

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Политехнический институт  
Кафедра «Промышленная автоматика и робототехника»

Утверждено на заседании кафедры  
«Промышленная автоматика и робототех-  
ника»  
« 17 » января 2023г., протокол № 2

И.о заведующего кафедрой

 О.А.Ерзин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по проведению практических (семинарских) занятий**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Микропроцессорные устройства управления**  
**и их программное обеспечение»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки (специальности)  
15.04.06 Мехатроника и робототехника

с направленностью (профилем)  
Роботы и робототехнические системы

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 150406-02-22

Тула 2023 год

## Разработчик(и) методических указаний

Зайчиков Игорь Вячеславович, канд.техн.наук, доц.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание) (подпись)

## **Практическое занятие 1.**

Тема: Выполнение программных команд в соответствии с основными узлами структурной схемы центрального микропроцессора (ЦМП) K1810BM86. Использование регистров ЦМП K1810BM86. Применение сигналов ЦМП K1810BM86. Выполнение циклов обращения к магистрали ЦМП K1810BM86.

### **1. Цели и задачи практического занятия:**

1.1. Цель практического занятия: освоение способов аппаратного выполнения команд.

1.2. Задача практического занятия: применение особенностей архитектуры для программного обеспечения

### **2. План практического занятия:**

2.1 Структурная схема ЦМП. Назначение основных узлов.

2.2. Их взаимодействие при выполнении программных команд.

2.3. Сегментные регистры.

2.4. Регистры общего назначения.

2.5. Регистр признаков.

2.6. Сигналы общие.

2.7. Сигналы для минимальной конфигурации.

2.8. Сигналы для максимальной конфигурации.

2.9. Отличия минимального и максимального режимов функционирования ЦМП.

2.10. Циклы и такты при работе с памятью и внешними устройствами РТС.

2.11. Обработка прерываний.

2.12. Управление захватом шины.

### **3. Методические указания к проведению практического занятия**

Предоставить структурную схему микропроцессора

Описать следующие устройства: арифметико-логическое устройство (ALU) с тремя регистрами временного хранения данных ( $RG_t$ ) и регистром признаков ( $RG_f$ ); группу регистров общего назначения ( $R0 - R7$ ); микропрограммное устройство управления (MCU) для управления выполнением команд; схему управления доступом к магистрали (DMU); схему внутренней синхронизации (CLG); схему обработки запросов прерываний (INTU); схему формирования шины управления (CU); буфер шины адреса/данных (BF A/D); программный счетчик (IP); регистр сегмента ( $RG_s$ ); сумматор адреса (SYM); регистр очереди команд ( $RG_i$ ).

Примечание: Устройство обработки данных и устройство сопряжения канала декодирует и выполняет команды, а устройство сопряжения канала осуществляет связь с внешними устройствами, обеспечивает выборку команд и данных из памяти, формирует очередь команд. Функционируют параллельно.

Сегментные регистры.

применяются при обращении к памяти для вычисления физических адресов ячеек и используются для умалчиваемого назначения областей памяти.

Регистры общего назначения

AX, BX, CX и DX используются при выполнении арифметических и логических операций. Эти же регистры могут выполнять некоторые специальные

функции. Регистры общего назначения SP, BP, SI, DI называются адресными регистрами, так как в них хранятся относительные адреса, используемые для определения адресов операндов в пределах одного из сегментов памяти.

Регистр признаков

определяет состояние результата последней выполняемой команды процессором и управляет дальнейшим функционированием процессора.

Слово состояния ЦМП

составляют флаговый регистр, регистр CS, регистр IP и регистр AX.

Дать определение сигналов каждой группы и режимов конфигурации.

Режимы характеризуются некоторым набором управляющих сигналов.

В минимальном режиме ЦМП формирует все сигналы для управления периферийными устройствами и функционирует как самостоятельное устройство. В максимальном режиме ЦМП используется для построения многопроцессорных систем, в которых сигналы управления системной магистралью вырабатываются системным контроллером под воздействием многих процессоров.

Циклы обмена ЦМП осуществляет с памятью и внешними устройствами по совмещенной шине адресов и данных с помощью временного мультиплексирования сигналов. Цикл обмена включает в себя выдачу кодов адреса, данных и сигналов управления для передачи одного типа данных, и в большинстве случаев состоит из 4-х типов тактов.

