

Использование внутрисхемного дебаггера MPLAB-ICD2 для отладки схем с микроконтроллерами PIC18F от Microchip



Давно прошли те времена, когда разработчику микроконтроллерных систем, перед тем как приступить, собственно, к проектированию устройства, приходилось потратить не одну неделю на разработку и изготовление собственных средств отладки. Сейчас уже ни для кого не секрет, что вложение средств в покупку специализированных отладочных комплектов с лихвой окупается качеством и быстротой проектирования электронных устройств, уменьшением количества необходимых специалистов, а главное, скоростью выхода устройства на рынок. Все это в конечном счете поможет серьезно сэкономить средства. Сейчас на рынке отладочных средств представлено огромное количество программаторов, дебаггеров-отладчиков, внутрисхемных эмуляторов, программных симуляторов и оценочно-демонстрационных плат отечественного и зарубежного производства. Поэтому в итоге выбор отладочного средства определяется лишь необходимыми функциональными возможностями и толщиной кошелька. Разумеется, чем дороже, тем функциональнее.

Но так ли уж необходимо выкладывать большие деньги за все эти перечисленные средства отладки? Можно ли за небольшие деньги получить одно устройство сразу с несколькими функциями? Оказывается, можно. Это так называемые внутрисхемные дебаггеры. Этот класс устройств выполняет сразу несколько функций: внутрисхемного программатора и внутрисхемного отладчика-эмулятора. О новом представителе устройств этого класса — MPLAB-ICD2 для микроконтроллеров PIC18F мы и поговорим в этой статье.

Что такое дебаггер, и чем он отличается от эмулятора?

Внутрисхемный эмулятор — программно-аппаратное средство, способное замещать собой эмулируемый (отлаживаемый) микроконтроллер

в разрабатываемой схеме. Это наиболее мощное и универсальное отладочное средство, работающее под управлением PC, упрощает подчас очень трудоемкий процесс отладки и делает его удобным и наглядным для разработчика.

Этот класс устройств — наиболее мощный и функциональный. Основа эмулятора — это эмуляционный кристалл (или группа кристаллов) от фирмы — изготовителя микроконтроллеров. Эмуляционный кристалл представляет собой тот же самый чип микроконтроллера, для отладки которого он создан, но имеет дополнительные механизмы (а главное, выводы!) для доступа к внутренней памяти, периферийным модулям и служебным регистрам. Добавив к эмуляционному кристаллу интерфейс связи с персональным компьютером, память для хранения отлаживаемой программы, отладочной информации и точек останова, и разумеется, схемы управления, получим внутрисхемный эмулятор. Также необходимо иметь программное обеспечение для персонального компьютера, под управлением которого внутрисхемный эмулятор и будет работать.

Достоинства эмулятора очевидны — быстрый и легкий доступ к «внутренностям» эмулируемого микроконтроллера, высокая скорость обновления отлаживаемой программы (поскольку реально она записывается не в программную память микроконтроллера, а в ОЗУ, которое подменяет память программ). Кроме того, только эмулятор позволяет работать с буфером трассировщика (память нескольких сотен последних реально выполненных микроконтроллером команд) и комплексными точками останова по сочетанию нескольких событий.

Но у эмуляторов также есть ряд недостатков. Во-первых, это большая сложность и высокая цена. Во-вторых, отладка основана на работе эмуляционного кристалла, хотя и близкого по технологии к серийным образцам, но все

же имеющего некоторые отличия. В-третьих, для каждого нового семейства (группы) микроконтроллеров нужен новый эмуляционный кристалл, что ведет к дополнительным материальным затратам. Ну и последнее — эмулятор не может выступать в качестве программатора для серийных изделий.

Внутрисхемный дебаггер, так же как и эмулятор, служит для внутрисхемной отладки микроконтроллеров, но принцип работы у него иной. Отладка осуществляется на штатном серийном микроконтроллере, при этом отлаживаемая программа записывается в штатную FLASH-программную память микроконтроллера. Для того чтобы функционировал режим внутрисхемной отладки, в серийные образцы микроконтроллеров встраивают специальный механизм — ICD (In-Circuit Debugger). Для отладки этот механизм включается, а для серийных изделий жестко выключен в конфигурационном слове микроконтроллера.

