

# Новое семейство микроконтроллеров PIC16F88x

**Евгений Рахно**, ведущий специалист ООО «Гамма»  
E-mail: info@microchip.ua

**Фирма Microchip выпустила новый микроконтроллер с исключительно низкой ценой и богатым набором периферии. Данный микроконтроллер будет интересен не только разработчикам, привыкшим иметь дело с фирмой Microchip, но и людям, ранее отдававшим предпочтение продукции других фирм.**

И для кого не секрет, что наиболее приоритетными направлениями развития современных микроконтроллеров являются увеличение производительности, увеличение объемов памяти, увеличение количества портов ввода-вывода и периферии.

Однако зачастую пользователей интересует не новая периферия и увеличение объемов памяти, а снижение себестоимости устройства.

Долгое время наиболее популярными микроконтроллерами были PIC16F877 и его «младший» брат — PIC16F876. Стоимость данных микроконтроллеров была в пределах шести долларов.

Основные характеристики данной линейки приведены в табл. 1.

Отладочные средства — внутри-схемные отладчики MPLAB ICD и MPLAB ICD2, программатор — PICSTART Plus.

Прогресс не стоит на месте, и на замену PIC16F877 фирма Microchip выпустила PIC16F877A/PIC16F876A.

Незначительные «аппаратные» изменения, которые заметили пользователи — добавление модуля аналогового компаратора и новая технология записи во встроенную Flash память.

Однако все наши клиенты не могли не заметить и еще одну «дополнительную функцию» — снижение цены в полтора раза!

В этом году фирма Microchip снова порадовала своих поклонников выпустив контроллер, который уже сейчас можно назвать самым интересным микроконтроллером семейства PIC16. Объем Flash и EEPROM памяти данных остался прежним, объем ОЗУ не изменился, однако цена контроллера существенно снижена.

Итак, знакомьтесь — PIC16F88x.

Если Вы давно являетесь поклонником 16й серии — Вам непременно понравится этот контроллер, а если Вы до этого момента пользовались контроллерами других фирм — пора менять свою рабочую лошадку на PIC16F88x (табл. 2).

Пожалуй, начнем наше знакомство с этим семейством с «сердца» — со схемы тактирования ядра.

Стандартный набор — это LP (низкое энергопотребление, работа только с кварцем 32.768 кГц), XT (среднее энергопотребление, кварцы до 10 МГц) и HS (высокое энергопотребление, кварцы 10 МГц и выше) режимы работы с кварцевыми и керамическими резонаторами. Также к стандартному набору можно отнести работу с внешней RC цепочкой.

Нововведением серии PIC16F88x является встроенный RC генератор (IntRC), позволяющий работать в диапазоне 31 кГц — 8 МГц (рис. 1). Выбор частоты встроенного RC генератора осуществляется программно при помощи битов IRCF <2:0> регистра OSCCON. Доступно 8 частот:

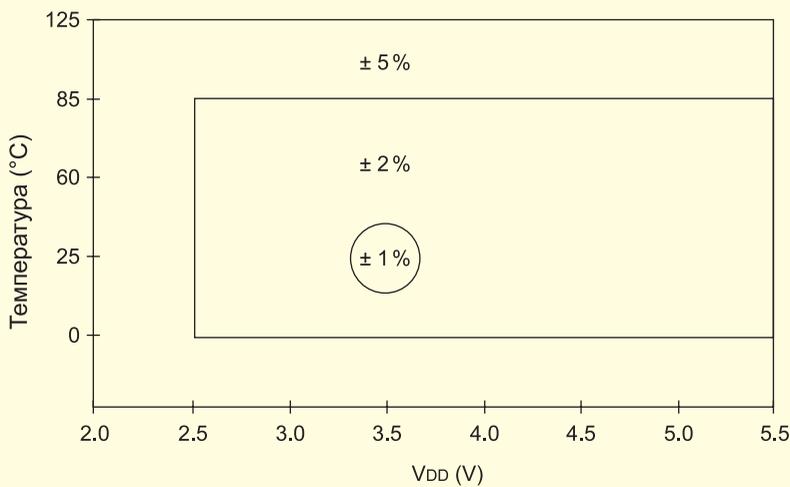
- 8 МГц;
- 4 МГц (частота по умолчанию после сброса);