Система прерываний ЦМП является многоуровневой векторного типа. Он обрабатывает 256 видов прерываний. Прерывания могут вызываться внешними и внутренними сигналами.

Внешние прерывания. Запросы внешних прерываний подаются на входы INT и NMI.

Прерывания по входу INT. Прерывания по входу INT относятся к аппаратным маскируемым прерываниям.

Прерывания по входу NMI. NMI – вход немаскируемых запросов прерывания используется для сообщений о "катастрофических" событиях в системе.

Внутренние прерывания. К внутренним прерываниям относятся прерывания по ошибке деления и прерывания пошагового режима, а также генерируемые программами.

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).

### **Практическое занятие 2.**

Тема: Применение различных форматов команд и способов адресации: прямой, регистровой, непосредственной, регистровой косвенной, базовой, индексной, базово-индексной.

## 1. Цели и задачи практического занятия:

1.1. Цель практического занятия: освоение способов вычисления адресов

1.2. Задача практического занятия: применение конкретных способов адресации в задачах

## 2. План практического занятия:

2.1. Представление адресной информации. Префикс замены сегмента

2.2. Прямая адресация

2.3. Регистровая адресация

2.4. Непосредственная адресация

2.5. Регистровая косвенная адресация

2.6. Базовая адресация

2.7. Индексная адресация

2.8. Базово-индексная адресация

## 3. Методические указания к проведению практического занятия

Физический адрес, генерируемый процессором, занимает 20 разрядов и образуется на уровне аппаратуры с помощью сумматора из 2-х входных компонентов: 16-разрядного смещения и 16-разрядного кода сегмента, сдвинутого предварительно влево на 4 разряда.

К однокомпонентным способам адресации

относятся: прямая адресация, регистровая адресация, непосредственная адресация, неявная адресация, косвенная адресация, регистровая косвенная адресация.

Прямая адресация.

При прямой адресации за кодом операции записывается обычно полный логический адрес.

Регистровая адресация.

В командах с регистровой адресацией операнд или операнды находятся в одном из регистров общего назначения.

Непосредственная адресация.

Этот тип адресации позволяет задавать постоянные данные в виде составных частей команды.

Регистровая косвенная адресация.

В этом типе команд конечное значение смещения находится в одном из регистров, на которые указывает поле *r/m* байта адресации.

Для многокомпонентных способов адресации

построение исполнительного адреса производится с использованием нескольких источников адресной информации. Сюда относятся следующие способы адресации: базовая, индексная, базово-индексная, относительная.

Базовая адресация.

В данном способе адресации смещение получается путем сложения двух операндов: один располагается в регистрах *ВХ* или *ВР* и второй в поле команды разрядностью 8 или 16.

Индексная адресация.

Имеет механизм формирования конечного значения смещения такой же, как и при базовой адресации, но используются регистры *SI* и *DI*.

Базово-индексная адресация.

Объединяет базовый и индексный способы адресации и используется для доступа к сложным структурам данных.

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).

### **Практическое занятие 3.**

Тема: Применение способов адресации: относительной, неявной, стековой и таблично-косвенной для обработки запросов прерываний. Применение программных команд вызова прерываний.

#### 1. Цели и задачи практического занятия:

1.1. Цель практического занятия: освоение способов вычисления адресов

1.2. Задача практического занятия: применение конкретных способов адресации в задачах

#### 2. План практического занятия:

2.1. Относительная адресация

2.2. Неявная адресация

2.3. Стековая адресация

2.4. Таблично-косвенная адресация

2.5. Система прерываний ЦМП

2.6. Внешние прерывания на входы INT и NMI.

2.7. Внутренние прерывания

#### 3. Методические указания к проведению практического занятия

Неявная адресация.

Неявная адресация используется в командах обработки последовательности байт или слов.

Относительная адресация.

В этом способе конечное значение смещения вычисляется путем сложения двух компонент: одна компонента содержится в поле команды, вторая – в программном счетчике IP.

Стековая адресация.

В этом способе используется доступ к выделенной области памяти – стеку. Используются регистры SS и SP. Значение смещения в SP модифицируется в зависимости от направления доступа к стеку.

Таблично-косвенная адресация для команд INT n.

Система прерываний ЦМП является многоуровневой векторного типа. Он обрабатывает 256 видов прерываний. Прерывания могут вызываться внешними и внутренними сигналами.

