец к емкостному датчику, то он вносит в схему дополнительную емкость. Это изменение емкости детектируется PIC® микроконтроллером с помощью встроенной периферии и программы. Разработанная компанией Microchip технология измерения емкости mTouch™ использует емкость сенсора как частотозадающий элемент генератора. Микроконтроллер измеряет частоту генератора, и любое смещение частоты, при прикосновении пользователя, обнаруживается и проверяется программным обеспечением. На рис. 11 показана схема генератора для реализации емкостного сенсора. Компараторы в современных контроллерах PIC имеют мультиплексор, позволяющий поочередно подключать несколько входов с емкостными сенсорами,

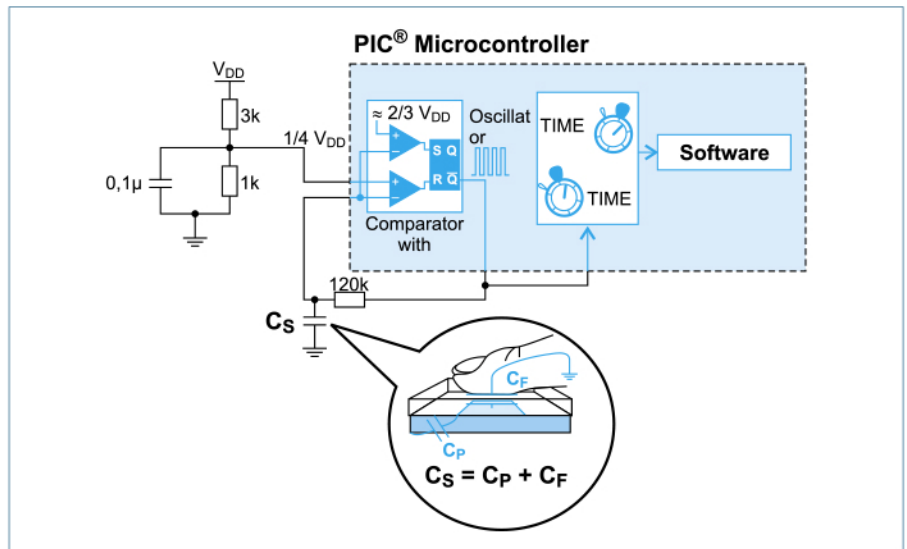


Рис. 11. Схема детектора прикосновения (сенсорной кнопки)

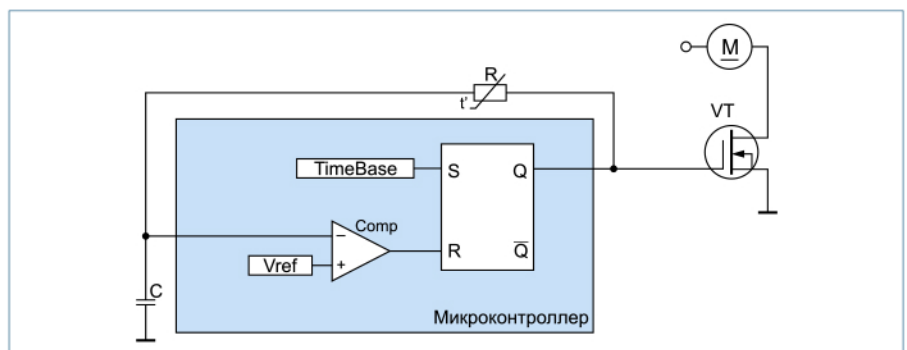


Рис. 12. Схема контроллера вентилятора

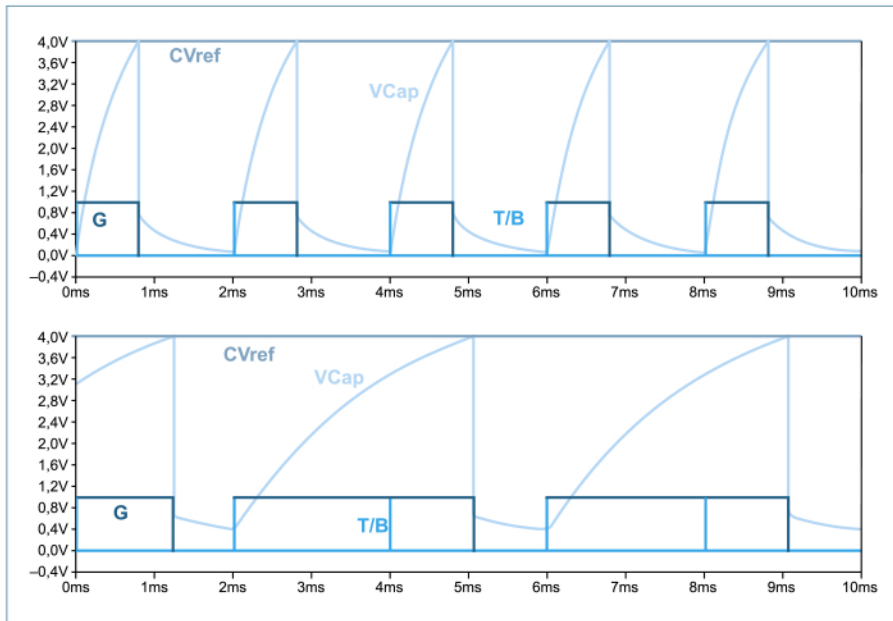


Рис. 13. Диаграммы иллюстрирующие работу контроллера вентилятора:

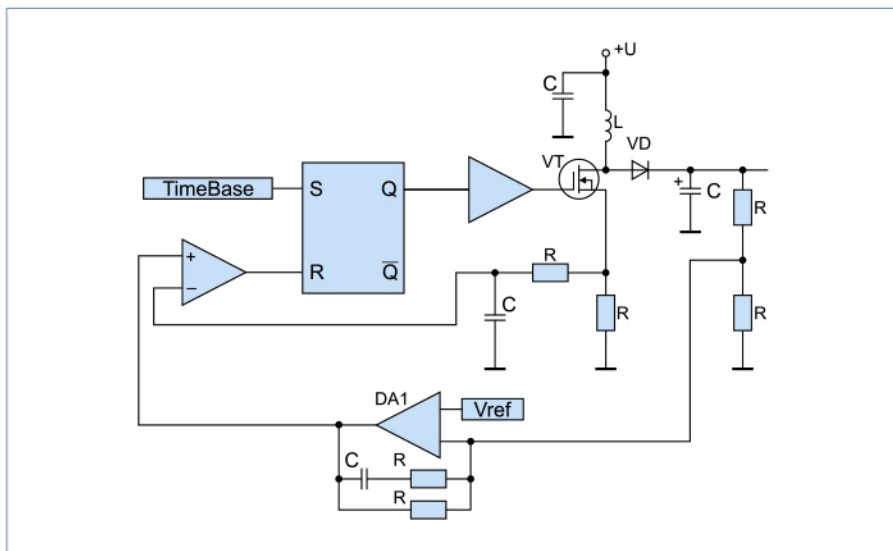


Рис. 14. Схема импульсного источника питания

поэтому можно реализовать емкостную клавиатуру с несколькими клавишами без применения дополнительных элементов и мультиплексоров.

#### Контроллер вентилятора

Контроллер вентилятора должен регулировать частоту вращения электродвигателя в зависимости от сопротивления чувствительного элемента. В отличие от мультивибратора, в данном устройстве нам нужно регулировать не частоту следования импульсов, а величину среднего напряжения на двигателе, то есть нам нужен управляемый ШИМ генератор. Такой генератор можно получить из одновибратора с его периодическим запуском. Запуск одновибратора можно осуществлять от встроенного в PIC контроллере генератора импульсов (рис. 3). Термистор определяет скорость заряда конденсатора, а значит и ширину импульсов аппаратного ШИМ. Чем больше сопротивление термистора, тем шире импульсы и больше скорость вращения вентилятора.

#### Повышающий импульсный преобразователь напряжения

Встроенные RS-триггер и компаратор могут пригодиться для построения повышающего импульсного источника питания, из внешних элементов понадобятся операционный усилитель и несколько дискретных элементов. Если в качестве источника опорного напряжения использовать встроенный программируемый ЦАП, то получим регулируемый источник.

Итак, мы рассмотрели некоторые примеры применения встроенных RS-триггера и компараторов микроконтроллеров PIC производства компании Microchip. Естественно, что перечень возможных применений встроенной периферии не ограничен приведенными примерами. Новые PIC-микроконтроллеры имеют массу возможностей по конфигурированию и совместному использованию различных периферийных модулей, включая источники опорных напряжений, ЦАП, АЦП, модули ШИМ, таймерами, входными сигналами, поэтому возможности их совместного применения ограничены лишь фантазией разработчика.

## КОМПАНИЯ MICROCHIP АНОНСИРУЕТ НЕДОРОГИЕ 8-РАЗРЯДНЫЕ PIC® МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С ДРАЙВЕРом ЖКИ ВЫПОЛНЕННЫЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ EXTREME LOW POWER

Ключевые особенности:

- Пять новых микроконтроллеров для дешевых приборов с ЖК-индикаторами и лидирующими в индустрии параметрами по микропотреблению.
- Оптимизированный набор периферии для уменьшения цены.
- Технология XLP продлевает срок службы прибора от батарейного источника питания.
- Доступны в корпусах от 28 до 44 выводов.

Компания Microchip анонсирует расширение своих 8-разрядных микроконтроллеров с драйвером сегментных ЖКИ пятью новыми микроконтроллерами, совмещающих низкую цену и лидирующие в индустрии параметры по микропотреблению. Микроконтроллеры PIC16LF190x позволяют управлять ЖКИ в требовательных к низкой цене приложениях, таких как смарт-карты, медицинские приборы, приборы домашней автоматизации и учета ресурсов, брелоки сигнализаций и другие приборы с сегментными ЖКИ. Микроконтроллеры выполнены по технологии eXtreme Low Power (XLP), с током потребления в режиме энергосбережения до 20 нА и током в активном режиме до 35 мкА/МГц, что позволяет продлить жизнь батарейным приборам.

Контроллеры семейства PIC16LF190x имеют улучшенную архитектуру среднего семейства (Enhanced Mid-range) и сбалансированный, оптимизированный под недорогие приборы набор периферии. Новые контроллеры имеют до 14 кбайт Flash-памяти программ, до 512 байт RAM, до 14 каналов 10-разрядного АЦП, а так же последовательные интерфейсы и драйвер ЖКИ до 116 сегментов. Контроллеры выполнены по XLP-технологии, имеют низкое потребление для продления срока работы от батарей питания, интегрированный датчик температуры, что позволяет осуществлять температурную коррекцию часов реального времени (RTCC), малопотребляющие часы реального времени, измерение напряжения питания с помощью АЦП и источника фиксированного напряжения для детектирования разряда батареи. Контроллеры серии PIC16LF190x могут быть изучены с помощью отладочного комплекта «F1 Evaluation Kit» (номер для заказа DM164132), и «F1 Evaluation Platform» (DM164130-1), а также с помощью внутрисхемного отладчика PICkit™ 3 (PG164130).

Контроллеры PIC16LF1902, PIC16LF1903 и PIC16LF1906 доступны в 28-выводном SPDIP, SOIC, SSOP и 4x4 мм UQFN-корпусах, а также в кристаллах, а PIC16LF1904 и PIC16LF1907 в 40-выводных PDIP, 5x5 мм UQFN и в кристаллах, а так же в 44-выводном корпусе TQFP.

