Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Севастопольский государственный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И СИСТЕМЫ КОМАНД 16-РАЗРЯДНОГО ПРОЦЕССОРА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе по дисциплине

«Архитектура вычислительных устройств»
для студентов, обучающихся по направлению

09.03.02 Информационные системы и технологии

09.03.03 Прикладная информатика

очной и заочной форм обучения

Севастополь
2020

УДК 004.732

Исследование архитектуры и системы команд 16-разрядного процессора. Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине "Архитектура вычислительных устройств". Часть 2 / Сост. Чернега В.С., Дрозин А.Ю. — Севастополь: Изд-во СевГУ, 2020— 17 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине “Архитектура вычислительных устройств“. Целью методических указаний является помощь студентам в выполнении лабораторных работ по исследованию архитектуры 16-разрядных процессоров и персональных ЭВМ, а также по программированию различных задач на языке ассемблера процессора Intel 8086. Излагаются краткие теоретические и практические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ, примеры составления программ, требования к содержанию отчета.

Методические указания рассмотрены и утверждены на методическом семинаре и заседании кафедры информационных систем
(протокол № 1 от 30 августа 2020 г.)

Допущено учебно-методическим центром СевГУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Кротов К.В., канд. техн. наук, доцент кафедры ИС

Лабораторная работа

Исследование архитектуры и системы команд 16-разрядных процессоров

Цель работы

Исследовать систему команд, архитектуру и основные блоки процессора Intel 8086 и взаимодействие этих блоков процессора при выполнении команд разных типов. Приобрести практические навыки написания ассемблерных программ и отладки их в эмуляторе микропроцессора — экранным отладчиком типа emu8086.

1. Основные теоретические положения

Основной архитектурной особенностью 16-разрядного процессора Intel 8086 (отечественный аналог К1810ВМ86) является 16-разрядная шина данных (ШД), 20-разрядная шина адреса, мультиплексированная с ШД, 16-разрядное АЛУ и 16-разрядные внутренние регистры. Для повышения быстродействия процессор 8086 логически разделен на два независимых блока, работающих параллельно: блок сопряжения с системной шиной BIU (*Bus Interface Unit*) и исполнительный EU (*Execution Unit*). Блок сопряжения считывает коды команд и операндов и сохраняет их в 6-байтовом конвейере команд, а исполнительный блок выбирает команды из конвейера, не дожидаясь, пока BIU доставит очередную команду.

Память в микро-ЭВМ на базе МП Intel 8086 логически организована как одномерный массив *байтов*, каждый из которых имеет адрес в диапазоне 0000 – FFFFFh. Любые два смежных байта могут рассматриваться как 16-битовое слово. Младший байт имеет меньший адрес, старший – больший. *Адресом слова считается адрес его младшего байта.*

В процессорах семейства Intel x86 применяется сегментная адресация памяти, при *которой* все пространство адресов делится на множество сегментов, т.е. пространство является сегментированным. Пространство памяти емкостью 1 Мбайт представляется как набор сегментов, определяемых программным путем. Сегмент состоит из смежных ячеек памяти и является независимой и отдельно адресуемой единицей памяти емкостью 64 Кбайт. Каждому сегменту системной программой назначается начальный (базовый) адрес, являющийся адресом первого байта сегмента в пространстве памяти. В зависимости от вида хранимой информации различают три типа сегментов: для хранения кодов команд используется сегмент кода CS, в качестве стековой памяти используется сегмент стека SS, а для хранения данных служат сегменты DS и ES. Начальные адреса четырех сегментов, выбранных в качестве текущих, записываются в сегментные регистры CS, DS, SS, ES. Для обращения к команде и данным, находящимся в других сегментах, необходимо изменить содержимое сегментных регистров, что позволяет использовать все

пространство памяти емкостью 1 Мбайт. Для хранения смещения в сегменте используются специальные регистры, выбор которых зависит от типа обращения к памяти (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Источники логического адреса

Тип обращения к памяти	Сегмент (по умолчанию)	Вариант	Смещение
Выборка команд	CS	нет	IP
Стековые операции	SS	нет	SP
Переменная	DS	CS, SS, ES	EA
Цепочка-источник	DS	CS, SS, ES	SI
Цепочка-приемник	ES	нет	DI

Команды всегда выбираются из текущего сегмента кода в соответствии с логическим адресом CS:IP. Стековые команды всегда обращаются к текущему сегменту стека по адресу SS:SP. Если при вычислении эффективного адреса EA используется регистр BP, то обращение производится также к стековому сегменту, а ячейки стекового сегмента рассматриваются как ОЗУ с произвольной выборкой. Операнды, как правило, размещаются в текущем сегменте данных, и обращение к ним организуется по адресу DS:EA. Однако программист может заставить МП обратиться к переменной, находящейся в другом текущем сегменте.

Значения *базы сегмента* и *смещения в сегменте представляют собой л*огический адрес. Базовый адрес и смещение в сегменте отображаются 16-разрядными числами. При обращении к памяти BIU на основании логического адреса формирует физический адрес следующим образом: значение базы сегмента смещается на четыре разряда влево, и полученное 20-разрядное число (с четырьмя нулями в младших четырех разрядах) складываются со значением смещения в сегменте. Таким образом, база сегмента (с четырьмя нулями, добавленными в качестве младших разрядов) задает для памяти сегменты длинной 64 Кбайт, а значение сегмента в смещении – расстояние от начала сегмента до искомого адреса памяти. Максимально возможное смещение в сегменте равно 64 Кбайт.