Таблица 1. Характеристики семейства PIC16F87x

Процессор	Память программ (слова)	Память данных		Ввод/вывод	10 бит АЦП	компаратор	CCP/ECCP	MSSP		USART	Таймер 8/16 бит	nanoWait
		ОЗУ	EEPROM					SPI	I <sup>2</sup> C			
PIC16F876	8k	368	256	22	5	—	2/0	+	+	+	2/1	—
PIC16F877	8k	368	256	33	8	—	2/0	+	+	+	2/1	—

Таблица 2. Характеристики семейства PIC16F88x

Процессор	Память программ (слова)	Память данных		Ввод/вывод	10 бит АЦП	компаратор	CCP/ECCP	MSSP		EUSART	Таймер 8/16 бит	nanoWait
		ОЗУ	EEPROM					SPI	I <sup>2</sup> C			
PIC16F886	8k	368	256	24	11	+	1/1	+	+	+	2/1	+
PIC16F887	8k	368	256	35	14	+	1/1	+	+	+	2/1	+



**Рисунок 1** Низкая погрешность RC генератора во многих приложениях позволяет отказаться от кварца

- 2 МГц;
- 1 МГц;
- 500 кГц;
- 250 кГц;
- 125 кГц;
- 31 кГц (LFINTOSC).

Кроме восьми заданных частот пользователь может получить практически любую частоту путем подстройки RC генератора при помощи регистра OSCUNE.

Такие особенности работы встроенного RC генератора позволяют нам не только гибко настраивать схему тактирования, но и оказывать существенное влияние на энергопотребление схемы: мы ждем сигнала от датчика — работаем на 31 кГц, получили сигнал и нам необходимо его обработать — мгновенно переключаемся на 8 МГц. Очень удобно!

Кроме работы от встроенного RC генератора пользователю доступно переключение между внешним кварцевым резонатором и встроенным RC генератором, режим «двухскоростного старта» микроконтроллера и режим Fail-Safe Clock Monitor.

Во время работы пользователь может переключаться между IntRC и внешним кварцем. Мы получили сигнал от датчика и обрабатываем его. Теперь нам необходимо передать его главному контроллеру по RS485 на скорости 115200. IntRC не подходит из-за относительно большой погрешности. Поэтому мы запускаем внешний 20 МГц кварц и продолжаем обрабатывать сигнал. Кварц вышел на стабильный режим работы, процессор переключился на него (естественно, сообщив нам об этом) и мы можем приступить

к передаче данных. Передача данных завершена моно выключить кварц и вернуться в режим сверхнизкого энергопотребления (IntRC, 31 кГц).

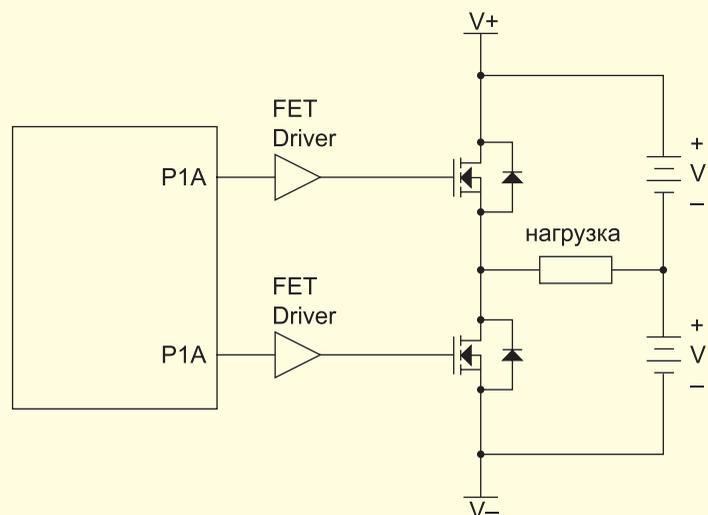
Для приложений, требующих исключительной надежности предусмотрен режим Fail-Safe Clock Monitor. С помощью этой опции микроконтроллер может следить за тактовой частотой кварцевого резонатора и в случае сбоя кристалла микроконтроллер безопасно перейдет на внутренний RC генератор. Исключительная надежность!