Для получения дополнительной информации посетите сайт компании по ссылке [www.microchip.com/lcd](http://www.microchip.com/lcd)



# ОБЗОР МИКРОСХЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ (SST25, SST26) И ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ (SST39) FLASH-ПАМЯТИ КОМПАНИИ SST

Flash-память играет важную роль во многих электронных устройствах и призвана сохранять данные при отключенном питании. Flash NOR память компании SST (Silicon Storage Technology) идеальна для хранения программ и данных, когда основными критериями выбора памяти является низкое энергопотребление, высокая надежность и высокая скорость считывания.



Вся Flash-память SST базируется на запатентованной технологии SuperFlash<sup>®</sup>, успешность которой демонстрируется признанием потребителей — ведь память SST применяется в более чем 13 млрд устройств по всему миру.

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ SST FLASH-ПАМЯТЬ

Последовательная Flash-память компании SST имеет низкое потребление, что в совокупности с миниатюрными корпусами позволяет ее использование в портативных батарейных приборах. В трех семействах продуктов SST Вы найдете для себя оптимальную комбинацию цены, производительности и типа интерфейса для удовлетворения всех Ваших требований к последовательной памяти. Серия микросхем SST25 имеет популярный интерфейс SPI и является самой низкопотребляющей памятью с напряжением питания 3,0 и 1,8 В среди конкурирующих продуктов. Отмеченная призами серия SST26 с интерфейсом SQI обеспечивает совокупность преимуществ последовательной Flash-памяти — небольшой размер и низкое потребление, и производительность, конкурирующую с параллельной Flash-памятью. 49-я LPC-серия идеальна для встраиваемых приложений, поддерживающих интерфейс FWH (Firmware Hub).

## FLASH-ПАМЯТЬ 25-Й СЕРИИ

Последовательная Flash-память SST25 — это Flash-память с малым числом выводов, миниатюрными

корпусами и с низким потреблением, которая имеет следующие особенности: SPI-интерфейс и совместимость по выводам с промышленным стандартом расположения выводов памяти SPI EEPROM. Малое количество выводов и миниатюрные корпуса позволяют экономить место на плате и тем самым уменьшить стоимость системы. Более низкое потребление, чем у стандартной Flash-памяти и меньшее количество проводов, чем у параллельной Flash-памяти, делают SPI Flash-память идеальным и экономически эффективным решением для многих устройств.



Постоянно развивающееся семейство 25-й серии теперь включает 8-выводный XFBGA Z-Scale™ корпус, обеспечивающий увеличение надежности и производительности, даже при таком маленьком размере и сверхнизкое энергопотребление для батарейных портативных приложений.

Flash-память SST 25-й серии не имеет конкурентов по скорости стирания данных. Ниже приведена сравнительная таблица 1 наиболее популярных микросхем в сравнении по данному параметру:

### Основные особенности:

Тактовая частота: 20, 33, 40, 50, 66, 75 и 80 МГц;  
Объем: 512 кбит; 1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 Мбит;  
Диапазон рабочих температур: от -40 до +85 и от -20 до +85 °C;  
Рабочее напряжение: 2,7–3,6; 3,0–3,6 и 1,65–1,95 В;  
Режимы последовательного SPI-интерфейса: Mode 0 и Mode 3;

### Малогобаритные корпуса:

- 8-lead SOIC;
- Низкопрофильный 8-контактный WSON;
- 8-контактный XFBGA Z-Scale;

### Гибкие возможности стирания:

- 4 кбайт унифицированное посекторное стирание;
- 32/64 кбайт поблочное стирание;
- Полное стирание;

### AAI программирование:

- Автоматический Инкремент Адреса для большей производительности;

### Проверенные технологии:

- CMOS SuperFlash<sup>®</sup> технология повышает продолжительность хранения данных и количество циклов перезаписи, уменьшает время стирания и потребляемую энергию, делая последовательную Flash-память компании SST идеальной для портативных приборов.
- Количество циклов перезаписи — 100 000 циклов;
- Хранение данных — более 100 лет;
- Быстрое время стирания блока/сектора — 18 мс;
- Время программирования байта: 20 мкс;
- Рабочий ток чтения: меньше 9 мА;
- Ток в режиме ожидания: меньше 2 мкА.

Сравнительные размеры корпусов Flash-памяти 25-й серии приведены на рис. 1:

### Возможные применения:

HD DVD, HDTV, Bluetooth, проигрыватели MP3, DSL и кабельные модемы, оптических дисководы, НЖМД, PC BIOS, принтеры, ZigBee, беспроводные LAN, телевизионные приставки, LCD мониторы, цифровое радио и многие другие.

## FLASH-ПАМЯТЬ 26-Й СЕРИИ

26-я серия Flash-памяти компании SST повышает скорость работы с данными, в тоже время, имеет компактный размер, как и у стандартных последовательных микросхем памяти. Использование Serial Quad интерфейса (SQI) и работа на частотах достигающих 80 МГц, 26-я серия является отличным выбором для Bluetooth гарнитур, оптических дисководов и навигационных GPS/ГЛОНАСС-устройств.

26-я серия SQI Flash-памяти разработана с использованием запатентованных SST-решений, высокопроизводительной CMOS SuperFlash<sup>®</sup> технологии, имеет высокую надежность, значительно улучшенную производительность, и в тоже время имеет низкое энергопотребление. 26-я серия является идеальным решением для ультрасовременных проектов, требующих высокой скорости работы с данными и компактные размеры микросхем памяти.

Таблица 1. Наиболее популярные микросхемы

		Atmel AT25F4096	SST SST25VF040 B/080B	MXIC MX25L400/800	Spansion S25FL040A/80A	ST M25P40/80	Winbond W25P40/80
Sector Erase (ms)	4 MB	1000	18	1000	500	500	700
	8 MB	N/A	18	1000	500	500	700
Chip Erase (ms)	4 MB	4500	70	3500	3000	3000	5000
	8 MB	N/A	35	7000	6000	6000	7000

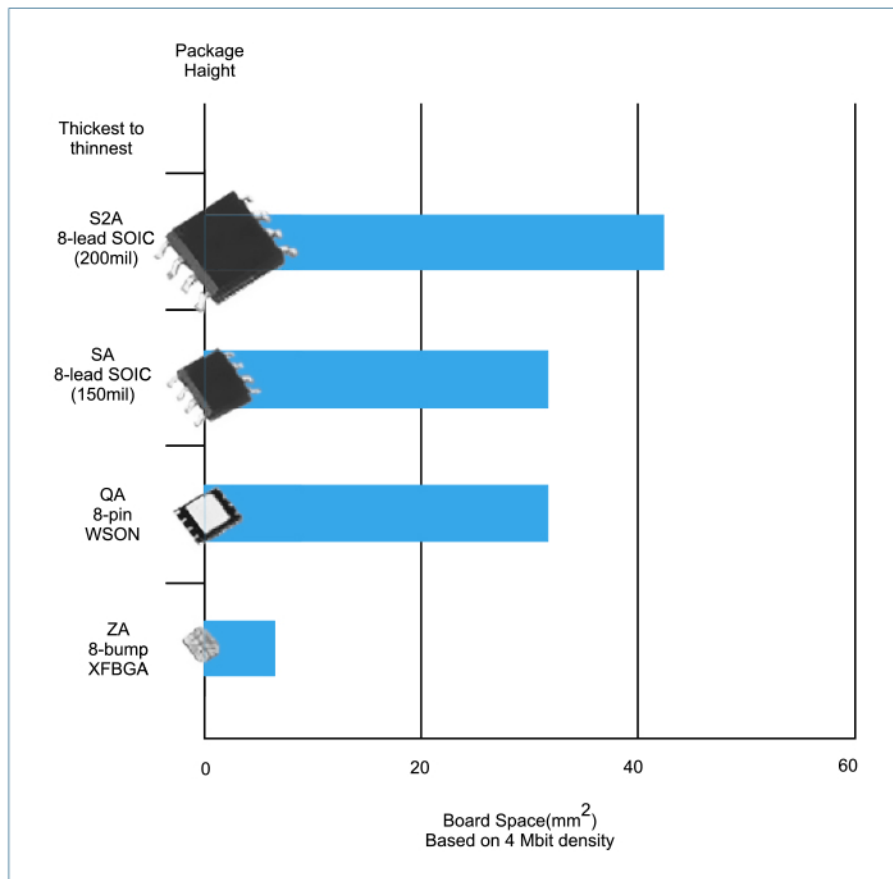


Рис. 1. Сравнительные размеры корпусов Flash-памяти 25-й серии

#### Основные особенности:

- Тактовая частота: 80 МГц;
- Объем: 16 и 32 Мбит;
- Рабочее напряжение: 2,7–3,6 и 1,65–1,95 В;
- Диапазон рабочих температур: от –40 до +85 °С;

#### Последовательный интерфейс:

- 4-битный параллельный вход/выход с SPI-подобной последовательной структурой команд (Mode 3 и Mode 1).
- Поддержка протокола SPI для Read, High Speed Read & Jedec ID Read.
- Групповое считывание: 8, 16, 32, 64-байтовые группы с циклическим возвратом.
- Приостановка и возобновление записи — приостановка программы или стирания.

#### Защита / безопасность:

- Индивидуальное блокирование (блоки 64 КБ с 8×8 кбайт блоками параметров).
- Защита от записи посредством бита защиты блока в регистре статуса.
- Однократно программируемая область (OTP) — 256-бит.
- Secure ID.

#### Возможные применения

Bluetooth, оптические дисководы, GPS, портативные медиа-устройства, цифровые видеомagniфоны, Blue-Ray, НЖМД, и многое другое.

Более подробную информацию о микросхемах последовательной памяти можно найти на веб-сайте SST: [http://sst.com/products/flash\\_memory.dot?cat=sf](http://sst.com/products/flash_memory.dot?cat=sf)

### ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ SST FLASH-ПАМЯТЬ

Основанная на технологии SuperFlash<sup>®</sup>, линейка параллельной Flash-памяти SST представляет ми-

кросхемы с высокой производительностью, превосходной надежностью, низким потреблением и маленьким размером.

Серия MPF™ (многоцелевая Flash-память), включая MPF+ серию, обеспечивает быстрое чтение и программные периоды с особенностями, такими как Отложенное стирание/Продолженное стирание, Блок начальной загрузки, безопасный ID, сброс аппаратных средств и усовершенствованная защита. Серия MTP™ (многократно-программируемая) способна выполнять стирание Flash-памяти с эффективностью EPROM/OTP памяти, в то время как SSF™ (Flash-память с небольшим сектором) идеальна для применений, требующих высокой степени детализации данных. Многооблачная архитектура и операции чтения-записи серии CSF™ (параллельная SuperFlash), делают ее идеальной для беспроводной промышленности.