МП содержит три группы регистров. К *первой группе* относятся РОН, используемые для хранения промежуточных результатов. Ко *второй* группе относятся *указатели и индексные регистры*, предназначенные для размещения или извлечения данных из выбранного сегмента памяти. Содержание этих регистров определяет значение смещения в сегменте при задании логического адреса. К *третьей* группе относятся *регистры сегментов*, задающие начальные адреса (базы) самих сегментов памяти. МП имеет регистр флаговых разрядов, используемых для указания состояния АЛУ при выполнении различных команд и управления его работой.

Таким образом в МП располагается тринадцать 16-разрядных регистров и девять флаговых разрядов АЛУ. Последний, тринадцатый регистр, называется указателем команд *IP (Instruction Pointer*). Он выполняет функции, аналогичные функциям программного счетчика в МП 8080 и не является программно доступным регистром. Доступ к его содержимому может быть осуществлен с помощью команд передачи управления.

Группа РОН включает в себя семь 8-разрядных регистров МП 8080 и один добавленный 8-разрядный регистр для того, чтобы объединить все регистры в четыре 16-разрядные пары. К ним может быть организован программный доступ как к 8- или 16-разрядным регистрам. 16-разрядные регистры обозначаются символами AX, BX, CX и т.д. При обращении к ним, как к 8-разрядным регистрам, их обозначают AL, AH, BL, BH и т.д. Все эти регистры могут быть использованы при выполнении арифметических и логических команд. Однако есть команды, использующие определенные регистры для специфических целей, тогда применяют мнемонические обозначения: аккумулятор (*accumulator*), база (*base*), счет (*count*), данные (*data*).

Группа указателей и индексных регистров состоит из четырех 16-разрядных регистров: регистры указатели SP – Stack Pointer и BP – Base Pointer; индексные регистры SI – Source index и DI – Destination index. Обычно эти регистры содержат информацию о смещении по адресам в выбранном сегменте и позволяют компактно писать программы каждый раз непосредственно, не приводя используемого адреса. С их помощью производится вычисление адресов программ. Чаще всего в регистрах *указателях* записано адресное смещение по отношению к *стековому* сегменту, а в *индексных* регистрах – адресное смещение по отношению к *сегменту данных*.

Регистр состояния (Флаговый регистр) содержит шестнадцать триггеров, из которых используется только 9. Эти триггеры отображают состояние процессора при выполнении последней арифметической или логической команды. Пять триггеров аналогичны МП 580-й серии. Дополнительные триггеры сигнализируют: OVERFLOW – переполнение; DIRECTION – направление – указывает направление работы с массивами (автоматическое увеличение или уменьшение на единицу адреса массива); INTERRUPT – прерывание – определяет для МП реагирования на прерывание; TRAP – (западня, ловушка) устанавливает для МП пошаговый режим.

Система команд ВМ86 содержит 91 мнемокоманду и позволяет совершать операции над байтами, двухбайтовыми символами, отдельными битами, а также цепочками байтов и слов. По функциональному признаку система команд МП 8086 разбивается на 6 групп: пересылка данных; арифметические операции; логические операции и сдвиги; передача управления; обработка цепочек; управление процессором.

2. Описание лабораторной установки

Лабораторный стенд для исследования архитектуры и способов программирования на языке ассемблера 16-разрядных микропроцессоров состоит

из персонального компьютера, на котором установлен программный эмулятор 16-разрядного микропроцессора типа Intel 8086 (отечественный аналог МП КР1810). Эмулятор отображает на экране персонального компьютера программную модель исследуемого процессора, а также позволяет создавать и редактировать тексты программ на языке ассемблера МП 8086, выполнять их ассемблирование и исследование процессов модификации регистров процессора, дампов памяти и портов в пошаговом и реальном режимах отладки программ.

2.1 Особенности работы с экранным отладчиком emu8086

При запуске программы появляется окно приглашения (рисунок 3.1), в котором пользователю предлагается выбрать один из вариантов работы: создание нового файла; просмотр примеров программирования; запуск уже использовавшихся файлов или переход в режим помощи.

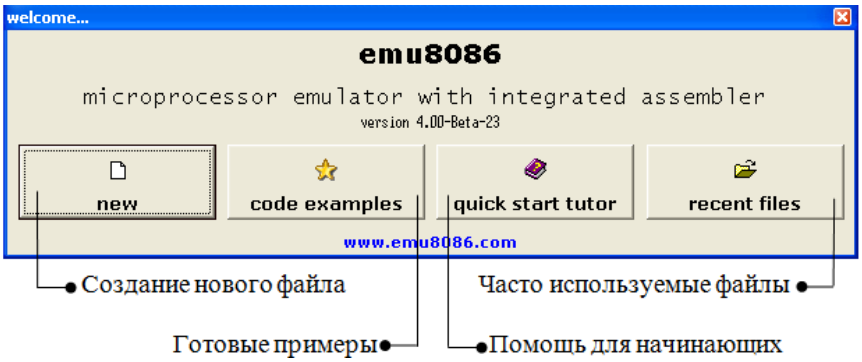


Рисунок 2.1 — Окно приглашения

При создании нового файла (рисунок 2.2) существует возможность выбрать шаблон файла.