Именно надежность всегда была отличительной особенностью микроконтроллеров фирмы Microchip. Составляющие этой надежности просты:

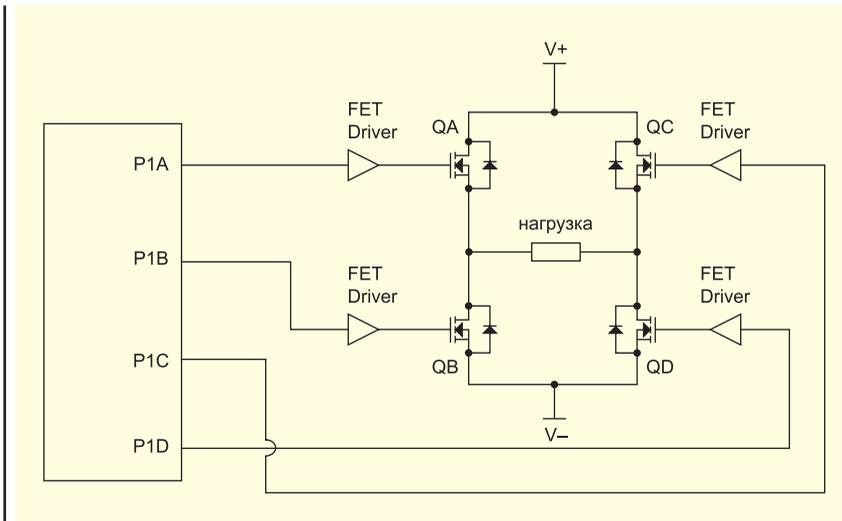
- улучшенная технология Flash и EEPROM памяти;

- Power-on Reset (POR) — сброс по включению питания;
- Power-up Timer (PWRT) — задержка включения после подачи питания;
- Oscillator Start-up Timer (OST) — процессор не выходит из Reset'a до тех пор, пока не «раскачается» кварцевый резонатор (1024 импульса);
- Brown-out Reset (BOR) — сброс в случае снижения напряжения ниже допустимого уровня;
- Watchdog Timer (WDT) — аппаратно-программное средство «сторожевой пес». Пользователь должен периодически обнулять данный таймер, иначе его переполнение приведет к сбросу процессора. Очень эффективное средство для борьбы с «улетами» программы.

Однако данный таймер имеет и второе назначение: в случае, если WDT сработал в то время, когда процессор находился в режиме Sleep, переполнение таймера приведет не к сбросу процессора, а к выходу его из Sleep режима. Данная особенность очень часто примерялась в устройствах, работающих периодически и требующих минимального энергопотребления. Давайте рассмотрим весьма экзотический пример — к Вам обратилось общество «Зеленых» с просьбой создать прибор, который в течении пяти лет будет автономно контролировать уровень воды в реке Десна. Контроль необходимо производить раз в сутки. Вот именно для подобных приложений и имеет смысл использовать режим Sleep совместно с WDT — контроллер находится в ре-



**Рисунок 2** Включение модуля ЕССР в режиме «полумост»



**Рисунок 3** Включение модуля ECCP в режиме «мост»

Модуль ECCP имеет такие же характеристики, однако режим ШИМ может работать в одном из четырех режимов:

- ШИМ с одним выходом (стандартный режим);
- полумост (Half-Bridge);
- мост (Bridge), прямой режим;
- мост (Bridge), обратный режим.

Режимы работы «полумост» и «мост» приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

Для обеспечения защиты силовых транзисторов от сквозных токов возможно использование программируемого «мертвого времени» (dead time) в режимах «мост» и «полумост».