#### Основные особенности:

- Скорость чтения: 45, 55, 70 и 90 нс.
  - Объем: 512 кбит; 1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 Мбит.
  - Рабочее напряжение: 2,7–3,6; 4,5–5,5 и 1,65–1,95 В.
  - Диапазон рабочих температур: от –40 до +85 °С.
- Перечень аналогов микросхем Flash-памяти SST 39-й серии приведен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень аналогов микросхем flash-памяти SST 39-й серии

	16 Мбит	32 Мбит	64 Мбит
SST	SST39VF1681, SST39VF1682, SST39VF160x	SST39VF320x	SST39VF640x, SST39VF640xB
AMD	Am29LV160x	Am29LV320x, S29GL032x	Am29LV640Mx, S29GL064x
ST Micro	M29W160x	M29W320x	M29W640x
Macronix	MX29LV160xx	MX29LV320Ax	MX29LV640x
Atmel	AT49BV162A	AT49BV322Ax	



#### 1. Совместимость и различия по аппаратным средствам.

Распределение выводов MPF+ семейства соответствует стандартному JEDEC Flash EEPROM распределению. TSOP и BGA-корпуса SST полностью совместимы с устройствами, представленными в таблице выше, за исключением нескольких нечасто используемых функций (Готов/Занят, Ускоренное Программирование, Индивидуальное блокирование и Обход разблокировки), которые не поддерживаются SST.

В результате, только незначительные различия в аппаратной реализации должны быть учтены при переходе на память SST.

#### 2. Совместимость и различия по программным средствам.

MPF+ семейство поддерживает стандартный набор команд соответствующий 6-цикловому JEDEC-набору. Различия с аналогами состоит в том, что SST имеет унифицированный размер сектора, включая блок начальной загрузки (64 кБ), другие производители часто используют асимметричные размеры блока начальной загрузки. Кроме того, ввод запросов памяти SST — это команда с тремя циклами, в то время как другие производители используют один цикл.

В результате необходимы незначительные изменения в программном коде для поддержки памяти SST. Таким образом, все преимущества семейства MPF+ и технологии SuperFlash, а также, практически полная совместимость с существующими стандартами, делают семейство MPF+ идеальным выбором для новых разработок.

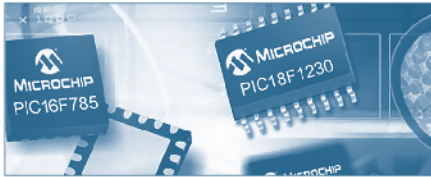
Более подробную информацию о микросхемах параллельной памяти можно найти на веб-сайте SST: [http://sst.com/products/flash\\_memory.dot?cat=pf](http://sst.com/products/flash_memory.dot?cat=pf) В апреле 2010 года компания Microchip купила компанию SST.

Всю описанную продукцию компании SST теперь можно приобретать и заказывать через Microchip. Документацию и дополнительную информацию вы можете найти по ссылке [www.microchip.com/MEMORY](http://www.microchip.com/MEMORY)



# УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОДИОДАМИ

В настоящее время светодиоды используются не только для обеспечения красивых индикаторов красного и зеленого цвета на электронном оборудовании. Достижения технологии позволили использовать светодиоды в качестве практичных источников освещения. Основные преимущества светодиодов — длительный срок службы, прочность и эффективность.



При правильном управлении светодиоды могут работать десятки тысяч часов без снижения светоотдачи. Типичная эффективность мощных светодиодов, измеренная в люменах на ватт, составляет 40480. Это в несколько раз лучше, чем у ламп накаливания, и только люминесцентные лампы более эффективны. Так как светодиоды являются твердотельными устройствами, они могут противостоять ударам и вибрациям, которые повредили бы лампу накаливания.

## ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДОВ

Преимущества светодиодов полезны во многих типах освещения:

- Освещение автомобильных и самолетных кабин.
- Освещение приборных досок автомобиля и самолета.
- Освещение запасного выхода здания.
- Цвето-световое оформление зданий.
- Промышленное и наружное освещение.
- Дорожные и железнодорожные знаки.
- Автомобильные стоп-сигналы.
- Светодиодные матрицы и видеомониторы.
- Подсветка ЖК-монитора.
- Фонарики.
- Освещение медицинского инструмента и приборов.
- Вспышки цифровых камер и видео свет.

## ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОДИОДАМИ

Светодиоды должны управляться источником постоянного тока. Светодиоды имеют определенный уровень тока, при котором достигается максимальная яркость, не вызывая его выход из строя. Светодиод может управляться линейным регулятором напряжения, сконфигурированным как источник постоянного тока. Однако, данный подход не практичен для мощных светодиодов из-за высокой рассеиваемой мощности в цепи регулятора. Импульсный источник питания (SMPS) обеспечивает намного более эффективное управление светодиодами. Параметры напряжения источника питания и прямого напряжения светодиода определяют SMPS-топологию. Несколько светодиодов могут быть объединены в группы для увеличения падения прямого напряжения на выбранном уровне управляющего тока.

Топология SMPS-схем, адаптированная для регулирования тока в светодиодном освещении та же самая, что и используемая для регулирования напряжения в источниках питания. Каждый тип SMPS топологии имеет свои преимущества и недостатки, как представлено в таблице.

Данная статья описывает два типа драйверов для управления светодиодами:

- микросхема аналогового драйвера, которая может быть использована как независимо, так и вместе с микроконтроллером;
- микроконтроллер с интегрированной функцией управления светодиодами.

## ИСТОЧНИК ТОКА НА ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫХ КОНДЕНСАТОРАХ

Такая схема не имеет катушек индуктивности, которые требуются в других SMPS-топологиях. Это обеспечивает более компактные и менее дорогостоящие схемы. Обратная сторона в том, что такой источник не может обеспечить большой ток, по сравнению с другими топологиями. Схемы на переключаемых конденсаторах наиболее востребованы в подсветке, ЖК-дисплеях и автомобильных приборах.

## ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПЛАТА MCP1252DM-BKLT

Плата демонстрирует использование драйвера переключаемых конденсаторов в светодиодном применении и работает как платформа для оценки MCP1252 (рис. 1).

## ПОВЫШАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА ИНДУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Топология повышающего преобразователя используется, когда выходное напряжение конвертора должно быть равно или больше чем входное напряжение. Повышающий преобразователь используется для управления несколькими светодиодами, соединенных в группы, что является его преимуществом. Это гарантирует, что все светодиоды получают одинаковый ток, и соответственно ту же яркость свечения. Использование

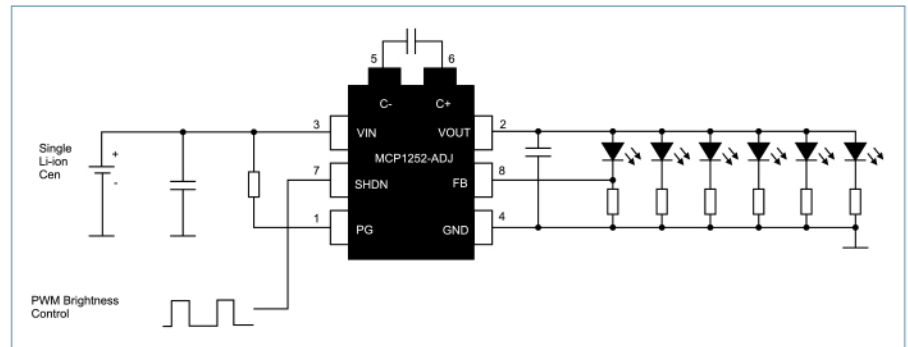


Рис. 1. Светодиодный драйвер на переключаемых конденсаторах на MCP1252

Таблица. SMPS-топологии, которые могут быть полезны для светодиодного освещения

Топология регулятора	Отношение $V_{вх}$ к $V_{вых}$	Сложность	Число компонентов	Комментарии
На переключаемых конденсаторах	$(-V_{вх} < V_{вх} < V_{вх})$	Низкая	Среднее	– ограниченный диапазон $I_{вх}$ – без дросселей
Понижающий	$(V_{вх} > V_{вх})$	Средняя	Среднее	– верхний драйвер – импульсный $I_{вх}$
Повышающий	$(V_{вх} < V_{вх})$	Средняя	Среднее	– нужны дополнительные элементы для изоляции выхода от входа
SEPIC	$(V_{вх} < V_{вх} < V_{вх})$	Средняя	Высокое	– плавный $I_{вх}$ – несколько выходов – два дросселя
Смешанный	$(V_{вх} < V_{вх} < V_{вх})$	Средняя	Среднее	– один дроссель – до четырех переключателей
Обратноходовый	Зависит от трансформатора	Средняя	Среднее	– трансформатор для гальванической развязки – возможность нескольких выходов

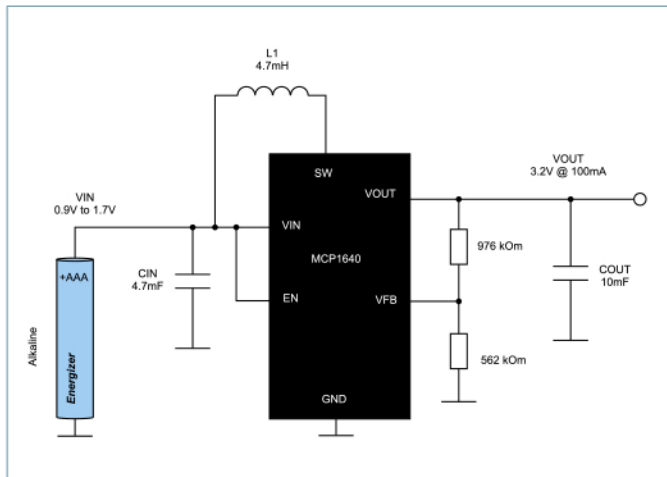


Рис. 2. Синхронный повышающий преобразователь на MCP1640

сдвоенного дросселя в повышающей схеме уменьшает требования к переключающему напряжению MOSFET-ключа. Синхронный повышающий преобразователь MCP1640 может обеспечить стабильное рабочее напряжение для светодиода при питании от одноячеечной щелочной батареи. Схема подключения синхронного повышающего преобразователя на MCP1640 представлена на рис. 2.

Повышающий переключатель на MCP1650 использует внешнее переключение таким образом, что он может быть использован для любого типа нагрузки. Дополнительное преимущество MCP1650 в батарейных применениях — это Gated Oscillator Architecture, которая обеспечивает два рабочих цикла, что уменьшает пиковый ток индуктора и пульсации выходного напряжения. Входное напряжение выше 3,8 В занимает 56% рабочего цикла и 80% когда входное напряжение падает ниже 3,8 В. Это увеличивает срок службы батареи.

### ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПЛАТА С ДЕВЯТЬЮ БЕЛЫМИ СВЕТОДИОДАМИ MCP1650DM-LED2

Демонстрационная плата с 9 белыми светодиодами использует микросхему MCP1650 для питания светодиодов, которые соединены в группы. Микроконтроллер PIC10F202 в 6-выводном корпусе SOT-23 используется для регулирования светимости путем подачи ШИМ на вход разрешения работы. На рис. 3 представлен пример использования MCP1650 для драйвера светодиодов работающего от батареи.