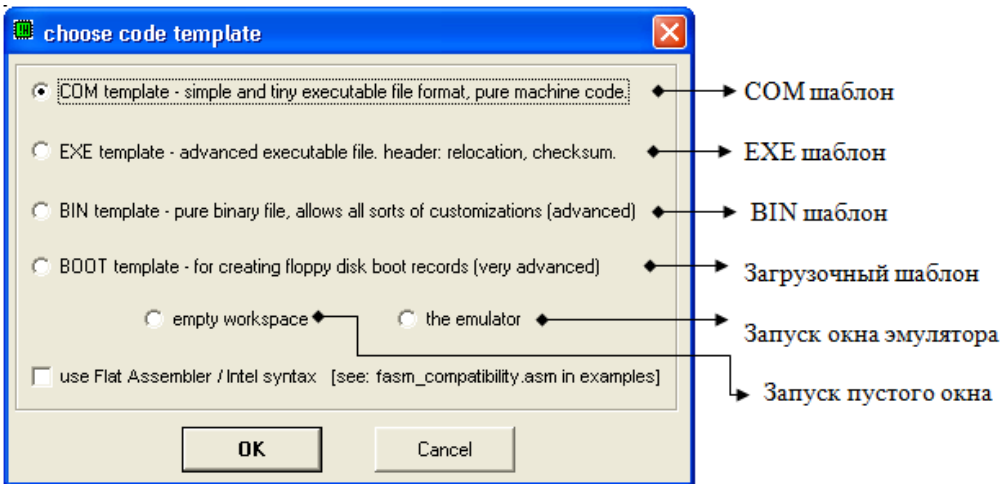


Рисунок 2.2 — Окно выбора шаблона

Например, при выборе варианта шаблона COM-файла, появится окно редактора с соответствующим стандартным кодом (рисунок 2.3). Окно редактора можно разделить на область панели инструментов и рабочую область, используемую для написания и редактирования ассемблерных программ.

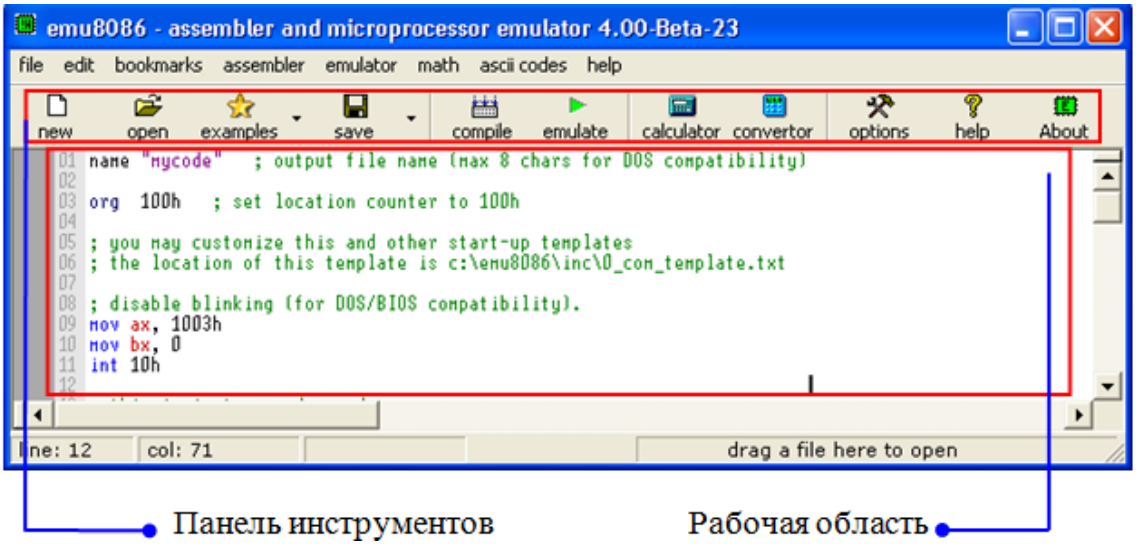


Рисунок 2.3 — Окно создания и редактирования кода

Панель инструментов позволяет осуществить быстрый доступ к самым часто используемым функциям. Пункты меню панели инструментов имеет следующее назначение:

new — Создание нового файла. Создание и ввод текста программы на ассемблере для последующего выполнения. Доступно использование комментариев – перед текстом комментария необходимо ставить “;”.

open — Открытие уже созданного и сохраненного файла для его редактирования или запуска.

examples — Открытие примера. Открывает один из доступных файлов, созданных разработчиками для показа возможностей функций ассемблера.

save — Сохранение на носитель информации файла, который вы создали или отредактировали.

compile —Создание исполняемого файла. Создание файла, который не будет зависеть от эмулятора и будет запускаться из операционной системы без дополнительных программ (*.exe, *.com).

emulate — Запуск программы в режиме эмуляции, в котором возможно отследить за каждым шагом выполнения программы, за содержимым регистров, флагов, ячеек памяти. Используется при проверке на работоспособность программы и при необходимости отыскать ошибки в коде.

calculator — Запуск встроенного калькулятора, который позволяет производить расчеты над числами в двоичной, восьмеричной, десятеричной, шестнадцатеричной формах. Результат можно выводить так же в любой удобной форме. Вид калькулятора представлен на рисунке 2.4.

convertor — Запуск конвертера основ (двоичная, восьмеричная, десятичная, …). Конвертер основ счисления позволяет легко и удобно переводить числа из одной основы в другую, т.е. осуществлять преобразования типа: bin->hex, dec->bin и т.п. Вид конвертера основ показан на рисунке 2.5.