Принцип работы механизма следующий: во время работы микроконтроллера при достижении точки останова или при пошаговой отладке отрабатывается технологическое немаскируемое прерывание, и управление передается подпрограмме отладчика (она незаметно для пользователя дописывается в последние ячейки программной памяти). Эта подпрограмма выполняет функцию передачи через дебаггер в компьютер состояние ячеек памяти микроконтроллера, а также изменяет их состояние и переключает режимы работы по команде с компьютера. В результате часть ячеек программы и регистров ОЗУ становится недоступной для отлаживаемой программы и резервируется для работы подпрограммы отладчика (см. табл. 1) Помимо этого, при отладке также становятся недоступными:

- 2 уровня стека (из 31);
- порты ввода-вывода RB6 и RB7 (для программирования микроконтроллера и управления режимами отладки);

**ГАММА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

тел.: (812) 325-5115

microchip@gamma.spb.ru, www.gamma.spb.ru



Таблица 1. Зарезервированные области памяти дебаггера MPLAB-ICD2

Отлаживаемый микроконтроллер	Зарезервированные области ОЗУ данных	Зарезервированные области FLASH-программной памяти
PIC18F6720/8720	0xEF4-0xEFF	0x1FDC0-0x1FFFF
PIC18F6620/8620	0xEF4-0xEFF	0xFDC0-0xFFFF
PIC18F452/252/458/258	0x5F4-0x5FF	0x7DC0-0x7FFF
PIC18F448/248/442/242	0x2F4-0x2FF	0x3DC0-0x3FFF
PIC18C601/801	0x3F4-0x5FF	Нет

- вывод MCLR/Vpp (используется для программирования);
- режим Low Voltage ICSP Programming принудительно выключается.

Но следует заметить, что ограничения вносятся лишь при включенном режиме отладки. Если же программа очень большая, в этом случае можно порекомендовать отлаживать программу частями, а затем отключить режим отладки и полностью запрограммировать используемый микроконтроллер. При этом снимаются все налагаемые MPLAB-ICD2 ограничения, он работает в режиме обычного программатора.

Таким образом, с помощью MPLAB-ICD2 можно не только написать программу, отладить ее на демонстрационной плате или же разрабатываемом устройстве, но и использовать ICD2 в качестве серийного программатора (в том числе и внутрисхемно). А невысокая стоимость дебаггера делает его весьма привлекательным многофункциональным отладочным средством.

Возможности и варианты поставки

Дебаггер-отладчик MPLAB-ICD2 от Microchip работает с новейшими популярными FLASH-микроконтроллерами PIC18FXXXX. Кроме того, как обещают разработчики дебаггера, в ближайшем будущем он также будет поддерживать 16-разрядные контроллеры семейства dsPIC30F, а также популярное семейство PIC16F87X. Отладчик имеет возможность обновления программного обеспечения для поддержки новых появляющихся микроконтроллеров.

Работает MPLAB-ICD2 под управлением бесплатной универсальной среды разработчика MPLAB-IDE, которая периодически обновляется для поддержки новых микроконтроллеров и переиздается на CD-ROM, а так же доступна на сайте www.microchip.com. Причем ICD2 работает как со старыми 16-битными версиями MPLAB-IDE 5.xx (поддерживается работа только через RS-232), так и с новыми 32-bit версиями MPLAB-IDE 6.xx (поддерживается как RS-232, так и USB). Рабочее окно среды MPLAB-IDE-6.0 с примером отладки программы показано на рис. 1. Среда имеет удобный графический интерфейс, встроенный менеджер проектов и текстовый редактор с поддержкой выделения операторов и

директив цветом, встроенный ассемблер и симулятор, поддержку новейших dsPIC. Среда позволяет подключать компиляторы Си как производства Microchip, так и других фирм. MPLAB-IDE работает со всеми отладочными средствами Microchip, в том числе и ICD2 дебаггером.

Поддерживается установка точек останова, просмотр и изменение памяти данных и EEPROM. Кроме того, ICD2 можно использовать как внутрисхемный программатор, при этом встроена защита от перегрузок по току и напряжению, есть диагностические светодиоды контроля состояния.