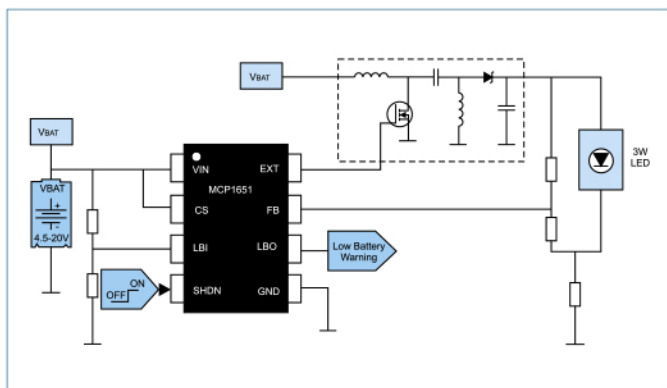


Рис. 4. Схема с питанием от батареи драйвера 3,6 В 3-ваттных светодиодов (SEPIC-преобразователь)

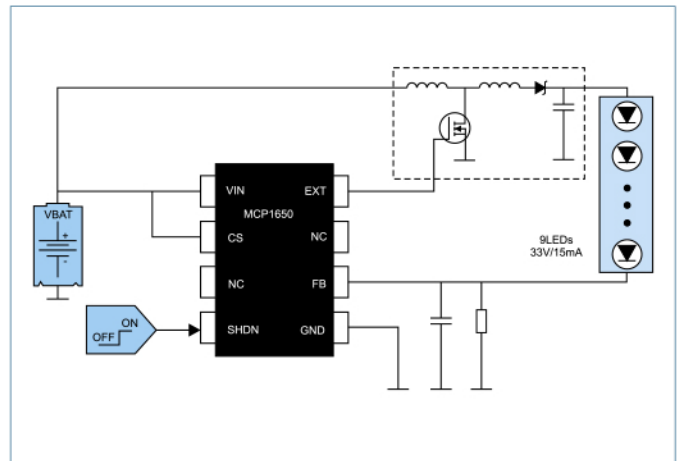


Рис. 3. Пример использования MCP1650 для драйвера светодиода работающего от батареи

### УПРАВЛЕНИЕ СВЕТОДИОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SERIC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Топология SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) использует дополнительный (чаще всего, сдвоенный) дроссель и обеспечивает следующие преимущества для приложений с питанием от батареи:

- Конвертер может работать как в повышающем, так и в понижающем режиме.
- Топология схемы обеспечивает защиту от короткого замыкания, за счет применения развязывающего конденсатора.

### ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПЛАТА С 3-ВАТТНЫМИ СВЕТОДИОДАМИ MCP1650DM-LED1

Плата демонстрирует применение семейства повышающих MCP165X контроллеров для работы с белыми светодиодами с входным напряжением в диапазоне 2,0 до 4,5 В. Пример схемы драйвера 3-ваттных светодиодов с питанием от батареи 3,6 В (SEPIC-преобразователь) представлен на рис. 4.

### ГЕНЕРИРОВАНИЕ ШИМ-СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

Существует множество путей генерирования управляющих ШИМ-сигналов для схем управления питанием:

- Модуль захвата-сравнения-ШИМ (ССР) может генерировать ШИМ. Длительность импульса сигнала контролируется таймером микроконтроллера и регистром скважности
- Усовершенствованный ССР (ЕССР) модуль позволяет одному ШИМ сигналу контролиро-

вать 2 или 4 выходных вывода для управления половиной моста или мостом соответственно/

- Контроллеры, которые имеют компаратор и ЕССР могут использовать сигнал компаратора для управления временем отключения ШИМ-сигнала.
- Микроконтроллеры с компараторами и SR-триггером могут использовать сигналы компаратора и/или импульсы таймера для включения и выключения выхода триггера/
- Периферийная микросхема внешней ШИМ также может быть использована. Данная опция используется, когда требуются несколько высокоскоростных ШИМ-каналов/
- ШИМ-сигналы могут быть сгенерированы программно. Данная опция более дешевая и используется когда требования к частоте ШИМ и разрешению скважности не очень высокие.

Микроконтроллеры PIC с интегрированным компаратором, такие как PIC12F609 могут быть использованы для разработки простого драйвера светодиодов. В PIC12HV609 добавляется внутренний регулятор, позволяющий работать от постоянного напряжения более 5 В.

Схема повышающего драйвера на компараторе представлена на рис. 5.

Пример использования PIC12HV615 в светодиодной RGB-схеме представлен на рис. 6.

### МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С РАСШИРЕННОЙ АНАЛОГОВОЙ ПЕРИФЕРИЕЙ

Некоторые контроллеры, такие как PIC16F616 имеют SR-триггер, который может использоваться совместно с компараторами и другими цифровыми

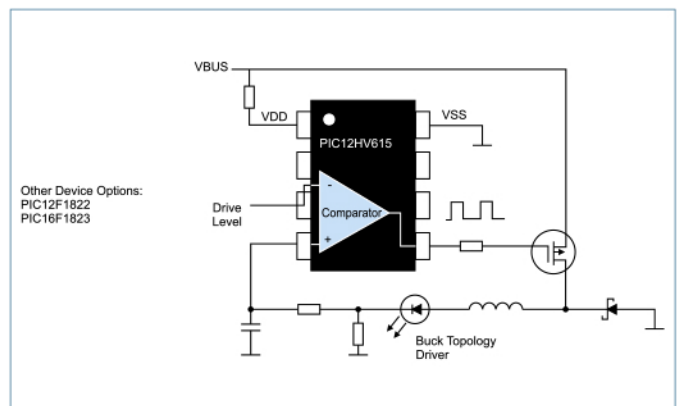


Рис. 5. Схема повышающего драйвера на компараторе



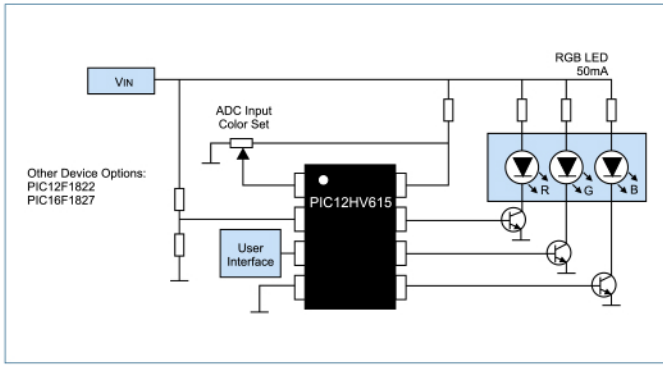


Рис. 6. Пример использования PIC12HV615 в светодиодной RGB-схеме

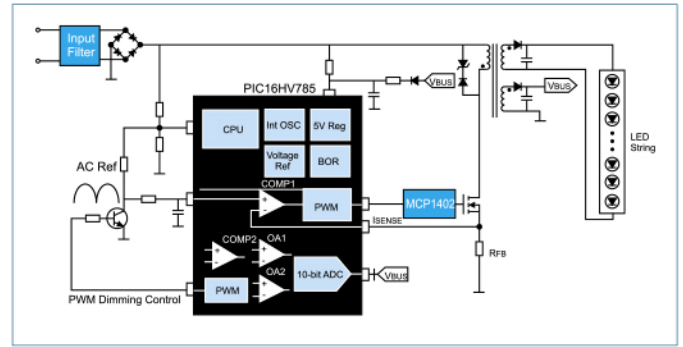


Рис. 7. Схема обратноходового конвертера на PIC16HV785 с корректором коэффициента Мощности и управлением яркости

сигналами. Цифровые сигналы, такие как импульсы таймера или сигналы компаратора могут быть запрограммированы для установки или сброса SR-триггера. Эти программные опции позволяют генерировать практически любой тип управляющего сигнала. PIC16F785 имеет два интегрированных операционных усилителя, два интегрированных компаратора, два SR-триггера и настраиваемый источник опорного напряжения. Эта комбинация периферийных устройств может быть сконфигурирована для выполнения большого числа схемных SMPS-топологий. Схема обратноходового конвертера на PIC16HV785 с корректором коэффициента мощности и управлением яркости представлена на рис. 7.

### ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ШИМ КОНТРОЛЛЕРЫ MCP1630 И MCP1631

MCP1630 и MCP1631 – контроллеры ШИМ, применяемые для драйверов мощных светодиодов. MCP1630 – 8-выводная микросхема, которая содержит компоненты, необходимые для аналогового генерирования ШИМ, включая усилитель сигнала ошибки, компаратор и вывод выходного тока для управления мощным транзистором. MCP1630 разработан для использования с микроконтроллером, который обеспечивает тактирование. Микроконтроллер задает частоту ШИМ и максимальный рабочий цикл. Максимальная частота 1 МГц. Микроконтроллер может также управлять опорным входом для усилителя сигнала ошибки, в том случае, когда требуются функция управления яркостью и плавный старт. Несколько MCP1630 устройств могут быть подключены к микроконтроллеру для поддержки нескольких каналов питания. Когда несколько MCP1630 устройств задействованы, фазовая компенсация может быть применена к каждому входу таймера для устранения пульсаций тока шины. MCP1631 – это 20-

выводная микросхема, которая в дополнение к функциональности MCP1630 имеет внутренний 5 и 3,3 В регулятор, управление выключением, защиту от перенапряжения, отключение осциллятора и усилители с коэффициентом умножения 10. Схема повышающего светодиодного драйвера на MCP1630 представлена на рис. 8.

### ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ ПЛАТА ПОВЫШАЮЩЕГО СВЕТОДИОДНОГО ДРАЙВЕРА MCP1630DM-LED2

Это демонстрационная плата является расширенным DC-DC преобразователем, используемым для применений с мощными светодиодами. Плата имеет источник постоянного тока 350 или 700 мА (выбор осуществляется с помощью переключки). Диапазон входного рабочего напряжения 9916 В. Плата может поддерживать группы мощных светодиодов, мощностью до 30 Вт.

### ПРИМЕР ДИЗАЙНА ПРОГРАММИРУЕМОГО ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЦИФРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ MCP631RD-DCRS1

Эта SEPIC DC-DC конвертор для применения с мощными светодиодами и зарядка батареи. Диапазон входных напряжений 3,5516 В, а максимальная выходная мощность 8,5 Вт.

### ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОТИВ АНАЛОГОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Светодиоды могут управляться полностью цифровой системой. Вместо измерения тока светодиода с помощью цепи операционного усилителя или компаратора, ток светодиода определяется АЦП. Обычно используется ПИД-закон регулирования. Цифровая ШИМ-периферия используется для

управления светодиодами. Цифровой алгоритм вычисляет выходные параметры, базирясь на входных и обеспечивая рабочий цикл для ШИМ-периферии. Сравнение функций аналогового и цифрового управления представлено на рис. 9.

### ДЕШЕВОЕ ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Некоторые применения источников питания требуют быстрого динамического отклика для компенсации изменения нагрузки. В этих применениях требуется быстрый АЦП и высокая производительность. Однако, светодиод обеспечивает стабильную нагрузку для источников постоянного тока. Вследствие этого, быстрый АЦП и быстрая обработка не всегда требуются для корректной работы цифровой системы регулирования в применениях с драйверами светодиодов. Недорогие микроконтроллеры семейств PIC12F или PIC16F с ССР периферией и АЦП могут быть использованы для управления светодиодами. ССР периферия используется в режиме ШИМ для управления схемой источника питания. Тактируемая от внутреннего 8 МГц генератора, ССР может обеспечить ШИМ-частотой выше 100 кГц для минимизации размеров силовых компонентов. В виду того, что светодиод обеспечивает постоянную нагрузку, достаточно измерять выходной ток и настраивать скважность ШИМ с меньшим разрешением. Выборка 1000 Гц является идеальной для многих применений. Схема повышающего светодиодного драйвера на PIC12HV615 представлена на рис. 10.