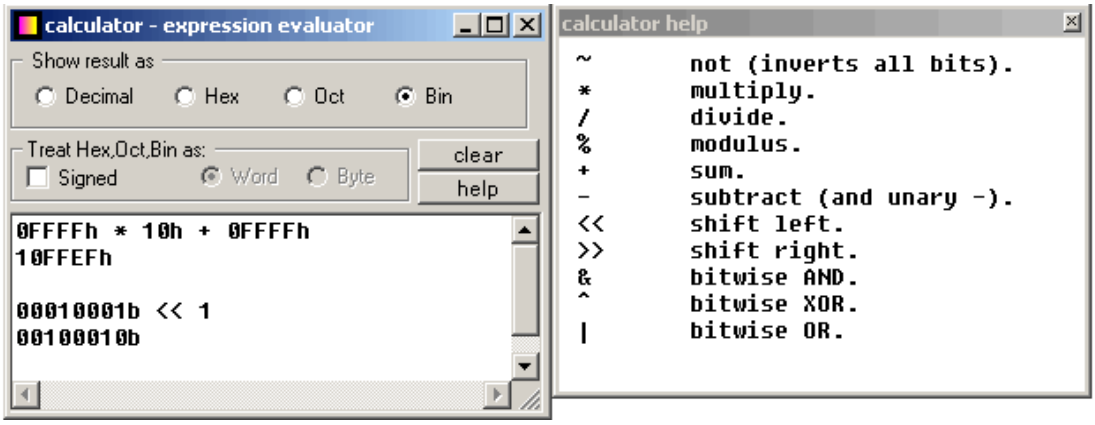


Рисунок 2.4 — Окно калькулятора и окно помощи для работы с ним

options — Настройки эмулятора. Позволяют настроить цвет и шрифт кода, комментариев, выделения, фона, панелей и других компонентов эмулятора.

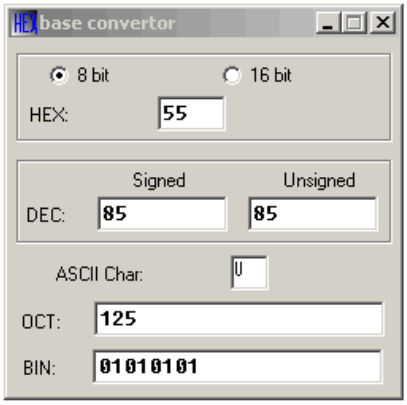


Рисунок 2.5 — Окно конвертера

help — Вызов помощи (на англ. языке). Полное описание на английском языке функций работы с ассемблером, прерываниями, циклами и т.д. Сайт создателей программы и часто задаваемые вопросы(FAQ) в режиме online.

About — Информация о создателях. Регистрация продукта, информация о «координатах» создателей, версии и дате создания программы.

2.2. Работа отладчика в режиме эмуляции.

Общий вид окна экранного отладчика показан на рисунке 2.6. В левой части окна изображены программно доступные регистры микропроцессора 8086 и значение их содержимого в 16-ричной системе счисления.

В правой части окна выведен текст исследуемой программы в мнемонических кодах, а в центре отображается этот же фрагмент в машинных кодах (в 16-ричной системе счисления). Как видно из рисунка, программа размещена в сегменте с базовым адресом 0700h и начальном смещении 0100h.

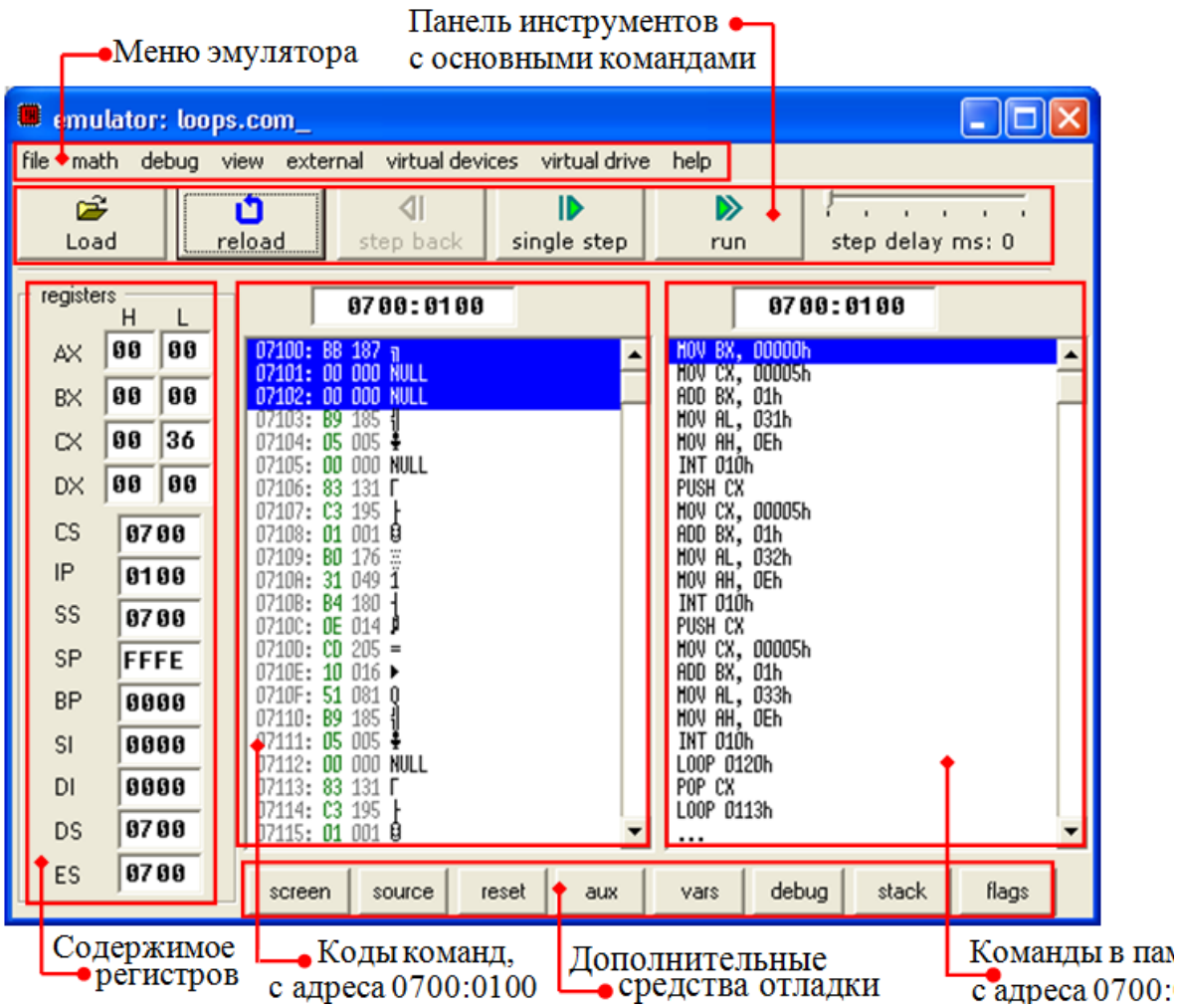


Рисунок 2.6 — Окно эмулятора

Двойным щелчком по любому адресу или содержимому регистров вызывается расширенный просмотр значений (рисунок 2.7). На панели инструментов данного окна имеются следующие пункты:

- Load —загрузка существующего файла для его эмуляции.
- Reload — выполнение программы с самого её начала.
- Step back — шаг назад на одну операцию при пошаговом режиме.
- Single step — шаг вперёд на одну операцию при пошаговом режиме.

Run — эмуляция без остановок между операциями. Окно эмулятора также предоставляет дополнительные возможности для отладки программ, в частности:

screen — Вызов эмулируемого экрана. Если в программе используется работа с экраном (монитором), то выполнение этих операций отображается на эмулируемом экране, показанного на рисунке 2.8,*а*.

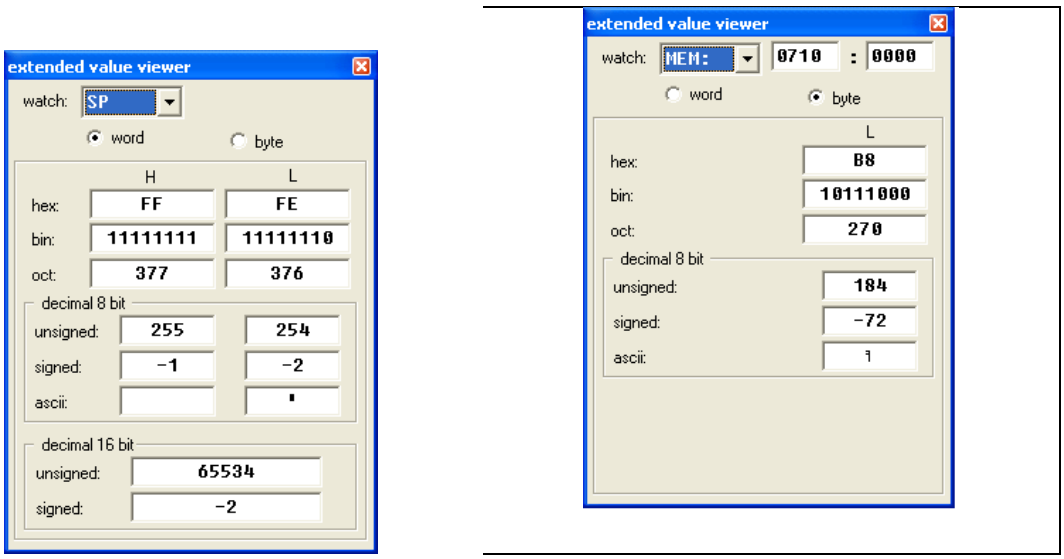
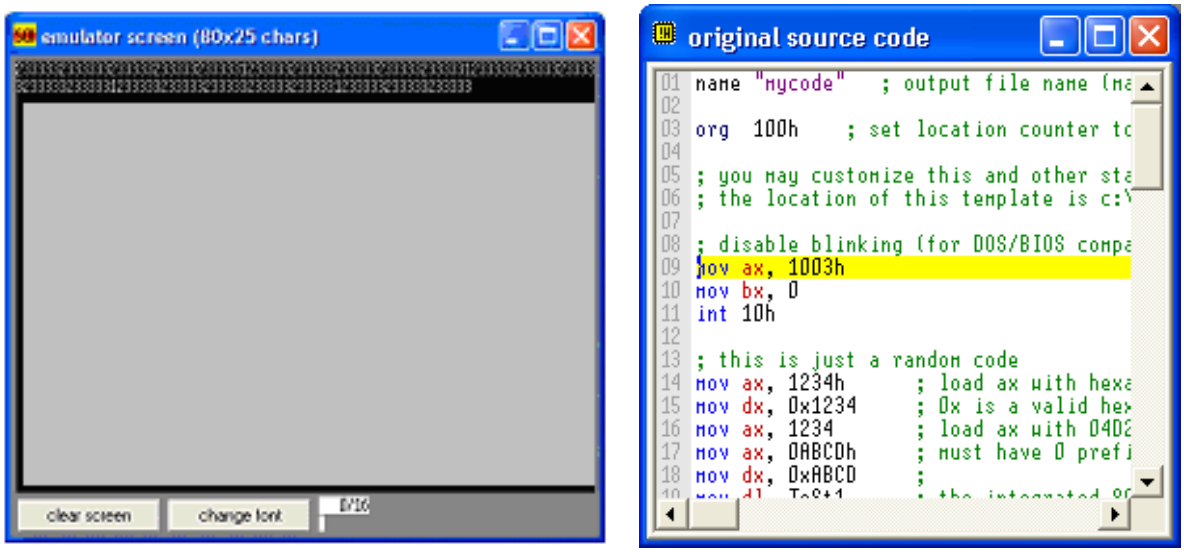


Рисунок 2.7 — Пример окон просмотра значений регистров

source — Вызов окна просмотра оригинального кода. Для ориентации в своей программе и в кодах можно использовать окно, содержащее её оригинальный текст. Пример такого окна показан на рисунке 2.8,б.



а) б)

Рисунок 2.8 — Окно эмулирующее вывод данных на экран монитора (а) и окно просмотра исходного кода программы (б)

reset — Сброс всех значений регистров. Тем самым осуществляется выполнение программы с начала. При этом отчищается эмулируемый экран.

aux — Пункт меню предоставляет дополнительные возможности для просмотра памяти, АЛУ, сопроцессора и др.

Окно памяти программ и данных **memory**. Используется для удобного просмотра содержимого памяти с произвольным доступом (рисунок 2.9)

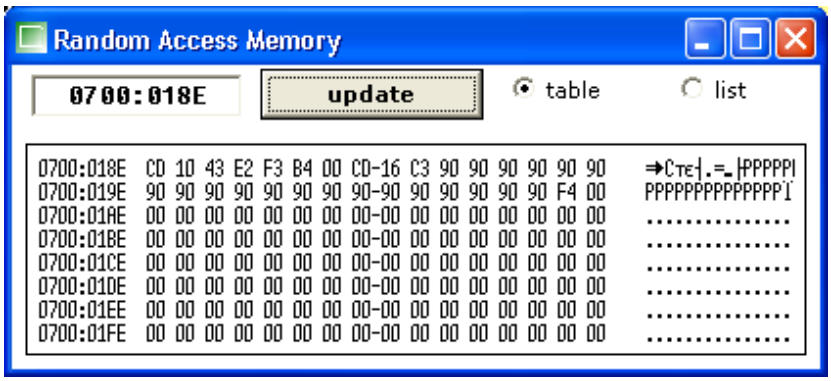


Рисунок 2.9 — Окно просмотра содержимого памяти

В данном окне можно просматривать последовательность располагаемых в памяти данных и перемещаться по памяти, вводя значение адреса вместо показанного на рисунке 0700:018E. Можно выбрать способ просмотра в виде таблицы или списка путём выбора table или list соответственно.

Окно ALU — отображает содержимое арифметико-логического устройства. На рисунке 2.10 показан пример работы АЛУ при сложении: первая строка указывает номер разряда, две следующие строки – это операнды, а последняя – результат.

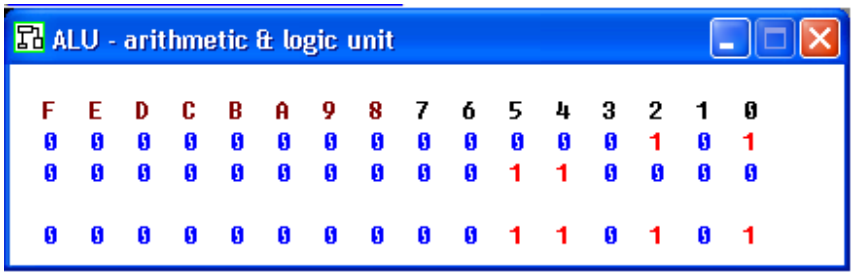


Рисунок 2.10— Окно просмотра содержимого ALU

В окне FPU — отображается содержимое регистров математического сопроцессора.

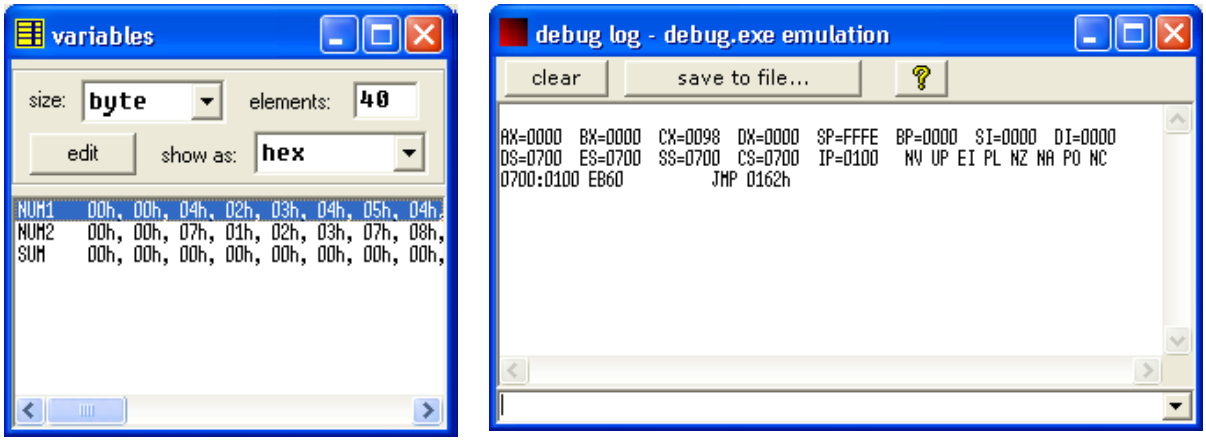
Окно stop on condition —необходимо использовать, если при отладке требуется остановить эмуляцию при каком-то условии значения регистров общего назначения, флагов или ячейки памяти.

Таблица символов **symbol table**. В этой таблице отображаются названия и параметры символов (рисунок 2.11,*а*).

В окне **listing** — отображается программа в машинных кодах. Вся эмулируемая программа представляется в виде кодов команд и адресов, по которым они располагаются.

var — Просмотр переменных. Можно осуществить быстрый и прямой доступ ко всем переменным. В случае необходимости можно изменить их значение двойным щелчком мыши по необходимой переменной.

Журнал отладки **debag** — сохраняет каждое изменение в ходе выполнения программы (рисунок 2.11,*б*).



а) б)

Рисунок 2.11 — Окно просмотра переменных а) и окно журнала отладки б)

Окно stack — оказывает возможность просмотреть содержимое стека или его изменения.

Окно состояние флагов **flags**. Позволяет просмотреть состояние всех флагов и при необходимости изменить их. При нажатии на кнопку “analyse”, появляется окно “lexical flag analyser” (рисунок 2.12), в котором расписывается значение каждого флага процессора.

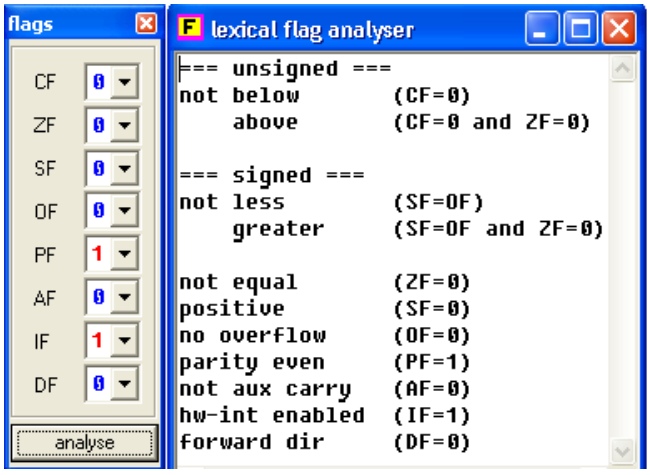


Рисунок 2.12 − Окно состояние флагов

3. Программа работы

3.1. Изучить архитектуру МП 8086, состав регистров и работу процессора с использованием временных диаграмм (выполняется в процессе домашней подготовки к лабораторной работе).

3.2. Изучить основные команды МП 8086 (выполняется в процессе домашней подготовки к лабораторной работе).

3.3. Исследовать процесс выполнения программы (т.е. проследить изменение содержимого регистров) сложения-вычитания, взятой из примера программ отладчика (code examples).

3.4. Исследовать процесс выполнения программы сложения элементов двух массивов (add_two_arrays), взятой из примера программ отладчика (code examples).

3.5. Рассчитать время выполнения программ.

ПРИМЕЧАНИЕ: В этих программах используются прерывания DOS и BIOS, а сами программы представлены в форматах com или exe. Поэтому, прежде чем начать исследование примеров ассемблерных программ, внимательно ознакомьтесь с методическими указаниями по выполнению данной работы.

4. Методические указания по выполнению работы

Исполняемые модули ассемблерных программ могут быть оформлены в виде exe- com-файлов. Эти файлы, кроме собственно исполняемого кода приложения, должны содержать информацию для операционной системы (DOS) о размещении программы в памяти компьютера, а также команды. которые обеспечат возврат в операционную систему после завершения приложения. Отличие форматов состоит в следующем.

Размер программы. Программа в EXE может иметь любой размер, в то время как COM-файл ограничен размером одного сегмента (≤64к). Размер COM-файла всегда меньше, чем размер соответствующего EXE-файла, так как в COM-файле отсутствует заголовок (512 байт) EXE-файла.

Заголовок хранится на диске в начале exe-файла. В заголовке содержится информация о размере выполняемого модуля, области загрузки в памяти, адрес стека и относительное смещение. В нем также указывается число байтов в последнем блоке exe-файла, число настраиваемых параметров, количество параграфов в заголовке и некоторые другие данные.

Сегмент стека. В EXE программисту следует задавать сегмент стека, в то время как COM-программа генерирует стек автоматически.

Сегмент данных. В EXE-программах обычно определяется сегмент данных, а регистр DS инициализируется адресом этого сегмента. В COM-программах все данные должны быть определены в сегменте кода.

Инициализация. В EXE-программе следует записать 0-слово в стек и инициализировать регистр DS. Так как в COM стек и сегмент данных не определены, то эти шаги отсутствуют.

При запуске COM-программы DOS заносит в сегментные регистры адрес префикса программного сегмента (256 байт=100H), который резервируется DOS непосредственно перед COM- или EXE –программой в памяти. Так как адресация начинается со смещения 100H от начала префикса, то в программе после директивы SEGMENT следует вносить директиву ORG 100H. Для преобразования EXE-файла в COM-файл используется программа EXE2BIN.

Для облегчения работы программиста разработан ряд стандартных служебных системных программ взаимодействия с клавиатурой, дисплеем и др. устройствами ввода/вывода данных. Эти программы (функции) входят в состав операционной системы (функции DOS) и функции BIOS ─ базовой системы ввода/вывода (Basic Input/Output System). Вызов этих функций осуществляется путем команд прерывания INT.

Все функции DOS вызываются с помощью прерывания 21h (в десятичной нотации 33). Выбор конкретной функции осуществляется путем записи соответствующего номера в регистр **AH**.

Функция 02: вывод одного символа на экран дисплея

Для вывода одного символа на экран ПК используется функция 02 прерывания 21h:

```
mov DL, <код выводимого символа>

mov AH, 2

int 21h
```

Выводимый символ высвечивается в позиции курсора (что бы там ни было записано), после чего курсор сдвигается на одну позицию вправо.

Функция 9: вывод строки на экран дисплея

Для вывода на экран строки (последовательности символов) можно, конечно, использовать функцию 02, однако сделать это можно и за один прием с помощью функции 09 прерывания 21h:

```
DS:DX := начальный адрес строки

mov AH, 9

int 21h.
```

Перед обращением к этой функции в регистр DS должен быть помещен номер того сегмента памяти, в котором находится выводимая строка, а в регистр DX ─ смещение строки внутри этого сегмента. При этом в конце строки должен находиться символ $ (код 24h), который служит признаком конца строки и сам не выводится.

Функция 4Ch: завершение программы

Завершив все свои действия, прикладная программа обязана вернуть управление операционной системе, чтобы пользователь мог продолжить работу на ПК. Такой возврат реализуется функцией 4Ch прерывания 21h, которую помещают в конце программы:

```
mov AL, <код завершения>

mov AH, 4Ch

int 21h
```

Каждая программа обязана сообщить, успешно или нет она завершила свою работу. Так как любая программа вызывается из какой-то другой программы (например, из операционной системы), и иногда вызвавшей программе, чтобы правильно продолжить работу, надо знать, выполнила ли вызванная программа задачу верно, или она проработала с ошибкой. Такая информация передается в виде кода завершения программы (некоторого целого числа), который должен быть нулевым, если программа проработала правильно, и ненулевым (каким именно - оговаривается в каждом случае особо) в противном случае. (Узнать код завершения вызванной программы можно с помощью функции 4Dh прерывания 21h.) Потребуется этот код или нет, программа все равно должна выдать его.

Для работы с клавиатурой используются функции BIOS, вызываемые прерыванием INT 16h. Они включает в себя функции для выборки кода нажатого символа из буфера с ожиданием нажатия, функции для проверки содержимого буфера и для управления содержимым буфера, функции для изменения скоростных характеристик клавиатуры.

Функция 00h выполняет чтение кода символа из буфера клавиатуры, если он там есть. Если *буфер клавиатуры пуст*, программа переводится в состояние *ожидания* до тех пор, *пока не будет нажата какая-нибудь клавиша*. Скан-код и ASCII-код нажатой клавиши передаются программе.

5. Содержание отчета

5.1. Цель и программа работы.
5.2. Структурная схема МП 8086 и временные диаграммы его функционирования.
5.3. Описание взаимодействия блоков микропроцессора при выполнении команд различной длины и различных типов.
5.4. Тексты исследуемых программ с построчными комментариями.
5.5. Результаты проведенных исследований и расчетов.
5.6. Выводы по работе с анализом результатов выполненных исследований и расчетов.

6. Контрольные вопросы

6.1. Расскажите о составе и назначении основных блоков процессора Intel 8086.

6.2. Поясните, за счет чего повышено быстродействие процессора 8086 по сравнению с его предшественником.

6.3. Объясните понятие машинного цикла, перечислите виды машинных циклов МП 8086 и поясните, какие сигналы и в какой последовательности появляются на выводах процессора в каждом из циклов.

6.4. Перечислите основные внешние выходы МП КР1810, расскажите об их назначении.

6.5. Расскажите о флагах процессора и особенностях их использования.

6.6. В чем состоит отличие логического и физического адресов и как формируется физический адрес?

6.7. Какова роль указателя стека в организации выполнения программы и каково его значение при выполнении первой команде Push?

6.8. Поясните целесообразность включение в состав процессора индексных регистров и приведите пример программы с их использованием.

6.9. Расскажите подробно о работе процессора после включения питания.

6.10. В чем состоит особенность работы процессора при поступлении сигнала прерывания от внешнего устройства?

6.11. Для чего используются внутренние прерывания DOS и BIOS?

6.12. Проведите сравнительную характеристику различных способов адресации, используемых в МП 8086.

6.13. В чем состоит отличие работы процессора в минимальном и максимальном режимах?

6.14. Расскажите об основных возможностях экранного отладчика emu8086.

6.15. Расскажите о режимах исполнения отдельных команд и целых программ в экранном отладчике emu8086.

6.16. Прокомментируйте результат действия каждой из команд в программе сложение-вычитание операндов.

6.17. Опишите возможности взаимодействия микропроцессора с внешними устройствами, реализованные в экранном отладчике emu8086.

7. Список рекомендованной литературы

6.1. Абель П. Язык Ассемблера для IBM PC и программирования / Пер. с англ. Ю.В.Сальникова. — М.: Высш. школа, 1992. — 447 с.Новиков Ю.В. Основы микропроцессорной техники: Учебное пособие/Ю.В. Новиков, П.К. Скоробогатов. — М.: Интернет-университет информационных технологий; БИНОМ, 2006. — 359 с.

6.2. Программирование на ассемблере для процессоров персонального компьютера / М.К. Маркелов, Л.С. Гурьянова, А.С. Ишков, А.С. Колдов, С.В. Волков.— Пенза: ПГУ, 2013 .— ISBN 978 -5-94170-537-5 http://rucont.ru/efd/210624?cldren=0

6.3. Федотова Д.Э. Архитектура ЭВМ и систем [Электронный ресурс]: лабораторная работа. Учебное пособие/ Федотова Д.Э.— Электрон. текстовые данные. — М.: Российский новый университет, 2009.— 124 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/21263

6.4. Чернега В.С. Архитектура информационных систем. Конспект лекций / В.С. Чернега. – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2019 – 160 с.

Заказ № _____ от «___» _____ 2020 г. Тираж _____ экз.
Изд-во СевГУ