Дебаггер ICD2 поставляется (таблица 2) как в виде отдельного модуля с характерным красно-синим корпусом без источника питания (DV164005), с источником питания (DV164007), а также в составе комплекта с демонстрационной платой PICDEM 2 Plus и образцом FLASH-контроллера PIC18F452 (DV164006, см. рис. 2). Демонстрационная плата содержит 2×16 ЖКИ-дисплей, температурный датчик, EEPROM-память, светодиоды, пищалку, RS-232

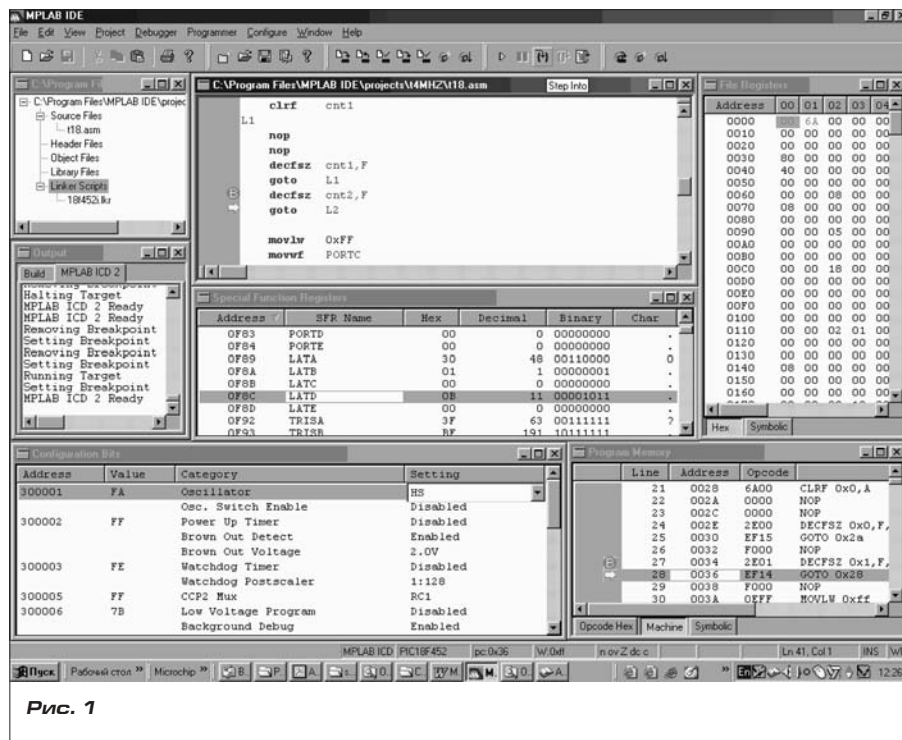


Рис. 1

**ГАММА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

тел.: (812) 325-5115
microchip@gamma.spb.ru, www.gamma.spb.ru

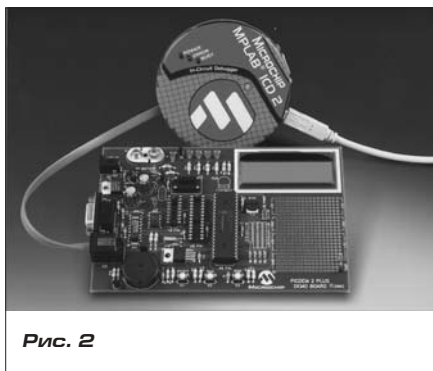


Рис. 2

интерфейс и может быть приобретена отдельно (в этом случае номер для заказа DM163022). Все варианты поставки работают под управлением универсальной интегрированной среды MPLAB-IDE. Отличительными особенностями дебаггера MPLAB-ICD2 являются:

- Быстрая связь с компьютером через USB или RS-232;
- Стильный запоминающийся корпус, похожий на хоккейную шайбу (см. рис. 2);
- Три встроенных светодиода, характеризующих состояние дебаггера;
- Встроенная система внутрисхемного программирования отлаживаемого микроконтроллера;
- Обновление программного обеспечения;
- Задаваемая точка останова;
- Работа в пошаговом и режиме реального времени;
- Просмотр и модификация содержимого управляющих регистров, FLASH, RAM и EEPROM;
- Работа во всем диапазоне частот.