### ПРИМЕР МОДУЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПОДСВЕТКИ APRGD004

Пример модуля автомобильной подсветки демонстрирует управление RGB светодиодными устройствами используя микроконтроллер. Этот модуль

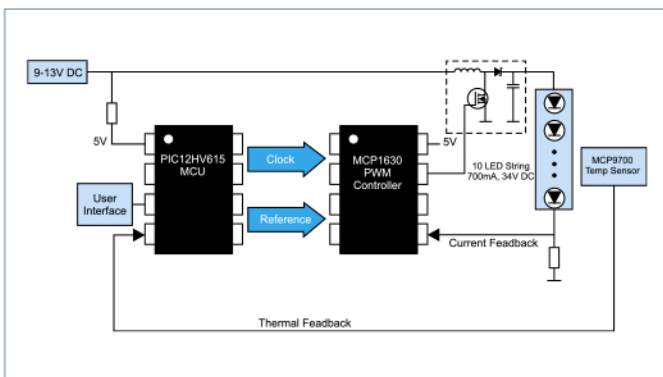


Рис. 8. Схема повышающего светодиодного драйвера на MCP1630

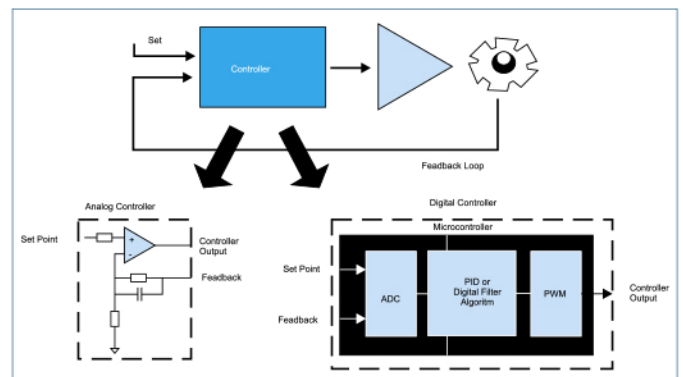


Рис. 9. Сравнение функций аналогового и цифрового управления

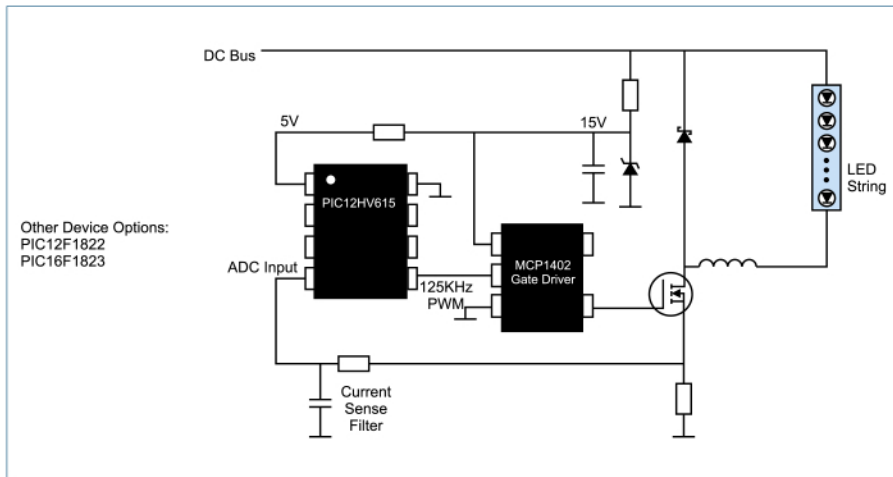


Рис. 10. Схема повышающего светодиодного драйвера на PIC12HV615

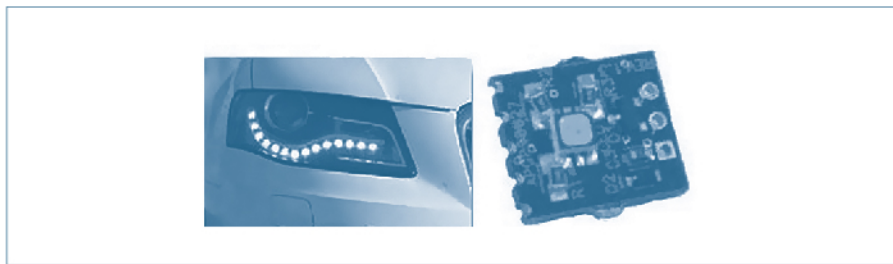
может управляться удаленно с помощью главного контроллера посредством LIN-шины. Эти модули предлагаются в очень компактном исполнении и содержат микроконтроллер PIC12F615, MCP2021 LIN приемопередатчик/регулятор напряжения и RGB светодиод. Команды LIN интерпретируются модулем для управления смещением цветов (16 383 цветов) и интенсивностью (1023 уровней). Комплект поставляется с 4 модулями для назначения

зоны освещения как в сеть LIN, так и в сеть J2602. Эти модули могут работать с анализатором APGDT001 LIN для быстрого создания рабочей LIN сети. ■

### ЛИТЕРАТУРА

1. AN1114 — Switch Mode Power Supply (SMPS) Topologies (Part I), DS01114
2. AN1207 — Switch Mode Power Supply (SMPS) Topologies (Part II), DS01207

3. MCP1252/3 Data Sheet, DS21572
4. MCP1252 Charge Pump Backlight Demo Board User's Guide, DS51551
5. MCP1252/3 Evaluation Kit User's Guide, DS51313
6. DG10 — Power Solutions Design Guide, DS21913
7. MCP1650 3W White LED Demo Board User's Guide, DS51513
8. MCP1640/B/C/D Data Sheet, DS22234
9. MCP1650/51/52/53 Data Sheet, DS21876
10. MCP1650 Multiple White LED Demo Board User's Guide, DS51586
11. AN948 — Efficiently Powering Nine White LEDs Using the MCP1650, DS00948
12. AN980 — Designing a Boost-Switching Regulator with the MCP1650, DS00980
13. DG10 — Power Solutions Design Guide, DS21913 MCP1650/51/52/53 Data Sheet, DS21876
14. AN980 — Designing a Boost-Switching Regulator with the MCP1650, DS00980
15. DG10 — Power Solutions Design Guide, DS21913
16. AN874 — Buck Configuration High-Power LED Driver, DS00874
17. AN1074 — Software PWM Generation for LED Dimming and RGB Color Applications, DS01074
18. AN1035 — Designing with HV Microcontrollers DS01035
19. AN1047 — Buck-Boost LED Driver Using the PIC16F785 MCU, DS01047
20. AN1271 — Offline Power Converter for High Brightness LEDs Using the PIC16HV785 Microcontroller, DS01271
21. PIC16F785/HV785 Device Data Sheet, DS41249
22. MCP1630/MCP1630V Device Data Sheet, DS21896
23. MCP1631 Device Data Sheet, DS22063
24. AN1138 — A Digital Constant Current Power LED Driver, DS01138
25. AN829 — LightKeeper Automotive Lighting Control Module, DS00829



## КОМПАНИЯ MICROCHIP ПРЕДСТАВЛЯЕТ САМЫЕ МАЛЕНЬКИЕ, ДЕШЕВЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ PIC32

### Ключевые особенности:

- Первые PIC32 с периферией для аудио приложений и с поддержкой емкостных сенсоров.
- Интегрированная поддержка интерфейса I<sup>2</sup>S, USB 2.0 и переназначение функций цифровых портов.
- Восемь новых корпусов с числом выводов от 28 до 44, миниатюрные корпуса до 5x5 мм.
- Быстродействие до 61 DMIPS.
- Новые отладочные платы с питанием от USB и PIM-модули для Explorer 16.

Компания Microchip анонсирует новую серию маловыводных 32-битных микроконтроллеров PIC32, которые имеют быстродействие 61 DMIPS и корпуса с минимальным размером 5x5 мм. Новые контроллеры предназначены для дешевых устройств с жесткими требованиями по цене. Две новые серии контроллеров PIC32 MX1 и MX2 это самые дешевые и миниатюрные контроллеры среди 32-разрядных PIC32 и первые контроллеры PIC32 с аудиопериферией и модулем поддержки емкостных сенсорных датчиков. Эти новые контроллеры имеют дополнительную периферию, что делает их пригодными для ряда приложений, включая потребительскую электронику, промышленные, медицинские и автомобильные устройства.

Новые контроллеры специфицируются на работу в температурном диапазоне до 105 °C, контроллеры PIC32 MX1 и MX2 содержат до 32 кбайт Flash-памяти программ и 8 кбайт ОЗУ; два I<sup>2</sup>S-интерфейса для аудиоприложений; модуль измерения времени заряда (Charge Time Measurement Unit — CTMU)

для обработки сигналов и построения емкостных клавиатур; 8-разрядный параллельный порт (Parallel Master Port — PMP) для подключения к дисплеям и внешней памяти. Новые контроллеры имеют 10-разрядный АЦП со скоростью 1 М выборки в секунду и полноскоростной интерфейс USB 2.0. Микроконтроллеры будут производиться в 8-корпусных исполнениях с 28 и 44 выводами. Для удобной разводки платы семейство имеет функцию переназначения выводов (Peripheral Pin Select — PPS).

Простота перехода на семейства PIC32 MX1 и MX2 с 16-битных PIC24F обеспечивается совместимостью по выводам, библиотекам и средствам разработки и отладки, включая новую среду MPLAB® X IDE.

Компания Microchip также предлагает стартовые комплекты MPLAB Starter Kit (номер для заказа DM320013), с ценой от \$109.99, поддерживающий новые микроконтроллеры PIC32MX1XX/2XX. Отладочный комплект получает питание от USB, содержит контроллер PIC32MX220F032 с 32 кбайт Flash-памяти программ и 8 кбайт ОЗУ, 2-дюймовый цветной TFT-дисплей (разрешением 220x176 точек), емкостной слайдер и емкостные кнопки, слот для SD-карты памяти и 24-битный звуковой кодек для работы со звуком. В дополнение доступны новые платы «PIC32MX CTMU Evaluation Board» (номер AC323027), с ценой от \$24.95; и PIC32MX220F032D процессорный модуль (номер для заказа MA320011), с ценой от \$24.95, для подключения к отладочной плате Explorer 16.

Контроллеры PIC32MX110F016B и PIC32MX220F032 доступны в 28-выводных SPDIP, SSOP, SOIC и QFN-корпусах, в 36-выводных TLA-корпусах с шагом выводов 0,5 мм и в 44-выводных корпусах QFN, TLA и TQFP.

Для получения дополнительной информации посетите сайт компании [www.microchip.com/get/7NBT](http://www.microchip.com/get/7NBT)



# 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 позволит 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](http://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.

## АНАЛИЗАТОР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ PICKIT SERIAL ANALYZER (DV164122)

Анализатор последовательных протоколов USART, I<sup>2</sup>C, 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, I<sup>2</sup>C, 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.