Внешние прерывания. Запросы внешних прерываний подаются на входы INT и NMI.

Прерывания по входу INT. Прерывания по входу INT относятся к аппаратным маскируемым прерываниям.

Прерывания по входу NMI. NMI – вход немаскируемых запросов прерывания используется для сообщений о "катастрофических" событиях в системе.

Внутренние прерывания. К внутренним прерываниям относятся прерывания по ошибке деления и прерывания пошагового режима, а также генерируемые программами

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).

### **Практическое занятие 4.**

Тема: Ассемблер ЦМП K1810BM86. Группы команд передачи данных, арифметических, логических булевых и сдвиговых, цепочечных, управления процессором, передачи управления.

#### 1. Цели и задачи практического занятия:

1.1. Цель практического занятия: освоение назначения команд

1.2. Задача практического занятия: применение конкретных команд в задачах

#### 2. План практического занятия:

2.1. Группы команд ЦМП.

2.2. Группа команд передачи данных

2.3. Группа команд арифметических

2.4. Группа команд логических операций

2.5. Группа команд логических сдвиговых

2.6. Группа команд цепочечных

2.7. Группа команд управления процессором

2.8. Группа команд передачи управления

2.9. Примеры команд различной адресации.

#### 3. Методические указания к проведению практического занятия

Команды МП K1810BM86

можно разбить на 6 групп: логические, арифметические, команды передачи данных, команды передачи управления, команды управления процессором и команды обработки строк символов.

Команды передачи данных.

Команды передачи данных составляют 4 подгруппы: общие, обращения к стеку, ввода-вывода и пересылки цепочек.

Арифметические команды.

Арифметические команды по сравнению с МП К580ВМ890 контроллера КП1 существенно расширены. Они обеспечивают выполнение четырех математических операций над 8- и 16-разрядными операндами со знаком и без знака.

Логические команды.

Логические команды можно разбить на две большие группы: команды, реализующие поразрядные логические операции, и команды сдвигов содержимого регистров и ячеек памяти.

Команды, реализующие поразрядные логические операции соответствуют двоичным булевым операторам.

Команды сдвигов содержимого регистров и ячеек памяти.

Разделяются на четыре модификации: простой логический сдвиг, простой арифметический сдвиг, циклический логический сдвиг, циклический арифметический сдвиг.

Команды обработки строк символов.

Имеется 5 однобайтовых команд, предназначенных для обработки одного элемента строки. Каждая команда может оперировать как с байтами, так и со словами.

Команды управления процессором.

Команды управления процессором по функциональному признаку могут быть разделены на две группы: команды, изменяющие содержимое регистра флагов, и команды, предназначенные для работы с внешними устройствами.

Команды передачи управления.

Команды передачи управления можно разделить на две группы. Первая группа команд включает условные и безусловные переходы, команды обращения к подпрограммам и возврата из них, а также команды управления циклами. Вторую группу составляют команды обслуживания прерываний.

Команды условных переходов.

Команды условных переходов позволяют передать управление на дистанцию от -128 до +127 байт от текущей позиции.

Команды безусловных переходов.

Команды безусловных переходов обеспечивают передачу управления на короткую дистанцию в диапазоне -128 +127, на среднюю внутрисегментную дистанцию -32768 +32767 и на дальнюю дистанцию внутри всего адресного пространства в 1 Мбайт.

Команды управления циклами.

Команды управления циклами используются для удобства реализации вычислительных циклов (итераций). Они осуществляют условный переход в зависимости от состояния регистра CX, который выполняет функции счетчика циклов.

Команды обслуживания прерываний.

Команды обслуживания прерываний оказывают на МП такое же действие, как и внешние аппаратные прерывания.

Примеры команд различной адресации.

Прямая адресация – JMP 0xC000:1FFE

Регистровая адресация – MOV AX, DX



Регистровая-косвенная адресация – MOV CX, [SI]  
Непосредственная адресация – MOV AX, 0x2A1D  
Базовая адресация – MOV DL, [BP+0x2A1D]  
Индексная адресация – MOV DL, [DI+0x2A1D]  
Базово-индексная адресация – MOV DL, [BP+DI+0x2A1D]  
Стековая адресация – PUSH BP; POP BP  
Относительная – JNZ M1

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).

