

ОТ PIC16F877 ДО PIC16F18877: ДВАДЦАТЬ ЛЕТ ЭВОЛЮЦИИ PIC-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Л. ди Джасио¹

УДК 004.31
БАК 05.27.00

Микроконтроллеры PIC16F877 – одни из первых устройств с флеш-памятью от Microchip – были разработаны в 1997 году и нашли применение в несметном количестве проектов. Об этом устройстве написано множество статей и книг на разных языках мира. Спустя 20 лет PIC16F877 все еще выпускается, и посвященная ему страница на сайте компании – одна из самых посещаемых. И это несмотря на появление на рынке новых поколений микроконтроллеров, представляемых компанией Microchip на регулярной основе: PIC16F877A, PIC16F887, PIC16F1938 и PIC16F18877. Рассмотрим ключевые особенности и сравним наиболее важные характеристики разных поколений PIC-микроконтроллеров, обеспечившие изделиям широкую популярность на протяжении двух десятилетий.

Столь продолжительный жизненный цикл PIC-микроконтроллеров – свидетельство высокой оценки, которую поставили разработчики встраиваемых систем программе Microchip по поддержке клиентов. Программа представляет собой обязательство не прекращать выпуск любого продукта, который пользуется спросом у покупателей. До тех пор пока размещаются заказы на эти устройства даже в минимальных количествах, Microchip продолжает поставлять изделия клиентам.

Это отличная страховка для тех, кто имеет работающее изделие и предпочел бы тратить свое время и ресурсы на разработку чего-либо нового, что позволило бы получить дополнительную прибыль. Хотя в предыдущих моделях изделий нет таких инновационных технологий, как независимая от ядра периферия (Core Independent Peripherals), разработчики получают свободу в процессе внедрения инноваций, им не приходится бесконечно модернизировать один и тот же продукт, поскольку оригинальный компонент не доступен на рынке.

СОВМЕСТИМОСТЬ С ПРЕДЫДУЩИМИ МОДЕЛЯМИ

Компания Microchip уделяет огромное внимание обратной совместимости своих изделий, для многих это становится приятным сюрпризом. Поскольку новые поколения PIC-микроконтроллеров продолжают выходить на рынок, Microchip гарантировала совместимость с предыдущими моделями по выводам и даже на уровне двоичного кода. Усилия, приложенные для реализации долгосрочной стратегии обеспечения совместимости, возможно, не были заметны, но сегодня существует более 250 моделей PIC-микроконтроллеров (только лишь в 40-выводных корпусах), все из них подходят к одному и тому же DIP-разъему, как было установлено еще в 1989 году, и на это стоит обратить внимание.

СРАВНЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Велик соблазн напрямую сравнить характеристики двух крайних представителей этого семейства – PIC16F877 и его последнюю версию PIC16F18877. Впрочем, даташит на 18877-й PIC-микроконтроллер занимает 660 страниц, что почти втрое превышает объем документации на 877-й, и продолжает увеличиваться по мере добавления

¹ Компания Microchip, менеджер по развитию бизнеса.

новых данных (графиков и таблиц). Но ни у кого нет времени читать полную документацию. Большинство лишь бегло просматривает сводную таблицу на первой странице даташита (см. таблицу).

Изучая эту таблицу, можно отметить, насколько возросли объем всех видов памяти и количество периферийных устройств. Увеличение размера флеш-памяти в четыре раза позволило эффективно заполнить все адресуемое пространство в 64 Кбайта для типовой 8-разрядной архитектуры. Объем ОЗУ вырос почти в 10 раз. Хотя такой рост не соответствует закону Мура, нужно учитывать, что речь идет о встраиваемых устройствах, требования к их надежности и энергопотреблению гораздо строже, чем к аналогичным характеристикам настольных ПК и потребительских устройств.