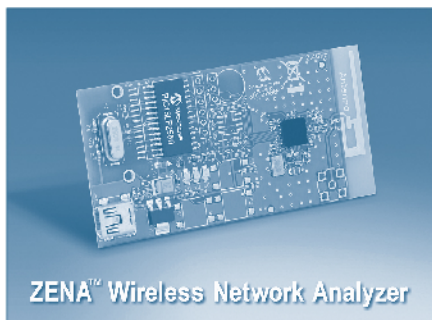
Таблица. Сравнительная характеристика внутрисхемных отладочных средств

Параметр	PICKit 3	MPLAB ICD 3	MPLAB REAL ICE
Скорость USB	Full	High и Full	High и Full
Драйвер USB	HID	Microchip	Microchip
Программируемый VPP	+	+	+
Питание микроконтроллера	+	+	–
Защита от перегрузки по току/напряжению	Программно	Аппаратно	Аппаратно
Точки останова	Обычные	Комплексные	Комплексные
Программные точки останова	–	+	+
Возможность программирования без подключения к ПК	+, до 512 кбайт	–	–
Трассировка кода	–	–	+
Трассировка SPI, портов и т. п.	–	–	+
Захват данных	–	–	+
Логический пробник	–	–	+
Высокоскоростной модуль отладки (LVDS)	–	–	+
Промышленный программатор	–	+	+



В комплект поставки также входит демонстрационная плата для работы с 28-выводными микроконтроллерами. Плата включает: установленный микроконтроллер PIC16F886, кнопку, светодиоды, разъемы для подключения программатора PICkit2 и анализатора PICkit Serial Analyzer, макетное поле для создания своей схемы. В микроконтроллер прошита тестовая программа, эмулирующая работу с тремя устройствами с интерфейсом I<sup>2</sup>C: EEPROM, АЦП и часы реального времени, что позволяет исследовать работу интерфейса I<sup>2</sup>C с помощью анализатора протоколов PICkit Serial Analyzer.

### ZENA™ NETWORK ANALYZER (DM183023)



Zena™ Network Analyzer (DM183023) представляет собой плату, подключаемую по USB к персональному компьютеру и программное обеспечение, наглядно показывающее топологию сети и прохождение пакетов в беспроводной сети. Программное обеспечение Zena содержит инструменты для создания конфигурации и скрипта линкера в зависимости от пользовательского приложения. Демонстрационная версия программы Zena является частью бесплатного стека протоколов ZigBee и MiWi и позволяет создавать исходные коды программы под конкретную пользовательскую задачу и анализировать предварительно записанный сетевой трафик. Полнофункциональная версия работает с платой, которая анализирует радиочастотный трафик и связывается с компьютером по USB интерфейсу. Плата позволяет захватывать и анализировать в реальном времени сетевые пакеты ZigBee и MiWi сетей, а использование фильтров пакетов и адресов устройств позволяют гибко конфигурировать отображаемые пакеты для легкого поиска нужной информации.

- Позволяет уменьшить размер кода стека протоколов путем выкидывания ненужных свойств сети.
- Уменьшает время разработки благодаря простому взаимодействию со стеком.

- Окно конфигурации сети позволяет в реальном времени отслеживать трафик и пути прохождения данных между узлами сети.
- Весь трафик может быть записан в файл для последующего анализа сетевого трафика.

### 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 схемотехника и разводка самих плат. Многие демоплаты являются взаимодополняющими и могут работать вместе, организуя единую более сложную систему. Далее приведен перечень и краткие описания к наиболее популярным отладочным платам и комплектам Microchip.

### ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 8-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC18CRO



#### MPLAB® Starter Kit for PIC18F MCU (DM180021)

- На базе микроконтроллера PIC18F46J50 (64 кбайт Flash, 4 кбайт RAM) с новейшей технологией микрочипа 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.

#### PICkit 3 Debug Express (DV164131)

- На базе микроконтроллера PIC18F45K20.
- 12 базовых уроков по работе с периферией.
- Внутрисхемный отладчик PICkit3.

#### Low Pin Count USB Development Kit (DM164126/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.

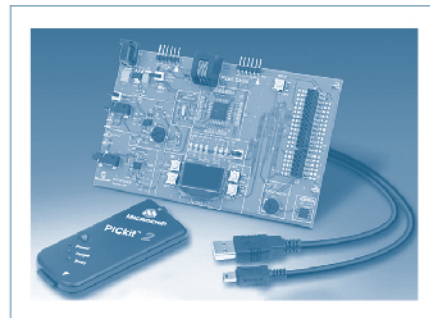
#### PICDEM Full Speed USB (DM163025)

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

#### PIC18F87J50/PIC18F46J50 FS USB Demo Board (MA180021/180024)

- Микроконтроллер PIC18F87J50/PIC18F46J50 с USB и новейшей технологией Микрочипа nanoWatt XLP.
- Плата может быть использована, как модуль расширения к HPC Explorer Board (DM183022) или PIC18 Explorer Board (DM183032).

#### PIC18F4XK20 Starter Kit (DM164124)



- Микроконтроллер PIC18F46K20.
- Дисплей 128×64 OLED (SPI).
- Внешний осциллятор 32,768 кГц (Timer1).
- Фильтрация и регулируемое усиление аналогового сигнала на RE1.
- Фильтрация выхода ШИМ на RC2.



- 4 кнопки, кнопка MCLR, 8 LED, выведенных на PORTD, потенциометр.
- SPI EEPROM 25LC1024.
- Все выводы контроллера выведены на разъем PICtail™.
- ICSP™-интерфейс для внутрисхемного программирования/отладки.
- 6-выводный интерфейс для анализатора последовательных протоколов PICkit Serial Analyzer.

#### 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 В 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.

#### PIC18 Development Kit (DV164136)

PICDEM PIC18 Explorer (DM183032) + источник питания 9 В + PICkit3

#### PICDEM 2 Plus (DM163022)

- Поддержка 18-, 28- и 40-выводных микроконтроллеров PIC16XXXX и PIC18XXXX (колодки под DIP-корпуса).
- В комплекте микроконтроллеры PIC18F4520 и PIC16F877A.
- 2x16 ЖКИ.
- Большое макетное поле.
- Пьезодинамик, управляемый с ШИМа.
- I<sup>2</sup>C датчик температуры TC74.
- 4 светодиода.
- 2 пользовательских кнопки и кнопка сброса.
- Разъем для подключения внутрисхемного отладчика.
- Работа от внешнего источника 9 В или от батареи.

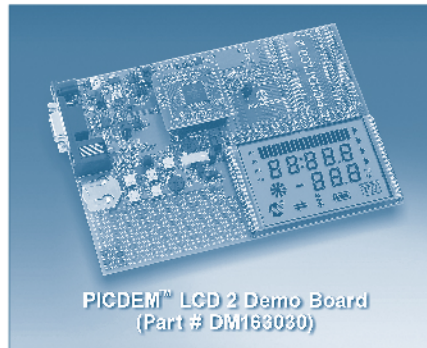
#### PICDEM 4 (DM163014)

- Поддержка 8-, 14- и 18-выводных 8-битных PIC-микроконтроллеров (колодки под DIP-корпуса).
- В комплекте микроконтроллеры PIC18F1320 и PIC16F627A.
- Пользовательские светодиоды и кнопки.
- 2x16 ЖКИ.
- Разъем для подключения внутрисхемного отладчика.
- Работа от внешнего источника 9 В или от батареи.
- Посадочное место под LIN-трансивер и драйвер двигателя.
- Режим работы от заряженного конденсатора.

#### PICDEM HPC Explorer (DM183022)

- В комплекте микроконтроллер PIC18F8722 (128 кбайт Flash, 80-выводный TQFP корпус).
- Поддержка сменных модулей PIC18 J-серии.
- Разъем для подключения внутрисхемного отладчика.
- Разъем для источника питания и программируемый регулятор напряжения от 2 до 5,5 В.
- Кварцевый генератор 10 МГц (+встроенный 4xPLL = 40 МГц тактовая частота).
- Потенциометр, выведенный на 10-бит АЦП.
- I<sup>2</sup>C датчик температуры TC74.
- Пользовательские 8 LED, выведенные на PORTD, и кнопки.
- Разъем RS-232, выведенный на UART1.
- Кнопка бутоадера (для готового ПО бутоадера — загрузчик по последовательному интерфейсу).
- Разъем для подключения плат расширения PICtail™.

#### 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.

#### PICDEM Low Voltage Motor Control (DM183021)

- В комплекте контроллеры PIC18F2431 и dsPIC30F3010.
- Графический интерфейс для управления двигателями.
- Клеммная колодка для подключения двигателя.
- Инвертер 3-фазного напряжения.
- Входы для датчиков перемещения.
- Защита от перегрузки по току, уровень программируется при помощи потенциометра.
- Датчик температуры с I<sup>2</sup>C-интерфейсом.
- Пользовательские кнопки и кнопка сброса.
- 9 LED, 3 — общего назначения, 6 — индикация ШИМ.
- Тестовые контрольные точки для измерения тока и противоЭДС.
- Потенциометр для управления скоростью вращения двигателя.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.
- Разъем RS-232, выведенный на UART.

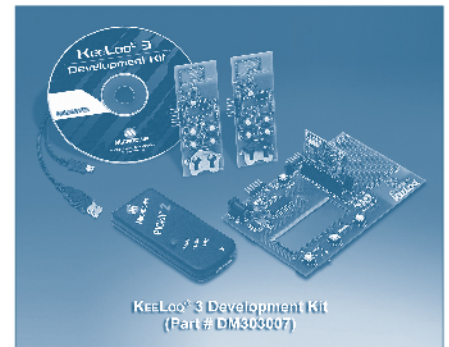
#### Mechatronics (DM163029)

- В комплекте контроллер PIC16F917.
- Колодка для подключения 20- и 40-выводных контроллеров в DIP-корпусах.
- 8 пользовательских светодиодов и ЖКИ.
- Шаговый и щеточный двигатель постоянного тока.
- Защита от перегрузки по току.
- Датчик температуры с аналоговым выходом TC1047A.
- Пользовательские кнопки, 2 потенциометра.
- Кварц 32,768 кГц для часов реального времени (RTCC).
- Оптический датчик скорости вращения щеточного двигателя.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.
- Разъем RS-232, выведенный на UART.

#### Passive Keyless Entry Board (APGRD001)

- Базовая станция на PIC18F2680, брелок транспондера на PIC16F639, приемник/декодер на PIC16F636.
- Пример реализации автоиммобилайзера или любой другой транспондерной системы беспроводной бесконтактной идентификации.
- Базовая станция: связь по CAN (MCP2551) и LIN (MCP201) интерфейсам; детектор расстояния до транспондера, избирательность по серийному номеру транспондера, НЧ передатчик (TC4422).
- Транспондер: 5 пользовательских кнопок, три НЧ приемных канала (антенны в трех ортогональных плоскостях), передатчик 433 МГц.
- Приемник/декодер: связь с базовой станцией по LIN (MCP201) интерфейсу, приемник и декодер сигнала транспондера.

#### Keeloq 3 Development Kit (DM303007)



- На базе 28-выводного 8-битного микроконтроллера PIC16F886.
- В комплекте 2 платы передатчиков, 1 плата приемника.
- 128-битный ключ, двунаправленная связь для проверки подлинности.
- Поддержка нескольких алгоритмов шифрования, таких как XTEA и AES.

#### Low Power Solutions Board (DM163026)

- Плата для изучения возможностей технологии микропотребления nanoWatt.
- В комплекте микроконтроллер PIC18F4620.
- Сегментный ЖКИ.
- Разъем RS-232, выведенный на UART.
- Пользовательские кнопки и светодиоды.
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.

- Ультразвуковой передатчик на CMOS-драйвере TC1428.
- Ультразвуковой приемник на ОУ MCP6293.
- Датчик температуры с аналоговым выходом TC1047A.
- Контрольные точки для измерения потребляемого тока.

#### PIC10F Capacitive Touch Board (AC103003)

- обработка емкостного датчика на базе PIC10F206 в качестве кнопки или датчика близости.