Если дебаггер подключается к компьютеру через USB, то нет необходимости использовать дополнительный источник питания. Разумеется, что для питания отлаживаемой платы он все-таки необходим. От отлаживаемой схемы дебаггер питаться не может. В случае питания дебаггера от внешнего источника питания (подключение через RS-232 или USB) дебаггер способен выдавать на выход 5 В 150 мА, что позволяет запитывать маломощные отлаживаемые схемы.

Подготовка к работе и включение MPLAB-ICD2

Подготовка к работе сводится к установке программного обеспечения (интегрированной среды MPLAB) на компьютер и установке драйверов USB (если вы собираетесь работать с ICD2 через USB). Кроме того, нужно подключить модуль ICD2 к компьютеру при помощи прилагаемого кабеля, а также источник питания (при работе через RS-232) или к отлаживаемой плате (при работе через USB). Отлаживаемая плата соединяется с ICD2 через входящий в комплект короткий ленточный кабель с пластмассовыми разъемами, напоминающий телефонный провод. Разумеется, что на плате должен стоять ответный 6-контактный телефонный разъем, соединенный с отлаживаемым микроконтроллером. Вторым вариантом использовать плату-переходник (header), на которой установлена колодка под PIC18F, телефонный разъем для подключения ICD и штырьковые контакты для установки всей конструкции в отлаживаемую плату. В этом случае микроконтроллер устанавливается в отлаживаемое устройство через такой переходник, позволяющий подключить ICD2, не переделывая основную плату устройства. Переходник можно приобрести (номер для заказа AC162051) или изготовить самостоятельно.

Для того чтобы начать писать программу, в интегрированной среде MPLAB IDE необходимо создать проект. При этом необходимо выбрать тип микроконтроллера и отладочного средства (в нашем случае ICD2). После этого будет предпринята попытка установить связь компьютера с ICD2. Если появилось со-

общение об ошибке, необходимо зайти в меню свойств ICD2 и проверить правильность выбора порта (COM или USB).

Теперь можно написать простейшую программу (например, мигание светодиода). Если программа откомпилировалась без ошибок, можно переходить к самому интересному — внутрисхемной отладке. Для этого необходимо загрузить откомпилированную программу в отлаживаемый контроллер, для чего кликнуть по надписи «Program». Возможно, потребуются на вкладке параметров программирования поменять значения битов конфигурации (WDT, CP и др.). После успешной записи и сверки можно кликнуть по иконке сброса, при этом на исходном тексте программы появится серая полоска указателя текущей команды. Теперь можно запустить пошаговую отладку, выполнение в реальном времени, попробовать изменить содержимое ОЗУ/EEPROM, установить точки останова. Несколько коротких рекомендаций:

- Если дебаггер успешно программирует кристалл, но при попытке сброса и пошаговой отладки выдает ошибку связи, проверьте соответствие типа генератора в конфигурационном слове (HS, XT, RC и т. д.) реально используемому на отлаживаемой плате;
- Скорость работы пошаговой отладки можно увеличить, ограничив количество обновляемых регистров ОЗУ при отладке;
- Если ваша программа небольшая, есть смысл изменить конечный адрес программной памяти на вкладке опций программирования ICD2. В этом случае каждый раз при изменении программы будет перепи-

Таблица 2. Варианты поставки MPLAB-ICD2

Номер заказа	Дебаггер	USB-кабель	RS-232 кабель	Источник питания	Демо-плата PICDEM 2 Plus	Набор инструкций и CD-ROM
DV164005	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет	Есть
DV164006	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
DV164007	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Есть

ГАММА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

тел.: (812) 325-5115
 microchip@gamma.spb.ru, www.gamma.spb.ru



сываться не вся программная память, а лишь ее часть, что уменьшит время программирования микросхемы;

- Используйте соединение USB — скорость отладки возрастет;
- Не забывайте обновлять «прошивку» ICD2!

Совместимость микроконтроллеров PIC16 и PIC18

Все PICmicro, выпускаемые в одинаковых корпусах 28 и 40 выводов семейств PIC16F и PIC18F, pin-to-pin совместимы между собой (например, 40-pin — PIC16C64/67/74/77/874/877, PIC18F452/442/458/448 и 28-pin — PIC16C62/63/66/72/73/76/872/873/876, PIC18F252/242/248/258). Различаются они объемом памяти и количеством встроенных периферийных устройств. Кроме того, семейство PIC18F имеет более совершенную архитектуру и расширенную систему команд. Несмотря на это PIC18F «понимает» команды PIC16F, и программа может быть легко перенесена с PIC16 на PIC18 в случае нехватки производительности или объемов памяти. Также возможен обратный процесс — разработка на более мощном и дорогом PIC18F, а затем переход на более дешевый PIC16 в серийном изделии. Полная совместимость по выводам и частичная по системе команд существенно облегчают задачу перехода. Есть еще один, самый простой вариант — с самого начала писать программу на языке Си, а затем лишь менять тип контроллера и компилировать программу.