### **Практическое занятие 5.**

Тема: Ассемблер АСП K1810BM87. Особенности кодировки, мнемоника, разделение на группы команд. Группы команд передачи данных, арифметических операций

#### 1. Цели и задачи практического занятия:

1.1. Цель практического занятия: освоение способов кодирования команд и данных в АСП

1.2. Задача практического занятия: применение разных типов данных АСП в задачах

#### 2. План практического занятия:

2.1. Форматы данных АСП

2.2. Особенности кодировки чисел.

2.3. Инструкция ESC

2.4. Формат команды

2.5. Команды передачи данных.

2.6. Арифметические команды.

#### 3. Методические указания к проведению практического занятия

Форматы данных

АСП в соответствии с внутренней архитектурой подразделяют на 7 форматов:

- 1) целое слово 16 бит диапазон  $\approx \pm 10^4$
- 2) короткое слово 32 бита диапазон  $\approx \pm 10^9$
- 3) длинное целое 64 бита диапазон  $\approx \pm 10^{18}$
- 4) двоично-десятичное число 80 бит в плотно упакованном формате.

При анализе исключительных ситуаций с целью обработки результатов выделяют и используют ряд кодов для целых и вещественных чисел в общем случае различают: положительное, отрицательное, нулевое и неопределенное значения чисел. Для двоично-десятичных дополнительно определяют разные по знаку нули. Для вещественных определяют разные по знаку нули и беско-

нечности, нормализованные, ненормализованные и денормализованные значения, значения «нечисел» и специализированный код неопределенности.

Формат команды

с постбайтом применяется в тех случаях, когда операнд-источник находится в памяти или регистре ST(i), либо результат необходимо переслать в память или регистр ST(i).

Формат команды без постбайта

применяется в тех случаях, когда операнд расположен в регистре ST(0) либо для команд управления.

Система команд сопроцессора по функциональному признаку разбивается на четыре группы: команды передачи данных, арифметические команды, специальные вычислительные команды и команды управления.

Команды передачи данных.

Команды передачи данных включают четыре типа: загрузки, запоминания, обмена и загрузки констант.

Арифметические команды.

Арифметические команды включают шесть типов команд: сравнения, анализа, сложения, вычитания, умножения и деления.

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).

### **Практическое занятие 6.**

Тема: Ассемблер АСП K1810BM87. Группа команд специальных вычислительных операций. Группа команд управления

#### 1. Цели и задачи практического занятия:

1.1. Цель практического занятия: освоение назначения команд

1.2. Задача практического занятия: применение конкретных команд в задачах

#### 2. План практического занятия:

2.1. Группа команд специальных вычислительных операций.

2.2. Группа команд управления

2.3. Использование «нечисел».

#### 3. Методические указания к проведению практического занятия

Специальные вычислительные команды.

Группа специальных вычислительных команд включает 12 мнемочкодов, определяющих действие, часто встречающееся в вычислительных программах (вычисление квадратного корня, абсолютного значения и т.д.).

Команды управления.

Эта группа команд включает 15 мнемочкодов, которые используются для выполнения системных функций.

В реальном масштабе времени особенностью работы АСП при управлении технологическим оборудованием РТС является то, что большинство команд управления имеют альтернативные мнемочкоды, которые образуются путем добавления к мнемочкоду буквы N, указывающей на то, что при ассемблировании данного мнемочкода перед ним не надо помещать команду WAIT. Альтернативный мнемочкод используется на участках программ, критичных по времени выполнения, где лишние такты, затрачиваемые на выполнение команды WAIT, нежелательны.

При отладке программ используются свойства "нечисла" быть сразу результатом, например объявленные переменные заполняются кодами "нечисел", которые содержат в мантиссе индекс, определяющий переменную. Если прикладная программа использует переменную, значение которой еще не сформировано, то в результате операции получится код "нечисла". При этом программа обработки недействительной операции по коду "нечисла" может выявить источник ошибки.

#### 4. Контрольные мероприятия

Включают опрос студентов на следующем практическом занятии по освоению материала предыдущего занятия.

#### 5. Требования при подведении итогов текущей и промежуточной аттестаций

5.1. Одно практическое занятие учитывается в текущей аттестаций в соответствии с заданной нагрузкой в семестре и наличием других типов работ.

5.2. Выполнение заданий по каждому практическому занятию является допуском к промежуточной аттестации (сдаче зачёта или экзамена).