DOI: 10.17117/na.2016.02.02.262

Поступила (Received): 26.02.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.262.pdf>

Торгашин Р.Г.
Выбор оборудования для преподавания
микропроцессорных систем

Torgashin R.G.
The choice of equipment for teaching microprocessor systems

В статье описан опыт по выбору программного обеспечения и оборудования для изучения архитектуры микроконтроллеров и основ программирования на ассемблере. Представленная информация может быть полезна для преподавателей курсов Микросхемотехники и подобных ему в СПО и ВПО

Ключевые слова: микросхемотехника, ассемблер, стенд, эмулятор, обучение

The article describes the experience in the selection of software and equipment for the study of the architecture of microcontrollers and the basics of programming in assembler. The information can be useful for teachers courses Microcircuit and similar in SPO and VPO

Key words: microcircuitry, assembler, bench, simulator, training

Торгашин Роман Геннадьевич

Преподаватель

Борисоглебский техникум промышленных и информационных технологий

г. Борисоглебск, ул. Третьяковская, 14

Torgashin Roman Gennadievich

Teacher

Borisoglebsk college of industry and information technology

Borisoglebsk, Tretyakovskaya st., 14

Не секрет, что качественное освоение профессиональных компетенций основывается на получении и отработке практических навыков. Я хотел бы поделиться опытом организации такой работы при изучении курса МДК.02.01 «Микропроцессорные системы» специальности 09.02.01 «Компьютерные системы и комплексы». Для получения практического опыта в этой области необходимо программное и аппаратное обеспечение для разработки и отладки устройств на базе микропроцессоров/микроконтроллеров.

Первоначально мы думали использовать персональных компьютеров со стандартной периферией, которые есть в любом учебном заведении. Но сразу стало ясно, что написание программ на ассемблере для современных вычислительных систем требует серьезного и длительного обучения из-за сложности таких микропроцессорных систем. Возможно, если бы перед нами стояла задача подготовки специалиста в области низкоуровневого программирования, такой подход можно было оправдать. Для получения опыта программирования на ассемблере на уровне, который определен в МДК.02.01 разумнее оказалось использовать эмуляторы более простых процессоров.

На первоначальном этапе изучения мы стали использовать утилиту **debug.exe**, входившую в состав MS-DOS и эмулятора командной строки Windows. Эта утилита позволяет напрямую вписывать машинные команды в память системы, транслировать команды ассемблера в коды машинных команд, пошагово выполнять введенные команды, просматривать и изменять содержимое регистров процессора. Еще одно немаловажное преимущество – она полностью бесплатна.

Конечно, ее возможности бедны для полноценного программирования, но ее удобно использовать при изучении общих принципов работы процессорного ядра и прерываний. Например, студент вводит, начиная со смещения 0200h, данные 23 01 25 00 00 00 2A 2A 2A, а, начиная со смещения 0100h, вводит код A1 00 02 03 06 02 02 A3 04 02 EB F4 [2].

Уже на стадии ввода кода он видит, что введенные блоки являются наборами операторов и операндов с прямой адресацией, и понимает, что для запуска программы нужен верный адрес сегмента в CS и смещение в IP

```
-d cs:100 10h
0B91:0100 A1 00 02 03 06 02 02 A3-04 02 EB F4
-d cs:200 209
0B91:0200 23 01 25 00 00 00 2A 2A-2A F7
-r
AX=0000 BX=0000 CX=0000 DX=0000 SP=FFEE BP=0000 SI=0000 DI=0000
DS=0B91 ES=0B91 SS=0B91 CS=0B91 IP=0100  NU UP EI PL NZ NA PO NC
0B91:0100 A10002      MOV     AX,[0200]      DS:0200=0123
```

Рис. 1 Работа с прямой адресацией в debug

Аналогично можно использовать фрагменты ассемблерного кода для ознакомления с механизмом прерываний. К сожалению, невозможно ограничиться только использованием debug.

Следующим вариантом является использование эмуляторов микропроцессоров и микроконтроллеров. При выборе эмулятора мы ориентировались не на новизну эмулируемых микропроцессоров(MCU), а на ассортимент и возможность создания «подключаемого» виртуального оборудования.

При преподавании архитектуры x86 мы использовали **emu8086**. В эту программу интегрирован Flat Assembler и реализована работа с виртуальными устройствами. В дистрибутив программы входят устройства: контроллер управления 4-мя светофорами, контроллер шагового двигателя, робот, дисплей на 4-х семисегментниках, графический дисплей и т.п. Все они доступны через порты эмулируемого процессора. Например, шаговый двигатель управляется через порт 7. В некоторых устройствах, таких как «Робот» реализована обратная связь. Можно отправить определенную комбинацию бит на порт 9 и прочитать информацию о состоянии работа из порта 10. Это является хорошей иллюстрацией реальных алгоритмов обмена данными между MCU и периферией.