Можно отметить также очевидный рост числа таймеров (и ШИМ-контроллеров). Синхронизация по времени – важный аспект встраиваемых систем управления, их надежная работа в режиме реального времени имеет большее значение, чем способность обрабатывать огромные объемы данных или возможности вычислительных ресурсов. Внимательное изучение даташита показывает, что новые микроконтроллеры имеют комплексную систему внутренней синхронизации, состоящую из семи генераторов и двух схем ФАПЧ, способных формировать точные тактовые сигналы без

использования внешних компонентов, в то время как в первых моделях их не было.

Новейшие устройства почти вдвое быстрее могут исполнять программный код, хотя, как увидим далее, данные о производительности (MIPS) могут вводить в заблуждение.

ПОДДЕРЖКА ЯЗЫКА С

Значительное расширение применения языка программирования С при создании встраиваемых приложений может, разумеется, повысить потребности разработчиков в дополнительной памяти. Чтобы адаптироваться к новым требованиям, за прошедшее десятилетие PIC-архитектура претерпела некоторые изменения. В семействе PIC16F1 в ядро PIC были добавлены новые инструкции, причем с единственной целью – повысить плотность кода, обеспечив поддержку указателей и возросшего объема ОЗУ.

Что касается схемы разбиения ОЗУ на банки, которая подходит для создания компактного ассемблерного кода, то в новейших моделях микроконтроллеров реализовано сочетание с более удобной для компилятора линейной адресацией памяти. Заметим, что доступен и прежний механизм, обеспечивающий совместимость с прежними ассемблерными приложениями.

Сравнение характеристик микроконтроллеров PIC16F877 и PIC16F18877

Характеристики	PIC16F877	PIC16F18877
Память программ, Кслов	8	32
Быстродействие ЦП, MIPS	5	8
Объем ОЗУ, байт	368	4096
Объем памяти данных (ЭСППЗУ), байт	256	256
Коммуникационная периферия	1 × UART 1 × MSSP (SPI/I ² C)	1 × UART/LIN 2 × MSSP (SPI/I ² C)
Модули захвата-сравнения, ШИМ-контроллеры	2 × модуля захвата-сравнения	5 × модулей захвата-сравнения, 2 × ШИМ-контроллера
Таймеры	2 × 8-бит 1 × 16-бит	3 × 8-бит (таймер с функцией ограничения) 4 × 16-бит 1 × 20-бит (генератор с числовым управлением) 2 × 24-бит (таймер измерения сигналов)
АЦП	8 каналов, 10 бит	35 каналов, 10 бит (АЦП с вычислительными возможностями)
Компараторы	2	2 (5-битный АЦП)
Линии ввода-вывода	33	36 (выбор вывода периферийного устройства)

Более того, новая линейная схема адресации объединяет пространство данных и программ микроконтроллера PIC16F1, что позволяет определять крупные таблицы данных во флеш-памяти, массивы ОЗУ неограниченного размера и групповые указатели.

Интересно, что эти важные архитектурные изменения остались незамеченными для большинства разработчиков приложений на С для PIC-микроконтроллеров. Между тем такие особенности компилятора стоит изучить детально. Это одна из причин того, почему показатели производительности (MIPS) первых моделей (PIC16F877), приведенные в таблице, нельзя сравнивать напрямую с соответствующими показателями новых устройств (серии F1).

ИЗМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПРЕРЫВАНИЙ

Еще один элемент архитектуры, который был значительно улучшен, – система управления прерываниями. Хотя новейшее ядро PIC16F1 поддерживает изначальную схему одновекторных прерываний, в него добавлен новый набор из четырех теневых регистров, чтобы сократить последовательности сохранения и восстановления контекста прерывания. На рис.1 представлен листинг стандартной вводной (prologue) и завершающей (epilogue) частей программного кода для микроконтроллера PIC16.