#### PICDEM Lab Development Kit (DM163035)

- В комплекте PIC16F690, PIC16F88 PIC16F616, PIC12F615, PIC10F206.
- Макетное поле, позволяющее осуществлять электрические соединения без пайки.
- Набор выводных элементов (светодиоды, резисторы, конденсаторы, проводники, кнопки, транзисторы, диоды, потенциометры).

#### Internet Radio Demonstration Board (DM183033)

- На базе микроконтроллера PIC18F67J60 со встроенным Ethernet-контроллером 10Base-T.
- разъем RJ-45 с интегрированным трансформатором и светодиодами статуса.
- VLSI VS1011E MPEG аудиокодек для проигрывания MP3.
- 256 кбит последовательной SRAM-памяти для буферизации TCP-пакетов и даны MP3.
- OLED-дисплей для отображения исполнителя, названия трека, радиостанции и IP-адреса демоплаты.
- Кнопки для выбора станции, регулировки громкости и нижних звуковых частот (бас).
- Разъем для подключения внутрисхемного отладчика.

#### PICDEM Touch Sense 1 Demo Board (DM164125)



- В комплекте PIC16F677 и PIC16F887.
- Пользовательский интерфейс на базе емкостных сенсоров: кнопки, слайдер, D-pad.
- Обработка емкостных сенсоров при помощи модуля CTMU.
- ПО для ПК и МК "mTouch Sensing Solutions" для оптимальной настройки работы сенсоров через PICKIT Serial Analyzer.
- Разъем для внутрисхемного программирования.

#### Tire Pressure Monitoring System Reference Design (APGRD003)

- Пример реализации датчика давления в шинах.
- Базовая станция на микроконтроллере PIC18F4680, поддержка до 5 шин, отображение давления, температуры, связь по CAN, LIN и радиоканалу.

- НЧ инициатор на базе PIC18F2680, связь по CAN, LIN и радиоканалу.
- MCP2030 для детектирования 125 кГц сигнала + PIC16F684 для обработки, измерение температуры и давления, связь по радиоканалу.

## 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.
- 128x64 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.

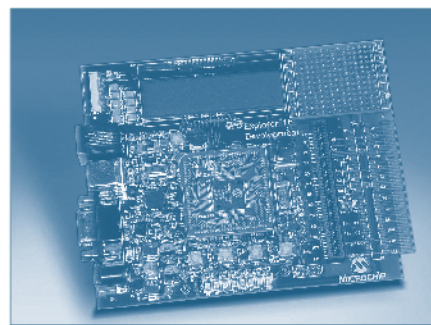
### PICDEM Touch Sense 2 Demo Board (DM164128)

- На базе микроконтроллера PIC24F256GB110.
- Пользовательский интерфейс на базе емкостных сенсоров: кнопки, слайдер, D-pad.
- Обработка емкостных сенсоров при помощи модуля CTMU.
- ПО для ПК и МК "mTouch Sensing Solutions" для оптимальной настройки работы сенсоров.
- Соединение с ПК по USB (USB-модуль контроллера PIC24F256GB110).
- Разъем для внутрисхемного программирования.

### 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 CTMU.
- 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.

### 16-Bit 28-Pin Starter Board (DM300027)

- В комплекте 2 микроконтроллер: PIC24FJ64GA002 и dsPIC33FJ12GP202.
- Стабилизаторы напряжения для работы на 3,3 или 5 В.
- Работа от внешнего источника 9 В или от USB.
- Подключение к ПК через виртуальный COM-порт (эмуляция UART через USB-мост).
- Разъем для подключения внутрисхемных отладочных средств.
- Макетное поле с посадочными местами под SOT23 и SOIC, пользовательские кнопки и светодиоды.

## ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ 32-БИТНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC32

### PIC32 Starter Kit (DM320001)

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

### PIC32 USB Starter Board (DM320003)

- На базе микроконтроллера PIC32MX460F512L с модулем USB (512 кбайт Flash, 32 кбайт RAM, 4xDMA, 100 выводов).
- Интегрированный внутрисхемный отладчик/программатор.





- Питание от USB.
- Огромное количество примеров по работе с различной периферией PIC32.
- Разъем USB micro-AB для работы с USB-модулем контроллера (в т. ч. USB OTG).

**Explorer16 + PIM PIC32 (DM240001+ MA32000x)**  
См. DM240001 в разделе PIC24.

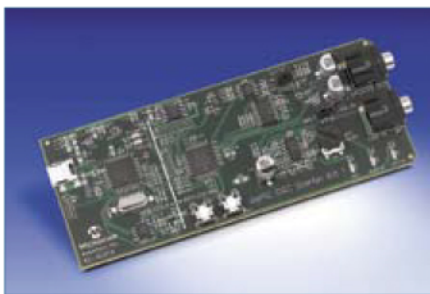
## ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА DSPIC

**Explorer16 (DM240001)**  
См. DM240001 в разделе PIC24

### 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.

### MPLAB Starter Kit for dsPIC DSCs (DM330011)



- На базе микроконтроллера dsPIC33FJ256GP506 (256 кбайт Flash, 16 кбайт RAM).
- Питание от USB.
- Интегрированный отладчик/программатор.
- Кодек 16/24/32 бита с частотой сэмплирования до 48 кГц.

- Захват и проигрывание звука с использованием 12-битного АЦП и ШИМ.
- Микрофонный и линейный входы с подстраиваемым усилением.
- Усилитель на наушники 100 мВт с цифровым управлением громкостью.
- Пользовательские кнопки, светодиоды, потенциометр.
- 4 Мбит последовательной Flash-памяти.
- Датчик температуры.

### dsPICDEM 80-pin Starter Development Board (DM300019)

- В комплекте 2 сменных модуля с контроллерами dsPIC30F6014A и dsPIC33FJ256GP710.
- Пользовательские кнопки, светодиоды, потенциометр.
- Входной фильтр + ЦАП и выходной фильтр + АЦП для записи и воспроизведения голоса.
- Поддержка сменных модулей с контроллерами (PIM).
- Макетное поле.

### 16-Bit 28-Pin Starter Board (DM300027)

См. в разделе PIC24 (dsPIC33FJ12GP202).

### dsPICDEM 1.1 Plus (DM300024)

- В комплекте контроллер dsPIC30F6014A.
- Поддержка сменных модулей с контроллерами (PIM).
- 2 UART, SPI, CAN, RS-485.
- Голосовой кодер Si3000, микрофонный вход и выход на динамики.
- Макетное поле.
- ЖКИ 122x32 точек.
- Разъем для внутрисхемных отладчиков.
- Пользовательские светодиоды, кнопки и потенциометр.
- Датчик температуры.
- Примеры программ контроллера.

### dsPICDEM2 Development Board (DM300018)

- Колодки для 18-, 28- и 40-выводных PIC-контроллеров в PDIP- и SPDIP-корпусах.
- В комплекте контроллер dsPIC30F4011.
- Разъем для подключения внутрисхемного отладчика, возможность работы по альтернативному каналу отладки.
- RS-232 и CAN-интерфейсы.
- Датчик температуры и потенциометр, выведенные на АЦП.
- Пользовательские кнопки и светодиоды.
- Символьный двухстрочный 2x16 ЖКИ с SPI-интерфейсом.

### dsPICDEM MC1 Motor Control Development Board (DM300020)

- На базе контроллера моторной серии dsPIC30F6010.
- Полностью автоматизированная защита силовой схемы.
- Плата, электрическая изолированная от силовой схемы.
- Поддержка нескольких силовых модулей для управления двигателями:
  - DM300021 — трехфазный высоковольтный силовой модуль.
  - DM300022 — трехфазный низковольтный силовой модуль.

- AC300020 — трехфазный низковольтный BLDC-двигатель (24 В).
- AC300021 — трехфазный высоковольтный ACIM-двигатель (208/460 В).

### PICDEM Low Voltage Motor Control (DM183021)

См. в разделе 8-bit z (dsPIC30F3010).

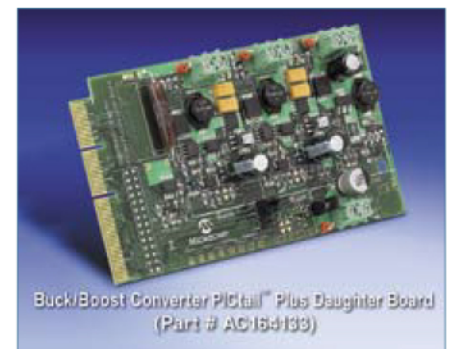
### Explorer16 + PIM PIC32 (DM240001)

См. DM240001 в разделе PIC24.

### dsPICDEM SMPS Buck Development Board (DM30002)

- 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)

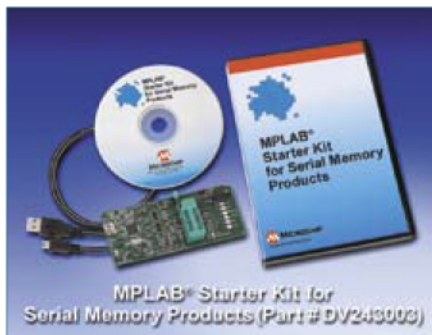


- Требуется Explorer16 и PIM MA330020 — dsPIC33FJ16GS504 (SMPS-контроллер).
- 2 понижающих и один повышающий преобразователи: 3 выходных напряжения 3,3 В при 3 А, 5 В при 3 А, 20 В при 0,75 А.
- Цифровое PID-управление преобразователем мощности.
- Работа на динамическую нагрузку.
- Поддерживается симулятором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

## ОБЗОР ОТЛАДОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ ПАМЯТИ EEPROM

### MPLAB Starter Kit for Serial Memory Products (DV243003)

- Поддержка EEPROM-памяти с последовательным интерфейсом UNI/O, I<sup>2</sup>C, SPI и Microwire.
- Связь с ПК по USB.



- По "Integrated Serial EEPROM interface tool" и "Total Endurance software model".

## 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.

### ECAN/LIN PICtail Plus Daughter Board (AC164130)

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.

### MCP2515 PICtail Plus Daughter Board (MCP2515DM-PTPLS)

Плата расширения для ознакомления и освоения CAN (Controller Area Network).

- CAN-драйвер MCP2515.
- CAN-трансивер MCP2551.
- Контрольные точки по всем управляющим сигналам.
- Разъем для подключения анализатора последовательных протоколов PICkit Serial Analyzer.

### 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 трех 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.

### 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.

### Speech Playback PICtail Plus Daughter Board (AC164125)

Плата расширения для ознакомления с записью и воспроизведением речи с использованием алгоритма ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation).

- 250 кбит последовательной EEPROM для хранения записанной речи.
- ФНЧ 4-го порядка, выступающего в роли ЦАП.
- Моновыход на встроенный динамик, либо стерео на наушники.

- Компрессия звуковых данных по алгоритму ADPCM.
- Потенциометр для управления звуковым усилителем.

### ZeroG PICtail Plus Daughter Board (AC164136-2)



Плата расширения предназначена для разработки и отладки беспроводных сетей WiFi.

- Радиочастотный WiFi-трансивер ZG2100M.
  - Печатная антенна и возможность подключения внешней.
  - Совместим с IEEE 802.11.
  - Поддержка бесплатным стеком протоколов TCP/IP.
- Prototype PICtail Plus Daughter Board (AC164126)**  
Плата с большим макетным полем, обеспечивающая доступ ко всем выводам микроконтроллера.