API, который использует программа для работы с виртуальными устройствами, описан в документации, что позволяет разрабатывать собственные устройства. В состав дистрибутива emu8086 входит также набор примеров кода, которые можно использовать при изучении принципов программирования на

FASM. Единственным условным недостатком является то, что данная программа платная. На момент написания этой статьи бессрочная лицензия на неограниченное число рабочих мест стоит 24.869 р., годовая – 4.383 р., бессрочная на одного человека – 417 р. Существует бесплатный аналог данной программы – **i8086emu**, который распространяется по лицензии GPL. Но он менее удобен и его работа нестабильна. Мы сталкивались со случаями, когда эмулятор зависал при выполнении кода примера входящего в состав дистрибутива.

Альтернативой использования эмуляторов является работа с реальными контроллерами и микропроцессорами. Такая работа в большей степени соответствует понятию практико-ориентированного обучения, но требует приобретения соответствующего оборудования. Внушает определенные надежды тот факт, что в настоящее время несколько Российских производителей выпускают стенды для проведения работ по изучению микроконтроллеров.

Например, нами использовался комплекс Кристалл22М. Он сделан на базе универсального MCU PIC18f4520 и в его состав входят: ЖК-дисплей, матричная клавиатура, ведомый микроконтроллер, резистивная сенсорная панель, тактовые кнопки, 5 потенциометров, буферные регистры, EEPROM память и т. д. – всего 25 наименований! Стоимость этого комплекса на данный момент 246670 р. за 5 штук. Понятно, что при таком большом ассортименте периферийных устройств цена оправдана, но более половины из них в нашем случае не нужны. Второй проблемой, как показала практика, стало использование в УЛС самодельного программатора, который довольно быстро выходит из строя. При условии, что в поставке нет схем и распиновок – замена или восстановление программатора довольно проблематичны.

Те же недостатки характерны для комплекта "Программируемый микроконтроллер и его применение, 8-битная архитектура" (ПМКиП-1)» – 16 периферийных устройств и в его комплектации указан даже ноутбук! Хотя я уверен, что в подавляющем большинстве СПО и ВУЗов есть компьютер. В итоге стоимость достигает 111400 р. [1].

Как я уже писал, высокая цена за счет избыточной комплектации и ненадежность используемой элементной базы встречаются в подавляющем большинстве стендов.

После неудачного опыта эксплуатации Кристалл22м нами было принято решение искать ему замену, исходя из наших нужд и ориентируясь на минимизацию затрат. В этом смысле оптимальным является изготовление лабораторных стендов самостоятельно, из готовых элементов. Поэтому выбор пал на отладочные платы для микроконтроллеров. Поскольку у нас уже был опыт работы с PIC18, была выбрана Open18F4520 Standard компании Waveshare Electronics Ltd. В ее состав кроме MCU PIC18f4520 входят: светодиоды, пользовательские кнопки, пятипозиционный джойстик, зуммер, IR приемник, интерфейс PS/2, интерфейсы графических дисплеев. Стоимость – 3079 р. Также был приобретен программатор KIT MP9012 – аналог PICit2 за 4800 р. Итого стоимость первоначального комплекта составила 7879 р. Дальнейшее расширение будет полностью зависеть от проводимых лабораторных и практических работ.

Таким образом, за счет приобретения только самого необходимого, нам удалось существенно сэкономить на приобретении учебных стендов. Кроме того, студенты, при выполнении индивидуальных проектов, могут самостоятельно определять архитектуру собираемого устройства.

Хочется отметить, что есть решения, которые поставляются на более выгодных условиях и могут стать альтернативой для самостоятельного комплектования УЛС. Пример – «**Микропроцессорный стенд LESO1**» выпускаемый на базе СибГУТИ. Он построен на базе MCU ADuC842. В состав входят: жидкокристаллический символьный индикатор 8x2, матричная клавиатура, часы реального времени PCF8583, излучатель звука, датчик температуры DS18B20, инфракрасный фотоприемник TSOP1736, четыре красных светодиода, микросхема преобразования интерфейсов фирмы FTDI. Этого набора более чем достаточно для преподавания основ работы с MCU. Стоимость одного комплекта на данный момент – 10150 р. [3]!

Список используемых источников:

1. Комплект учебно-лабораторного оборудования "Программируемый микроконтроллер и его применение, 8-битная архитектура ПМКП-1. URL: <http://www.denar-prof.ru/products/1401>
2. Питер Абель. Ассемблер. Язык и программирование для IBM PC. К.: Век+, 2003.
3. Учебный лабораторный стенд на микроконтроллере ADuC842 – LESO1. URL: <http://www.labfor.ru/devices/leso1>

© 2016, Торгашин Р.Г.

Выбор оборудования для преподавания
микропроцессорных систем

© 2016, Torgashin R.G.

The choice of equipment for teaching microprocessor
systems