Защитное отключение PWM осуществляется при помощи:

- подачи логического 0 на вывод INT;
- срабатывания компараторов C1 или C2;
- программной установки бита ECCPASE.

Так же модуль ECCP может быть настроен для автоматического рестарта ШИМ после снятия признака, вызвавшего защитное отключение.

Модуль USART получил три дополнительных функции, делающих его идеальным для работы с LIN протоколом:

- автоматическое определение и подстройка скорости передачи данных;
- выход из Sleep при получении сигнала «Break»;
- передача 13 битного символа «Break».

Необходимо отметить, что фирма Microchip издавна придерживается традиции выпускать совместимые контроллеры. Совместимость «нога в ногу» и практически полная совместимость программного кода позволили большинству пользователей перейти на новый процессор с минимальными затратами времени.

- И в конце о приятном:
- как программирование, так и отладка этой серии микроконтроллеров производится сразу при помощи нового недорогого устройства фирмы Microchip — PICkit 2 (рис. 4)
- Естественно, что MPLAB ICD2 также оказывает полную поддержку данных контроллеров;
- розничная цена МЕНЬШЕ двух с половиной долларов!

**Более детальную информацию можно получить в офисе ООО «Гамма»:**

**49005, Днепропетровск,  
ул. Фурманова, 15, оф. 101,  
тел. (0562) 36-07-92,  
[http:// www.microchip.ua](http://www.microchip.ua)**

жиге сверхнизкого энергопотребления и лишь изредка пробуждается для осуществления замеров, снова уходя в Sleep. Период срабатывания WDT для контроллеров серии PIC16F87xA составляет около 18 мс. Колоссальная экономия энергии!

Однако согласитесь, что 18 мс — это не то число, которое хотел бы видеть разработчик данного устройства.

Фирма Microchip пошла на встречу пожеланиям разработчиков и оснастила PIC16F88x улучшенным модулем WDT. Первое отличие — это существенно снижено собственное энергопотребление модуля, второе — максимальный период срабатывания модуля с включенным предделителем составляет теперь 268 секунд.

Энергопотребление контроллера:

- режим Sleep — 50 нА @ 2.0 В;
- рабочий режим — 11 мкА @ 32 кГц @ 2.0 В;
- рабочий режим — 220 мкА @ 4 МГц @ 2.0 В;
- WDT — 1 мкА @ 2.0 В.

Итак, минимальное энергопотребление нашего устройства обеспечено, теперь приступим к сбору информации.

Зачастую большинство датчиков имеет аналоговую природу. Для работы с аналоговыми данными PIC16F88x имеет два модуля — модуль компараторов и модуль АЦП.

PIC16F88x независимо от количества выводов контроллера имеет два аналоговых компаратора. Как входы, так и выходы компараторов доступны внешне. Имеется встроенный модуль генерации опорного напряжения (% от Vdd), а также имеется модуль генерации фиксированного опорного напряжения 0.6 В. Состояние логического выхода компаратора C2 может являться сигналом разрешения работы 16 битного Timer1. Превышение заданного уровня напряжения может являться сигналом к выключению генерации ШИМ (модуль ECCP).

Модуль 10 битного АЦП не претерпел значительных изменений. Единственное изменение в модуле ADC касается количества каналов: теперь 28 выводных микроконтроллеры имеют 11 входных каналов, в то время как 40 выводные контроллеры получили 14 каналов.

Микроконтроллеры серии PIC16F88x имеют теперь один модуль ССР (захват, сравнение, ШИМ) и один модуль ECCP (улучшенный модуль ССР).

Модуль ССР всем хорошо известен и имеет следующие характеристики:

- 16 битный модуль захвата длины импульса, максимальное разрешение 12.5 нс;
- 16 битный модуль сравнения, максимальное разрешение 200 нс;
- 10 битный ШИМ, максимальная частота 20 кГц.



**Рисунок 4** Недорогой внутрисхемный отладчик/программатор начального уровня PICkit2