В помощь разработчику: демонстрационно-отладочные платы PICDEM 2 Plus и DEMOGAMMA1

Очень часто основным фактором, влияющим на успех разработки, является скорость выхода изделия на рынок. Поэтому так важно начать разработку программы как можно

раньше, еще до того, как будет разработано и изготовлено «железо» макетного образца. Также в начале проектирования порой бывает неясно, какой вариант реализации того или иного узла предпочтительней, какой интерфейс передачи данных предпочесть, и т. п. В этих и других подобных ситуациях на помощь программисту микроконтроллерных систем приходят отладочные платы. Это изделия, содержащие все необходимые компоненты для работы микроконтроллера (цепи питания, сброса, тактового генератора). Кроме того, на плате содержатся периферийные схемы и устройства (ЖКИ-индикатор, светодиоды, клавиатура, часы реального времени, периферийные микросхемы (CAN, RS-232, I2C, SPI и т. д.)), а также макетное поле, где при необходимости можно спаять свою часть схемы. Другими словами, имея такую плату, программист имеет все необходимое для начала разработки и внутрисхемной отладки программы. Также такие платы могут быть рекомендованы для обучения программированию микроконтроллерных систем.

Отладочная плата PICDEM 2 PLUS (DM163022)

Эта демонстрационная плата от Microchip (рис. 2) имеет ICD-разъем, ЖКИ-индикатор, звуковой излучатель и температурный датчик. PICDEM 2 Plus позволяет разработчику быстро приступить к созданию и отладке программ для 18-, 28- и 40pin FLASH-микроконтроллеров PICmicro. Подробнее о характеристиках платы и комплекте поставки можно прочитать в обзоре отладочных средств в конце этого каталога.

Программное обеспечение, входящее в комплект поставки, позволяет разработчику разобраться в принципах написания программ, детально проанализировать алгоритмы работы, а затем использовать в своих собственных разработках. Кроме того, пользователи внутрисхемного дебаггера-от-

ладчика MPLAB-ICD2 имеют возможность «на лету» изменять работу программы по своему желанию.

Демонстрационно-отладочная плата DEMOGAMMA1

Демонстрационная плата DEMOGAMMA1 предназначена для быстрого обучения работе с 40pin микроконтроллерами Microchip семейств PIC16 и PIC18. Плата имеет монтажное поле для распайки макета и быстрой отладки собственного устройства. DEMOGAMMA1 содержит микроконтроллер PIC16F877-20I/P (установлен на панельке) со всей необходимой для работы обвязкой, а также обширный набор периферийных цифровых и аналоговых блоков. Используя периферийные модули по мере необходимости и управляя ими, на базе платы можно получить готовое функциональное изделие (остается лишь подключить датчики); или же просто обучаться программированию микроконтроллеров на Ассемблере или Си, а также навыкам использования различных протоколов и интерфейсов (CAN, LIN, RS-232, RS-485, I2C, SPI и др). Все интерфейсные сигналы выведены на разъемы. Рекомендуется для использования в учебных лабораториях. Подробнее о характеристиках платы можно прочитать в обзоре отладочных средств этого каталога.

MPLAB-ICD2 совместно с демонстрационно-отладочными платами удобно использовать для обучения программированию микроконтроллеров Microchip, демонстрации возможностей микропроцессорной техники, быстрого создания макетов приборов, кодеров-декодеров, аппаратных ключей, датчиков, систем сбора и обработки информации и т. д. А объединение в одном недорогом устройстве внутрисхемного отладчика и программатора наверняка понравится тем, кто хочет разобраться в тонкостях программирования микроконтроллеров PICmicro, не затратив большие деньги на средства разработки.

**ГАММА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**

тел.: (812) 325-51 15

microchip@gamma.spb.ru, www.gamma.spb.ru