### PICDEM Z MRF24J40 2.4 GHz Daughter Card (AC163027-4)

Плата расширения предназначена для разработки и отладки беспроводных сетей MiWi и ZigBee.

- Радиочастотный трансивер MRF24J40 диапазона 2,4 ГГц.
- Печатная антенна
- Совместим с IEEE 802.15.4.
- Поддержка бесплатных протоколов MiWi и ZigBee.

### MRF49XA PICtail Plus Daughter Board 433.92/868/915 MHz (AC164137-x)



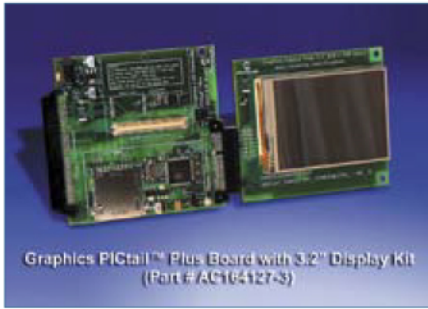
Плата расширения предназначена для разработки и отладки беспроводных сетей субгигагерцового диапазона (433,92/868/915 МГц).

- Модуль включает антенну.
- На базе приемопередатчика MRF49XA.
- 2 вариации: AC164137-1 — 433,92 МГц, AC164137-2 — 868/915 МГц.

### Motor Control Interface PICtail Plus D-Card (AC164128)

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





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

#### Graphics PICtail Plus Daughter Board (AC164127-x)

Платы для освоения бесплатной графической библиотеки Microchip:

- AC164127-3 — AC164127-4 + AC164127-5.
- AC164127-4 — Truly 3.2" QVGA TFT-дисплей с параллельным 18-битным RGB-интерфейсом и 4-проводной резистивной тач-панелью.
- AC164127-5 — плата с контроллером Solomon Systech SSD1926 (PIC PMP->RGB TFT), разъем для подключения SD/MMC карт памяти по 4-проводному интерфейсу, 16 Мбит последовательной flash-памяти для хранения данных.
- AC164127-6 — Powertip 4.3" 480x272 WQVGA TFT-дисплей с параллельным 24-битным RGB-интерфейсом и 4-проводной резистивной тач-панелью.

#### PICtail Ethernet Board (AC164121)

Плата расширения для подключения 8-битных контроллеров к 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.

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

За более подробной информацией всегда можно обратиться на сайт [www.microchip.com/developmenttools](http://www.microchip.com/developmenttools) или к инженерам «Гамма Санкт-Петербург». Если Вам интересуют 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](http://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). ■

## КОМПАНИЯ MICROCHIP ЗАПУСКАЕТ ПРОИЗВОДСТВО НОВОГО СЕМЕЙСТВА КОНТРОЛЛЕРОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ dsPIC33 И МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ PIC24 С УЛУЧШЕННЫМ ЯДРОМ И БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ 60 MIPS

Ключевые особенности:

- Большой объем памяти: 536 кбайт Flash-памяти программ и 52 кбайт ОЗУ
- Высокая интеграция, включая USB 2.0 OTG и большое число портов ввода-вывода
- Быстрое освоение за счет двух отладочных комплектов «USB Starter Kit» и пяти Plug-in-модулей
- Полная совместимость с существующими контроллерами dsPIC33F и PIC24H/PIC24F, включая библиотеки и средства разработки

Компания Microchip анонсирует появление новых 16-разрядных с быстродействием 60 MIPS (млн инструкций в секунду) контроллеров цифровой обработки сигналов dsPIC® и микроконтроллеров PIC24. Основанные на ядре следующего поколения, контроллеры «E-семейства» dsPIC33 и PIC24 предлагают больше памяти и большую интеграцию по сравнению с контроллерами dsPIC33 и PIC24 предыдущего поколения. Новое семейство имеет до 536 кбайт Flash-памяти программ, 52 кбайт ОЗУ, больше портов ввода/вывода в корпусах до 144 выводов, интерфейс USB 2.0 OTG и расширенные функции по управлению электроприводом, а также периферию для графических и аудиозадач. Для поддержки разработок и изучения новых девяти контроллеров dsPIC33 и PIC24 «E-семейства», Microchip предлагает два USB стартовых комплекта и пять Plug-In модулей, которые могут быть использованы с отладочной платой «Multimedia Expansion Board», отладочными комплектами для управления электроприводами и отладочной платой Explorer 16. Так же доступно 30 программных библиотек и примеров применения, таких как обработка звука и голоса, шифрования и кодирования, беспроводной связи, TCP/IP и Ethernet, а так же управления электроприводами.

Новые контроллеры Microchip dsPIC33E и PIC24E полностью совместимы с существующими контроллерами dsPIC33F и PIC24H/PIC24F по программным библиотекам и отладочным средствам, что предоставляет возможности наращивания функций и быстродействия для существующих проектов. Новая периферия, такая как USB 2.0 On-The-Go (OTG), предоставляет возможность соединения контроллеров с персональными компьютерами, Flash-накопителями и другими USB-устройствами, а быстродействие до 60 MIPS позволяет создавать быстродействующие промышленные и коммерческие продукты, такие как управление сервоприводами, инвертеры солнечных батарей, одновременное управление двумя 3-фазными приводами. В дополнение к существующей периферии, новые контроллеры имеют независимые ШИМ-генераторы с поддерж-

кой управления несколькими шаговыми двигателями. Три интегрированных аналоговых компаратора позволяют уменьшить стоимость системы и уменьшить число внешних компонентов.

Контроллеры dsPIC33 и PIC24 первого поколения «E-семейства» так же содержат четыре SPI, четыре UART и два I<sup>2</sup>C™ интерфейса. Новый вспомогательный модуль Flash-памяти позволяет программировать или стирать данные в памяти без остановки ядра ЦПУ, что критично для задач управления электроприводами, источников питания и многих других применений, которые требуют перепрограммирования микроконтроллера «на лету». Прямой Доступ к Памяти (Direct Memory Access — DMA) получил возможность автоматического старта соответствующего канала DMA и улучшенных возможностей отладки с реализацией сложных точек останова. Так же новые контроллеры получили новые возможности таймеров и модулей Захвата и Сравнения.

Отладочные комплекты «USB Starter Kit» (номер для заказа DM330012) и «PIC24E USB Starter Kit» (номер для заказа DM240012) могут быть использованы как отдельные отладочные платформы, а также могут использоваться совместно с другими отладочными платами Microchip, например с «Multimedia Expansion Board» (номер для заказа DM320005) для разработки высококачественного графического интерфейса пользователя.

Различные подключаемые процессорные модули (Plug-In Modules — PIM) совместимы с отладочной платформой «отладочными комплектами, включая dsPICDEM™ MCHV (номер для заказа DM330023), dsPICDEM MCLV (DM330021) и dsPICDEM MCSM (DM330022). Приложения общего назначения и графические решения на основе PIC24E поддерживаются 100-выводным модулем PIM MA240025-1 и 144-выводным MA240025-2, а dsPIC33E поддерживаются 144-выводным модулем MA330025-2. Задачи управления приводом на основе dsPIC33E могут разрабатываться на основе 144-выводного модуля MA330025-3. Моторные приложения, а также общего применения и работы с графикой на основе dsPIC33E так же поддерживаются 100-выводным модулем MA330025-1.

Модуль «dsPIC33E Dual Motor Control PIM» (MA330027), позволяет управлять двумя двигателями с использованием одного контроллера dsPIC33E и доступен с июля 2011.

Новые контроллеры dsPIC33E и PIC24E поддерживаются стандартными отладочными средствами Microchip, включая среду разработки MPLAB® IDE, внутрисхемным отладчиком MPLAB ICD 3 и внутрисхемным эмулятором REAL ICE™, а также компиляторами MPLAB C для PIC24 и dsPIC (также известные как MPLAB C30 C Compiler).

Новые контроллеры dsPIC33E и PIC24E доступны в 64-выводных корпусах QFN и TQFP, 100- и 144-выводных TQFP, 121-выводных BGA и 144-выводных LQFP-корпусах.

Для получения дополнительной информации посетите сайт компании Microchip по ссылке [www.microchip.com/getBDKV](http://www.microchip.com/getBDKV)

## КОМПАНИЯ MICROCHIP РАСШИРЯЕТ ЛИНЕЙКУ CAN МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НЕДОРОГИМИ 8-РАЗРЯДНЫМИ PIC® МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ С НИЗКИМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ

Ключевые особенности:

- Новое семейство недорогих микроконтроллеров с CAN-интерфейсом.
- Имеют модуль обработки емкостных сенсоров для реализации емкостных клавиатур и датчиков.
- Достигнуто наименьшее в индустрии потребление тока в режиме энергосбережения (менее 20 нА).
- Быстродействие 16 MIPS при напряжении питания 5,5 В.

Компания Microchip анонсирует новое семейство 8-разрядных микроконтроллеров с CAN-интерфейсом PIC18F серии K80 работающих в широком диапазоне напряжений от 1,8 до 5,5 В и выполненных по технологии eXtreme Low Power (XLP), что позволило получить наименьший среди конкурирующих продуктов ток потребления в режиме энергосбережения менее чем 20 нА. Новые микроконтроллеры имеют 12-разрядный АЦП и специализированный периферийный модуль mTouch™, позволяющий создавать емкостные клавиатуры. Новые микроконтроллеры идеальны для автомобильных применений, таких как модули бортовой электроники, системы управления освещения, управления приводами сидений, стеклоподъемников, управления модулями кондиционирования и вентиляции; системами автоматизации зданий: управление лифтами и эскалаторами, управление освещением, датчиками и кондиционерами, а также для промышленных применений, включая системы безопасности и охраны, удаленное управление и мониторинг.

Микроконтроллеры PIC18F семейства K80 разработано для тех, кому нужны недорогие контроллеры с CAN-интерфейсом и минимальным потреблением как в активном режиме, так и в энергосберегающем режиме Sleep, а так же надежно работающие при напряжении питания до 5,5 В. Новые микроконтроллеры семейства K80 совместимы с существующим популярным семейством CAN-микроконтроллеров PIC18F4680, при этом имеют больше периферийных модулей и меньшую цену.

Для автомобильных и промышленных применений семейство CAN-контроллеров PIC18FxxK80, помимо 80- и 64-выводных контроллеров имеет маловыводные версии. Для применений требующих низкое потребление и высокую точность семейство K80 имеет лучшие в индустрии показатели по потреблению тока и 12-разрядный АЦП.

Для начала разработок с использованием нового семейства предлагаются процессорные модули для установки в отладочную плату «PIC18 Explorer»: модуль MA180031 имеет 44-выводный контроллер PIC18F46K80, а MA180032 — 64-выводный PIC18F66K80. Для реализации и исследования CAN-интерфейса предлагается дочерняя отладочная плата «CAN/LIN PICtail™ (Plus) Daughter Board» (AC164130-2), которая может подключаться к отладочным платам «PIC18 Explorer» или «Explorer 16».

Новые контроллеры PIC18F45K80, PIC18F46K80, PIC18F65K80 и PIC18F66K80 доступны в 44- и 64-выводных TQFP и QFN-корпусах, контроллеры PIC18F45K80 и PIC18F46K80 также доступны в 40-выводных PDIP-корпусах. Контроллеры PIC18F25K80 и PIC18F26K80 доступны в 28-выводных QFN, SOIC, SPDIP и SSOP-корпусах.

Для получения дополнительной информации посетите сайт Microchip: <http://www.microchip.com/get/TK9F>