Стандартная вводная и завершающая последовательности обработки прерываний обычно занимали целых 56 тактовых циклов. В новом PIC16F1, благодаря механизму теневых регистров, потребность в этих последовательностях отпала, а затраты на обслуживание прерываний снижены до базовых четырех циклов, требуемых для выполнения ветвления ЦП. Результат – значительное (на порядок) повышение скорости реакции микроконтроллера, то есть улучшение его характеристик при работе в режиме реального времени.

```

;
ISR:    MOVWF    W_TEMP          ; Prologue
        SWAPF   STATUS, W
        CLRF   STATUS
        MOVWF  STATUS_TEMP
        MOVF   PCLATH, W
        MOVWF  PCLATH_TEMP
        CLRF   PCLATH
;
;(Interrupt Service Routine code here)
;
        MOVF   PCLATH_TEMP, W ; Epilogue
        MOVWF  PCLATH
        SWAPF  STATUS_TEMP, W
        MOVWF  STATUS
        SWAPF  W_TEMP, F
        SWAPF  W_TEMP, W

```

Рис.1. Вводная (prologue) и завершающая (epilogue) последовательности сохранения контекста прерывания

ГИБКОСТЬ

Внимательное изучение нижней части таблицы, в которой сравниваются характеристики двух моделей микроконтроллеров, показывает еще одну интересную деталь. Число доступных линий ввода-вывода общего назначения для двух устройств различается, несмотря на заявленную совместимость по выводам. Оказывается, новые устройства содержат еще три мультиплексированных выводов, которые ранее были зарезервированы для кварцевого генератора и внешнего сброса. Теперь они доступны опционально в качестве линий ввода-вывода общего назначения.

Более глубокое изучение даташита позволяет сделать по-настоящему революционное открытие: теперь все периферийные входы-выходы мультиплексированы на каждом выводе микросхемы! Это свойство реализовано благодаря фирменной технологии Peripheral Pin Select (PPS), которая обеспечивает качественный скачок в повышении гибкости микроконтроллеров PIC16F18877 и подобных им устройств семейства PIC16F1.

Аналогичным образом на входе АЦП новых устройств семейства PIC16F1 включен крупный мультиплексор, который позволяет выбирать в качестве аналогового входа до 35 выводов микросхемы. Фактически это означает, что каждый аналоговый и/или цифровой сигнал, идущий к микроконтроллеру или от него, можно оптимально развести на печатной плате, чтобы снизить помехи, повысить надежность, упростить топологию и, возможно, уменьшить количество слоев и переходных отверстий, что помогает значительно снизить стоимость конечного изделия.

НЕЗАВИСИМАЯ ОТ ЯДРА ПЕРИФЕРИЯ

Тщательное изучение таблицы, строка за строкой, к сожалению, не раскроет информацию о действительно качественно новом свойстве микроконтроллеров PIC16F1 последнего поколения – независимой от ядра периферии (Core Independent Peripherals – CIP). К новым периферийным устройствам относятся такие модули, как таймер измерения сигналов (Signal Measurement Timer – SMT), таймер с функцией ограничения (Hardware Limit Timer – HLT), дополнительный генератор сигналов (Complementary Waveform Generator – CWG), генератор с числовым управлением (Numerically Controlled Oscillator – NCO), конфигурируемые логические ячейки (Configurable Logic Cell – CLC), модулятор сигналов (Data Signal Modulator – DSM) и др. (рис.2). Описанию этих систем посвящено более 400 страниц даташита на микроконтроллер.

Но CIP – это не просто новая периферия – по сути, это новая концепция построения микроконтроллера. Новое решение отличается тем, что все периферийные устройства могут быть связаны непосредственно

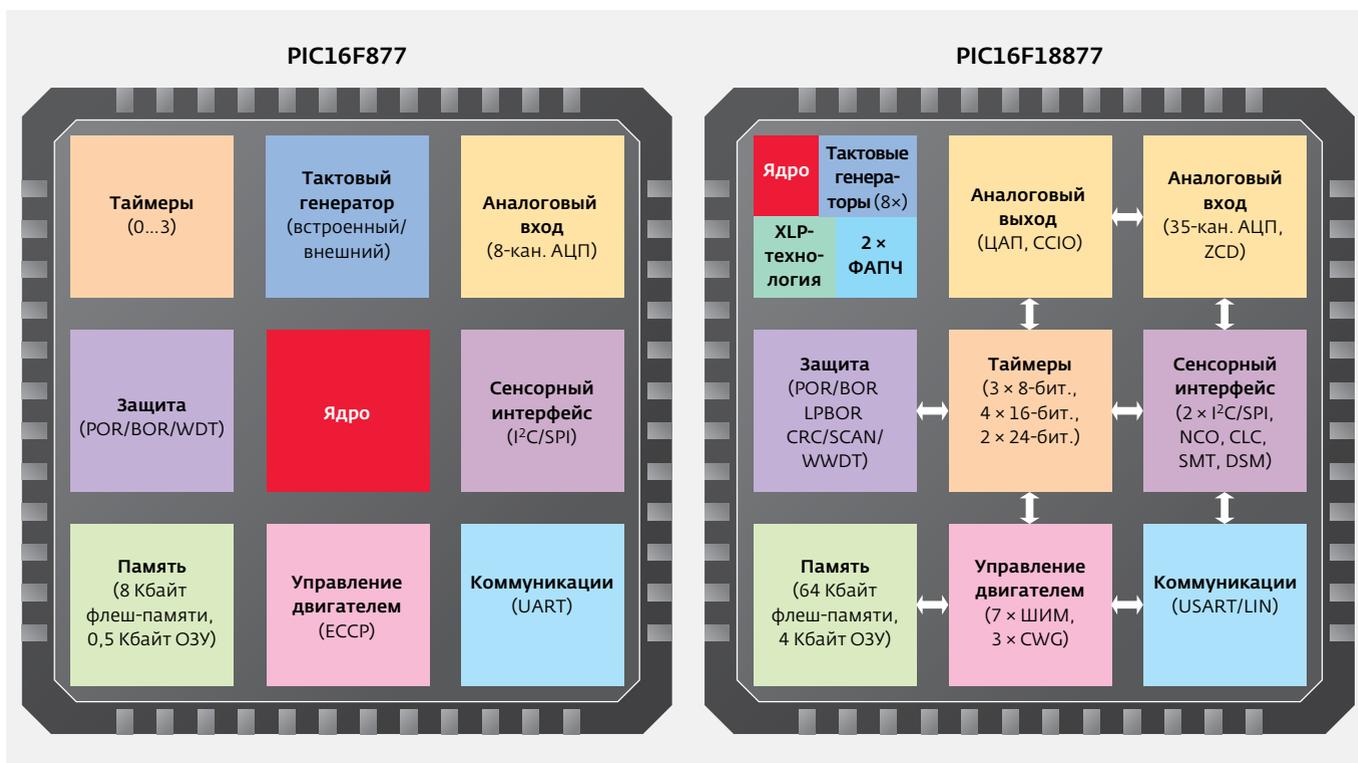


Рис.2. Сравнение микроконтроллера PIC16F877 и его новейшей версии PIC16F18877

между собой и выполнять функции автономно, независимо от ядра.

Независимая от ядра периферия оказывает поддержку работе ЦП, помогая избежать ограничения производительности системы. Когда СІР-устройства соединяются между собой для выполнения определенной функции, прерывания не просто обрабатываются быстрее, они удаляются из приложений.

В результате в более сбалансированной системе эффективность и параллельная организация конфигурируемого аппаратного обеспечения соответствуют гибкости программного обеспечения. Кроме того, дополнительная независимая от ядра периферия (не показана на рис.2), доступная на других моделях PIC-микроконтроллеров, позволяет разработчикам находить оптимальное для них решение.

НАДЕЖНОСТЬ

Значительная часть новых аппаратных модулей, реализованных в PIC16F18877, отвечает за повышение отказоустойчивости микроконтроллера. Традиционная сторожевая схема (WDT) заменена оконной системой (WWDT) с широким выбором масштабируемых опций. В схеме сброса при понижении напряжения питания (Brown-out Reset – BOR) предусмотрено несколько порогов срабатывания, а специальная схема контроля циклическим избыточным кодом (CRC/SCAN) используется для

мониторинга в фоновом режиме целостности содержимого памяти – и все это без снижения производительности микроконтроллера.

РЕЖИМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Хотя новые микроконтроллеры PIC16F18877 способны работать при напряжении питания 5 В и поддерживать высокий непрерывный ток на входах-выходах (до 50 мА), электрические характеристики этих устройств свидетельствуют о значительном снижении (приблизительно в четыре раза) мощности, потребляемой в активном режиме, при работе в полном диапазоне питающих напряжений (от 1,8 до 5,5 В). Уровень потребления тока в пассивном (дежурном) режиме снижен почти в 100 раз.

Стоит еще раз подчеркнуть, что только детальный анализ даташита позволит раскрыть всю информацию о возможностях новых микроконтроллеров по контролю потребляемой мощности, обеспечивающих множество промежуточных режимов энергосбережения (в частности, режимы холостого хода и сна).

ВСЕ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ ИНСТРУМЕНТАМИ РАЗРАБОТКИ

Все перечисленные функции могут в конечном итоге быть не столь важными сегодня, когда затраты на проект определяются сроками вывода продукта на

рынок, циклы проектирования непрерывны и каждые приложения связаны между собой.

Наиболее важным отличием новых PIC16F18877, возможно, является доступность быстродействующих инструментов разработки, которые способны автоматизировать и ускорить на порядок величины генерацию программного кода по сравнению с тем, что было доступно прежде. Новейшее поколение PIC-микроконтроллеров поддерживается программным средством разработки MPLAB Code Configurator (MCC). Инструмент способен ускорить до нескольких минут трудоемкий процесс инициализации периферии каждого устройства и, как утверждают некоторые специалисты, отпадет необходимость изучения даташита (по крайней мере, уменьшить продолжительность этого процесса).

Кроме того, разработчикам доступен полный набор инструментов на базе облачной технологии – MPLAB Xpress, что делает этап исследований и создания прототипа таким же простым и быстрым, как открытие браузера и загрузка веб-страницы. Отпала необходимость в загрузке интегрированной среды разработки (IDE) и компилятора, которые могут занимать сотни мегабайт. Теперь не нужно их устанавливать и обеспечивать поддержку, чтобы правильно сконфигурировать и регулярно обновлять. Любой пользователь может исследовать новую модель микроконтроллера, открыв, настроив и создав пример проекта, и займет это уже не часы, а минуты.

* * *

Обязательство компании Microchip не прекращать производство изделий, пока есть спрос, дает разработчикам возможность контролировать инновационный цикл. Каждому предоставляется право решать, нужно ли и когда пересматривать проектное решение или поддерживать его в том же состоянии, а вместо этого сконцентрировать усилия на создании новых продуктов, которые откроют новые возможности для бизнеса или повысят доход.

При запуске нового проекта нужно отдавать себе отчет в том, что, выбрав проверенную и популярную модель микроконтроллера, можно упустить много новых функций и возможностей. Многолетняя устойчивость компании и строгие обязательства по поддержке совместимости моделей позволяют считать, что архитектура PIC-микроконтроллеров существенно не менялась за прошедшие десятилетия. Однако это не так. Технология независимой от ядра периферии (CIP) разрушила старую парадигму построения встраиваемых систем, а новые облачные инструменты и средства генерации программного кода могут кардинально повысить эффективность процесса проектирования. В следующий раз, когда придется выбирать микроконтроллер для нового приложения, не пожалейте нескольких минут, чтобы исследовать и оценить новейшее семейство PIC-микроконтроллеров от Microchip. В противном случае можете упустить большие возможности. ●

ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ



ПЛИС И ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ. ПРОГРАММНЫЕ ОШИБКИ И ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Под ред. Ф.Кастеншмидт, П.Реха
При поддержке АО "КТЦ "ЭЛЕКТРОНИКА"
Перевод с англ. под ред. С.А.Цыбина

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. — ок. 352 с.

В книге обсуждаются особенности и недостатки методов реконфигурации для ПЛИС в свете их использования в аэрокосмической области. Объясняется, как космическое излучение вызывает программные ошибки в ПЛИС и как их смягчать. Книга поможет читателям определить целевое использование ПЛИС под воздействием излучения, применяя метод внесения неисправностей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru