

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИЗУЧЕНИЕ МИКРО-ЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28"

Методические указания к лабораторной  
работе № 3

КУЙБЫШЕВ 1987

УДК 681.3.06:51

Приведено описание лабораторной работы, составленной в соответствии с программой курса "Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ в конструкциях и технологии производства РСА" специальности 0705.

Лабораторная работа предназначена для приобретения практических навыков применения микро-ЭВМ ДЗ-28 в инженерных расчетах. Дано описание принципа работы и использования ЭВМ в режиме калькулятора и программном режиме. Рассмотрены примеры составления программы решения математических задач в машинных кодах. Описан порядок работы с ЭВМ. Приведены варианты заданий для выполнения лабораторной работы.

Составители:

Зеленский А.В.

Ухова И.А.

Бояринцев В.И.

## СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТЕКСТЕ

АЛУ	- арифметико-логическое устройство
ЗУ	- запоминающее устройство
КПМ	- контроллер пишущей машины
КПЛ	- контроллер перфоратора
КФС	- контроллер фотосчитывателя
МЛ	- магнитная лента
НМЛ	- накопитель на магнитной ленте
ОЗУ	- оперативное запоминающее устройство
ОМ	- ошибка магнитной ленты
ОП	- ошибка программы
ПЗУ	- постоянное запоминающее устройство
ПЛ	- перфоратор
ПМ	- пишущая машина
ПС	- программный счетчик
ПУ	- периферийное устройство
РК	- регистр команд
РОН	- регистр общего назначения
УВВ	- устройство ввода-вывода
УУ	- устройство управления
ФС	- фотосчитыватель
СД	- десятичная ячейка
(СД)	- содержимое десятичной ячейки
(X)	- содержимое регистра X

### 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

Специализированное управляющее вычислительное устройство "Электроника ДЗ-28" (в дальнейшем "микро-ЭВМ") предназначено для автоматизации научно-технических расчетов, а также для построения автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами и оборудованием.

По своей структуре изучаемая микро-ЭВМ является универсальной цифровой вычислительной машиной с микропрограммным управлением.

Микро-ЭВМ имеет следующие технические данные.

Системы счисления - десятичная и двоичная. Для сокращения записи двоичных чисел используется шестандцатиричная система

счисления.

Диапазон представляемых положительных чисел:  
в десятичной системе счисления от  $0,1 \cdot 10^{-99}$  до  $10^{99}$ ;  
в двоичной системе от 0 до  $2^{15}-1$ .

Форма представления чисел: десятичных -  
- с плавающей запятой; двоичных - целочисленная.

Разрядность числовой информации:  
десятичных чисел - 16 десятичных разрядов (12-ти-разрядная мантисса, 2-х-разрядный порядок, знак порядка и знак мантиссы); двоичных чисел - 4 шестидесятиричных разряда (2 байта).

Разрядность секции АЛУ - 4 бит (тетрада).

Число РОН-14.

Емкость ОЗУ для записи программы и исходных данных - 16 к или 32К в зависимости от варианта исполнения микро-ЭВМ.

Емкость ПЗУ - 4 К слов.

Объем информации, которую можно хранить с помощью НМЛ на одной стороне кассеты - до 200 Кбайт.

Максимальное время выполнения операций сложения и вычитания - не более 1,5 мс; умножения и деления - 20 мс; вычисления тригонометрических функций - 100 мс.

Элементная база - интегральные микросхемы серий К155, К651, К565 и дискретные элементы.

Условия эксплуатации - закрытое помещение, температура от 10 до 35°C, относительная влажность воздуха до 80%, атмосферное давление от 83,5 до 106 кПа (от 630 до 800 мм.рт.ст.).

## 2. КОНСТРУКЦИЯ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

Общий вид микро-ЭВМ приведен на рис. 1. На задней стенке основания расположен выключатель питания, предохранители, разъемы для подключения периферийных устройств (ПУ) - пишущей машины "Консул 260.1", фотосчитывающего устройства, перфоратора, дисплея. Индикаторное табло и клавиатура ЭВМ показаны на рис. 2.

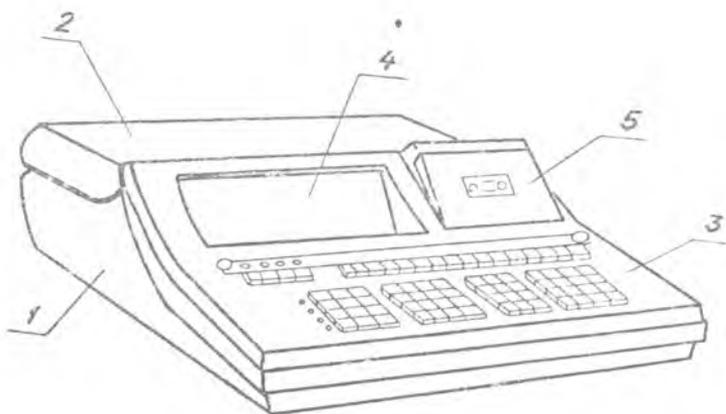


Рис. 1. ОБЩИЙ ВИД МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

- 1 - ОСНОВАНИЕ
- 2 - КРЫШКА
- 3 - ПУЛЬТ УПРАВЛЕНИЯ
- 4 - ИНДИКАТОРНОЕ ТАБЛО
- 5 - НМЛ

СОДЕРЖИМОЕ РЕГИСТРА Y СОДЕРЖИМОЕ РЕГИСТРА X

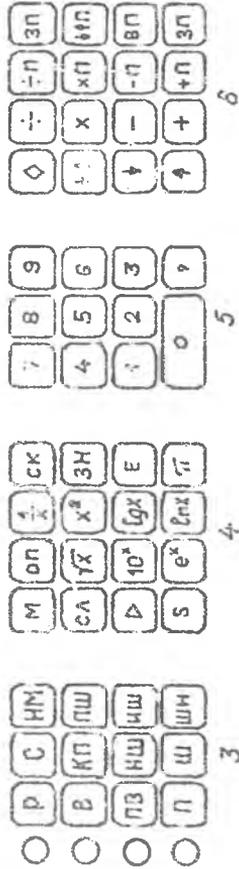
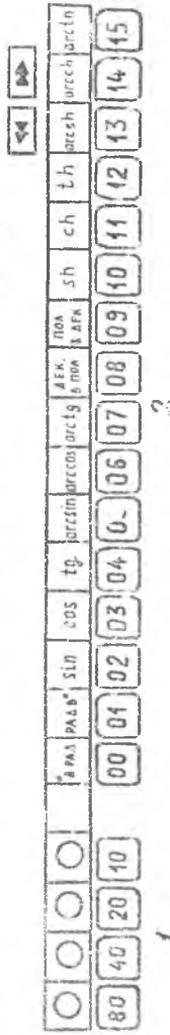
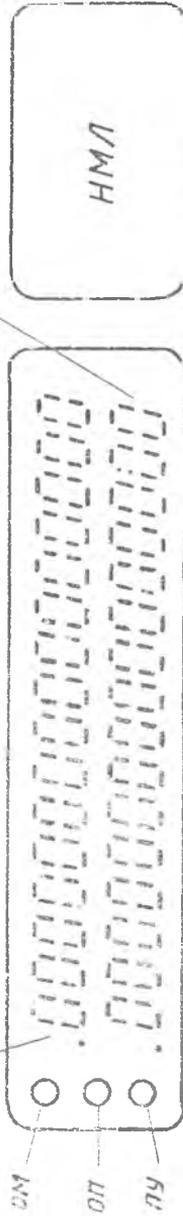


Рис. 2. Индикаторное табло и клавиатура микро-ЭВМ ДЗ-28

- 1, 2 - группы В, А клавиш прямого кодирования
- 3 - клавиши режимов работы и редактирования
- 4 - символные клавиши
- 5 - клавиши набора десятичных чисел
- 6 - клавиши операций в регистрах X, Y и десятичных ячейках

### 3. СТРУКТУРА МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Структурная схема микро-ЭВМ ДЗ-28 приведена на рис. 3. Основными функциональными узлами являются:

- устройство управления УУ;
- арифметико-логическое устройство АЛУ;
- оперативное запоминающее устройство ОЗУ;
- схема управления ввода-вывода УВВ;
- накопитель на магнитной ленте НМЛ;
- контроллеры: пишущей машины КММ, фотосчитывателя ИФС, перфоратора КПЛ;
- клавиатура;
- индикация.

АЛУ и УУ в совокупности образуют процессор (операционное устройство).

Микро-ЭВМ ДЗ-28 является вычислительным устройством с микропрограммным управлением.

Принцип микропрограммного управления состоит в том, что работа микро-ЭВМ происходит автоматически с помощью микропрограмм, заранее составленных и введенных в ПЗУ.

Микропрограмма – последовательность микрокоманд, необходимых для выполнения одной математической или логической операции. Каждой микропрограмме соответствует команда, которая имеет цифровой код и мнемокод. Наиболее часто используемые команды приведены в приложении.

Микрокоманда – набор микроприказов, выполняемых независимо друг от друга в разных узлах, определяющих действия микро-ЭВМ в течение одного машинного такта, например, чтение, запись, пересылка, сдвиг, сложение и т.п.

Устройство управления УУ реализует микропрограммный принцип управления обработкой информации и включает в себя:

ПЗУ (память микрокоманд) объемом 4096 слов по 44 разряда каждое;

- регистр команд РК;
- программный счетчик ПС;
- регистр адреса микрокоманды;
- дешифратор микрокоманды.

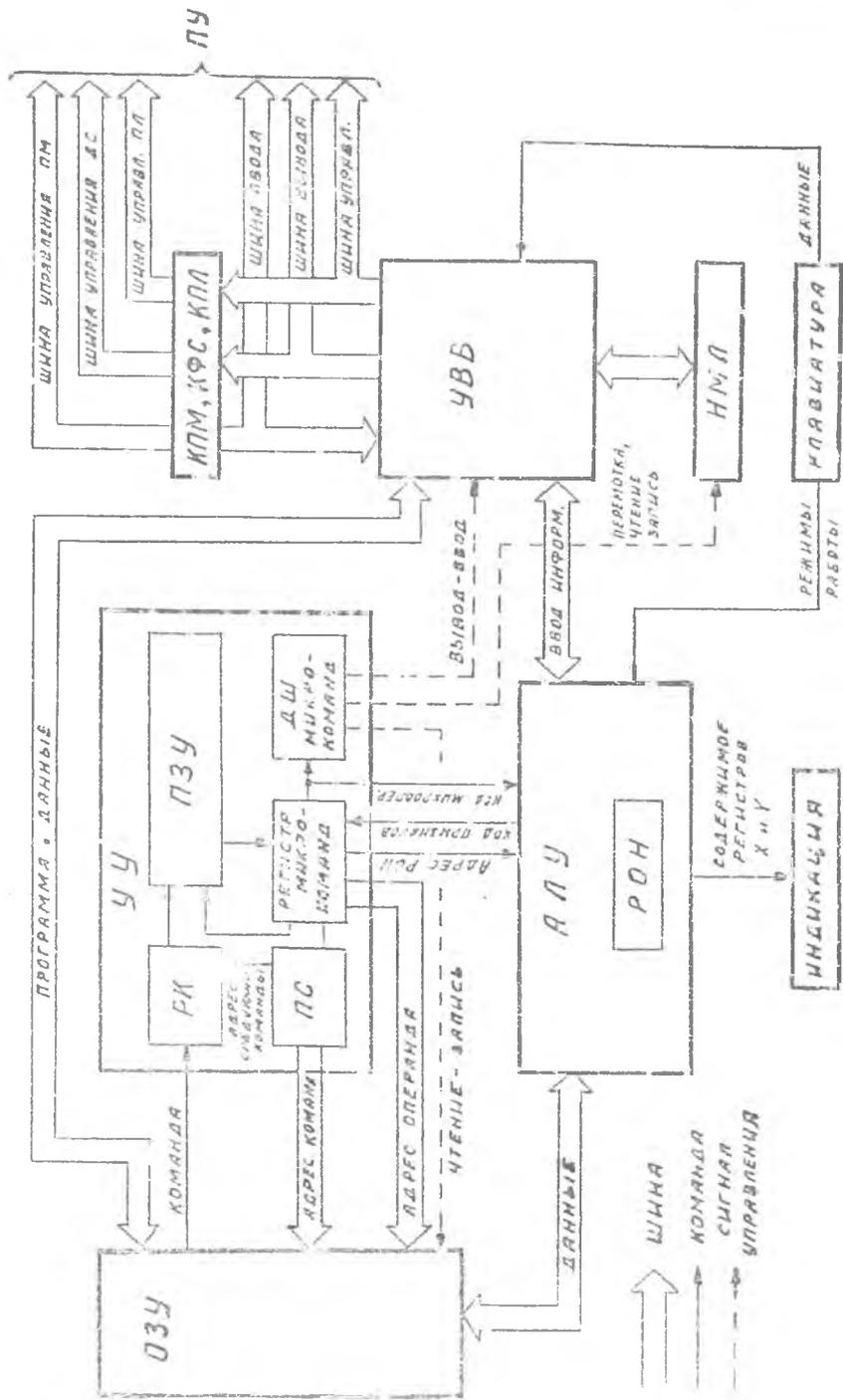


Рис. 3. Структурная схема микро-ЭВМ ДЗ-28

В ПЗУ жестко записаны ("зашиты") микропрограммы команд. Количество команд 463.

Арифметико-логическое устройство АЛУ выполняет арифметические и логические операции над числами (операндами) и хранение чисел. Для этого АЛУ содержит регистры общего назначения, сумматоры, дешифраторы и т.п. В каждом из этих узлов предусматривается возможность выполнения микроопераций, таких как пересылка, инвертирование, сдвиг, сложение, счет и т.п. АЛУ работает в двоичной системе счисления. Для обработки десятичных арифметических данных предусмотрены дополнительные схемы перевода числа в двоично-десятичный код и схема десятичной коррекции.

Результат выполненной в АЛУ операции может использоваться в качестве окончательного (в этом случае он поступает в УВВ), промежуточного (остается в регистрах АЛУ) или для автоматического выбора направления последующих вычислений (например, по признакам условных переходов).

Оперативное запоминающее устройство ОЗУ служит для размещения программы решения задачи, а также для хранения и выдачи исходных данных, промежуточных и окончательных результатов вычисления. В микро-ЭВМ ДЗ-28 используется ОЗУ динамического типа с модульной организацией памяти.

Информационная емкость ОЗУ в зависимости от варианта исполнения ДЗ-28 может составлять 16 Кбайт или 32 Кбайт.

ОЗУ емкостью 16 Кбайт выполнено на основе БИС типа К565РУ1А. Запоминающая матрица этой микросхемы состоит из 64 строк и 64 столбцов, на пересечении которых расположены запоминающие элементы.

В основу ОЗУ емкостью 32-Кбайт положена БИС типа К565РУ3А: запоминающая матрица, которая состоит из 128 строк и 128 столбцов.

Каждая ячейка памяти имеет 8 двоичных разрядов и служит для хранения некоторого набора цифр. Таким набором может быть число, команда или буква, закодированная числом. Все ячейки пронумерованы подряд. Номер ячейки является ее адресом.

Адрес ячейки памяти задается 16-разрядным кодом адреса, например, 03.14.08.12Н.

Часть ОЗУ доступна пользователю и может использоваться для программирования. Программно доступными ячейками являются:

два десятичных регистра X и Y

166 десятичных ячеек (*cell decimal*) с до... с 0165

Устройство ввода-вывода информации (интерфейс ввода-вывода) УВВ предназначено для ввода программы вычислений, исходных данных и для выдачи результатов решения задачи. Интерфейс представляет собой совокупность программных и аппаратных средств, с помощью которых микро-ЭВМ сопрягается с различными периферийными устройствами. При этом обеспечивается совместимость по быстродействию кодам, электрическим характеристикам.

В состав аппаратной части интерфейса входят шина ввода информации, шина вывода и шина управления.

Контроллеры КИМ, КЭС, КИЛ представляют собой часть интерфейса, относящуюся к периферийным устройствам. Контроллеры обеспечивают связь между интерфейсом ввода-вывода и периферийными устройствами — ПМ, ЭС, ПЛ. Они преобразуют систему сигналов, поступающих в интерфейс, в совокупность сигналов, отвечающую специфике работы ПМ ЭС, ПЛ.

Кроме указанных периферийных устройств к микро-ЭВМ может подключаться алфавитно-цифровой дисплей, имеющий в своем составе контроллер для сопряжения с ЭВМ (с шинами ввода, вывода и управления).

Накопитель на магнитной ленте НМЛ предназначен для хранения программы и массивов данных на магнитной ленте. НМЛ состоит из лентопротяжного механизма, устройства управления и схемы записи-считывания. В качестве носителя информации применяется магнитная лента, заправленная в унифицированную кассету типа МК-60. Лента должна иметь прозрачный рекорд для автоматической остановки по коду МЛ. Датчиком разорда является фотодиод, освещенный лампочкой накаливания.

Клавиатура предназначается для связи оператора с микро-ЭВМ. С помощью клавиш можно задать режим работы, ввести и отредактировать программу и исходные данные.

Внешний вид клавиатуры пульта управления приведен на рис. 2. Назначение клавиш описано ниже в п. 6.1.

Индикация предназначена для отображения информации о режимах работы микро-ЭВМ и о состоянии регистров и ячеек ОЗУ.

На индикаторном табло (рис. 2) слева расположены 3 индикатора ОМ, ОП и ПУ (названия на табло не нанесены). Индикатор ОМ (ошибка МЛ) загорается в случае сбоя во время чтения с МЛ, индикатор ОП (ошибка программы) загорается в случае некорректной операции,

например, деления на ноль. Индикатор ПУ включается при работе с периферийными устройствами во время ожидания "ответа ПУ".

Кроме того, на индикаторном табло имеются верхняя и нижняя индикаторные панели на газоразрядных цифровых индикаторах по 16 позиций в каждой. Нижняя панель отображает содержимое регистра X, верхняя - содержимое регистра Y. Возможен вывод на индикацию содержимого других регистров и ячеек после предварительного переноса их в регистры X или Y соответствующей командой. В режиме набора команды в 10-ной системе, а на верхнем табло - номер команды в 16-ной системе.

Рассмотрим работу микро-ЭВМ по структурной схеме (рис. 3).

Программа решения задачи и исходные данные вводятся в ОЗУ с клавиатуры, НМЛ или с ПУ через УВВ. Команды программы размещаются в ячейках памяти последовательно в порядке их выполнения.

После пуска программный счетчик ps задает адрес первой команды, которая выбирается из ОЗУ и поступает в регистр команд РК в УУ. Код операции из РК поступает на вход ПЗУ. В соответствии с этим кодом из ПЗУ в регистр микрокоманд считывается адрес первой микрокоманды выполняемой операции.

Каждая микрокоманда содержит 3 основных поля:

- поле кода микроопераций, определяющее микрооперацию, выполняемую в одном из устройств микро-ЭВМ (АЛУ, ОЗУ, УВВ, НМЛ);
- поле признаков, поступающих из АЛУ и анализируемых при выполнении микрокомандой условного перехода по данным признакам;
- поле адреса следующей микрокоманды.

Регистр микрокоманд формирует:

для АЛУ - код микрооперации и адреса РОН, которые участвуют в выполнении этой микрооперации над числами;

для ОЗУ - адреса ячеек, где хранятся операнды;

адрес следующей микрокоманды, который подается в ПЗУ.

Дешифратор микрокоманд формирует сигналы управления, определяющие вид обмена данными:

для ОЗУ - чтение или запись;

для УВВ - ввод или вывод при обмене информацией с ПУ;

для НМЛ - перемотка, чтение, запись.

После выполнения текущей микрокоманды выполняется следующая, адрес которой указан в поле адреса текущей микрокоманды.

После того, как будут выполнены все микрокоманды (их может быть от 22 до 64600 в одной микропрограмме), программный счетчик задает адрес следующей команды. Этот адрес был сформирован и хранился в программном счетчике во время выполнения предыдущей команды.

Таким образом ЭВМ циклически выполняет операции по шагам. За каждый шаг выполняется одна команда программы независимо от того, однобайтовая она или двухбайтовая. После каждого шага в счетчик команд прибавляется единица (если не было перехода по признакам на внеочередную команду). Программа должна заканчиваться командой  $EVD$ , после которой программный счетчик останавливается.

#### 4. РАБОТА МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 В РЕЖИМЕ КАЛЬКУЛЯТОРА

Режим калькулятора предназначен для ручного счета, выполнения вспомогательных операций при отладке, а также для визуального контроля результатов по индикаторному табло при работе программ с предусмотренными остановками.

Работа производится в режиме Р.

Для ручного счета применяется десятичная система счисления и те команды, которые могут быть введены нажатием символьных клавиш. Основные операции в режиме ручного счета:

- набор чисел,
- арифметические операции;
- вычисление математических функций и констант,
- хранение небольшого количества промежуточных результатов.

##### 4.1. Набор чисел

Набираемое число помещается в регистр X и одновременно выводится на индикацию на нижнюю панель табло.

Ввод числа производится клавишами набора десятичных чисел 0...9 ЭН (изменение знака), Е (порядок) и ", " (запятая).

Число может вводиться как с фиксированной запятой, так и с плавающей. Для установки порядка числа при вводе с фиксированной запятой используется клавиша ", ", при вводе числа с плавающей запятой - клавиша "Е". Двумя цифрами, вводимыми после Е, устанавливается нужное значение порядка.

Клавиша ЭН меняет знак числа или порядка на противоположный. Если знак был положительным, то после ЭН он станет отрицательным и

наоборот. Если ЗН нажимается до команды E, меняется знак числа, если после, то меняется знак порядка.

Если в процессе ввода числа произошла ошибка, то регистр X может быть очищен клавишей СК.

Если после набора числа в регистре X необходимо сформировать новое число, между командами должна быть совершена какая-либо операция или нажата клавиша СК.

Примеры ввода чисел.

123,45 вводится клавишами I 2 3 , 4 5.

-0,07 вводится клавишами , 0 7 ЗН.

-0,123  $10^{-5}$  вводится клавишами , I 2 3 ЗН E 5I ЗН.

При вводе числа с плавающей запятой оно должно быть представлено в виде мантиссы и порядка.

#### 4.2. Команды микро-ЭВМ ДЗ-28

Программа выполнения какой-либо задачи представляет собой совокупность команд, которая задает очередность выполнения необходимых операций функциональными узлами микро-ЭВМ.

Команды представляют собой цифровой код длиной в I байт или 2 байта.

Однобайтовые команды имеют структуру BIAI и обозначают код операции, например, сложение, вычисление тригонометрических функций, чтение, запись.

Двухбайтовые команды имеют структуру BIAI, B2A2, здесь первый байт - код операции, второй байт указывает адрес ячейки или ПУ, с которыми производится операция.

B и A - шестнадцатеричные цифры. Вместо обычного обозначения шестнадцатеричных цифр 0,1,2,...9, A,B,C,D ,E,F используются группы из двух десятичных цифр 00, 01, 02...09, 10, 11, 12, 13, 14, 15 соответственно.

Например, однобайтовая команда 08 02 (см. приложение) означает, что необходимо вычислить  $\sin$  аргумента, который находится в регистре X, и результат поместить в регистр X.

Двухбайтовая команда 04 02.B2A2 означает, что необходимо перемножить два числа, одно из которых находится в регистре X, а другое - в десятичной ячейке с номером (адресом) B2A2, результат поместить в эту же ячейку.

Перечень команд приведен в приложении.

### 4.3. Операции десятичной арифметики

В режиме калькулятора при выполнении операций десятичной арифметики участвуют две операнда. Первый операнд размещается в регистре X, второй — в регистре Y или в какой-либо десятичной ячейке CD. Результат операции записывается по адресу второго операнда, участвующего в операции, т.е. в регистр Y или в CD. Содержимое регистра X в результате операции не изменяется.

#### 4.3.1. Операции десятичной арифметики с использованием регистров X и Y

Если операнды располагаются в регистрах X и Y, то операции выполняются следующим образом.

Первый операнд набирается клавишами набора десятичных чисел на пульте (см. п. 4.1), при этом число записывается в регистр X и выводится на нижнюю панель индикаторного табло. Затем его число посылается в регистр Y клавишей  $\boxed{\text{Y}}$ , при этом оно выводится на верхнюю панель индикаторного табло. Содержимое регистра X при этом не меняется. Далее в регистр X вводится второй операнд. Затем производится операция нажатием соответствующей символьной клавиши: + сложение, — вычитание,  $\times$  умножение,  $\div$  деление. Результат вычислений помещается в регистр Y и сопровождается индикацией на верхней панели табло.

Рассмотрим пример вычисления суммы двух чисел  $7 + 5$ . Используемые при этом клавиши и выполняемые команды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Клавиша	Содержание команды	Содержание регистров	
		X	Y
7	Число 7 помещается в регистр X	7	
	Число 7 помещается в регистр Y.	7	7
	В регистре X это число сохраняется		
5	число 5 помещается в регистр X	5	7
$+$	Производятся сложение чисел 5 и 7, записанных в регистрах X и Y. Результат (число 12) помещается в регистр Y	5	12

### 4.3.2. Операции десятичной арифметики с использованием десятичных ячеек

Если количество операндов и количество операций больше двух, то целесообразно помещать операнды и результаты промежуточных вычислений в десятичные ячейки  $CD0 \dots CD165$ .

Для запоминания числа в какой-либо ячейке необходимо нажать клавишу ЗП (запоминание) и набрать клавишами прямого кодирования номер ячейки кодом В2А2. Составляющую кода В набирают на четырех клавишах 80 40 20 10 со световыми индикаторами в коде 8421. Составляющую А кода набирают клавишами 00...15.

Например, номер ячейки 34 можно набрать следующими комбинациями:

	В2		А2	
или	20		14	$20 + 14 = 34$
	В2		А2	
	20	10	04	$20 + 10 + 4 = 34$

В ячейке могут быть произведены четыре арифметических действия с содержимым регистра X. Они выполняются символическими клавишами П+ сложение, П- вычитание, ХП умножение, +П деление.

Содержимое десятичных ячеек на индикацию не выводится. Для визуального контроля можно переслать содержимое ячейки в регистр X клавишей ВП и кодом В2А2 (номер ячейки) или в регистр У кодом С414.В2А2.

Например, для запоминания числа 2 в ячейке CD 18 необходимо нажать клавиши:

2 ЗП 10 08

Для ввода на индикацию содержимого ячейки CD 153 необходимо переслать его в регистр X:

ВП 80 40 20 13  
140 13

Пример. Вычислить 
$$a = \frac{4,5 \cdot 16,7}{19 \cdot 10^{-10} + 83,4 \cdot 10^{-11}}$$

Для хранения промежуточных результатов используем ячейку CD 71.

Возможна следующая последовательность вычислений:

Вычислить числитель, используя регистры X и У, и запомнить его в CD 71. Вычислить знаменатель, используя регистры X и У, и поместить его в регистр X.

Разделить содержимое ячейки  $CD7I$  на содержимое регистра X, результат при этом остается в ячейке  $CD7I$ .

Вывести содержимое ячейки  $CD7I$  (искомое число  $\alpha$ ) в регистр X для вывода на индикаторное табло.

В таблице 2 приведена последовательность нажатия клавиш, выполняемые при этом команды и содержимое регистров X и Y и ячейки  $CD7I$ .

Таблица 2

ЭМ: ко ман: ды	клавиши				Содержание команды	Содержимое регистров		
	Символь- ные	Прямого кодирования		X		Y	$CD7I$	
I	2	3	4	5	6	7	8	
1	4			Число 4,5 помещается в регистр X: $X \leftarrow 4,5$	4,5			
	5							
2	↑			Число 4,5 пересылается из регистра X в регистр Y: $Y \leftarrow (X)$	4,5	4,5		
3	1			Число 16,7 помещается в регистр X: $X \leftarrow 16,7$	16,7	4,5		
	6							
	7							
4	x			Содержимое регистра X (число 16,7) умножается на содержимое регистра Y (число 4,5). Результат (число 75,15) помещается в регистр Y: $Y \leftarrow (X) * (Y)$	16,7	75,15		
5	ЭП			Содержимое регистра Y (число 75,15) пересылает- ся в ячейку $CD7I$ : $CD7I \leftarrow (Y)$	16,7	75,15	75,15	
		40						
		20						
		10						
			01					

I	2	3	4	5	6	7	8
6	.			Число $19 \cdot 10^{-10}$ помещается в регистр X: $X \leftarrow 0,19 \cdot 10^{-8}$	$0,19 \cdot 10^{-8}$	75,15	75,15
	I						
	9						
	E						
	ЗН						
7	↑			Содержимое регистра X (число $0,19 \cdot 10^{-8}$ ) пересылается в регистр Y: $Y \leftarrow (X)$	$0,19 \cdot 10^{-8}$	$0,19 \cdot 10^{-8}$	75,15
8	.			Число $83,4 \cdot 10^{-11}$ помещается в регистр X: $X \leftarrow 0,834 \cdot 10^{-9}$	$0,834 \cdot 10^{-9}$	$0,19 \cdot 10^{-8}$	75,15
	8						
	3						
	4						
	E						
	ЗН						
9	+			Сложение содержимого регистра X и содержимого регистра Y. Результат помещается в регистр Y (число $0,2734 \cdot 10^{-8}$ ): $Y \leftarrow (X + Y)$	$0,834 \cdot 10^{-9}$	$0,2734 \cdot 10^{-8}$	75,15
10	↓			Содержимое регистра Y помещается в регистр X: $X \leftarrow (Y)$	$0,2734 \cdot 10^{-8}$	$0,2734 \cdot 10^{-8}$	75,15
II	±П	40		Содержимое ячейки CD7I разделить на содержимое регистра X. Результат помещается в ячейку CD7I: $CD7I \leftarrow (CD7I) : (X)$	$0,2734 \cdot 10^{-8}$	$0,2734 \cdot 10^{-8}$	$0,2748719 \cdot 10^{-11}$
		20					
		10					
		0I					

I	2	3	4	5	6	7	8
I2	ВII	40	OI	Содержимое ячейки CD 7I пересылается в регистр X, одновременно выводится на индикатор- ное табло: $X \leftarrow (CD 7I)$	0,2748719	0,2734 $\times 10^{-2}$	0,2748719
		20			$\times 10^{II}$		$\times 10^{II}$
		10					

После выполнения всех указанных команд на нижней панели индикаторного табло высвечивается искомый результат  $\alpha$  :  
 $0,274871962443 \cdot 10^{II}$ .

#### 4.4. Вычисление математических функций

В микро-ЭВМ ДЗ-28 имеется возможность вычисления некоторых математических функций и вызова констант.

Часть этих функций можно вычислять, используя символьные клавиши:  
 $1/x, \sqrt{x}, x^2, 10^x, \lg x, e^x, \ln x$ .

Клавиша  $\pi$  посылает в регистр X константу  $\pi$ . При вычислении математических функций необходимо ввести число X, используя клавиши набора десятичных чисел (см. п. 4.1), затем нажать соответствующую символьную клавишу функции. Результат вычисления находится в регистре X и сопровождается индикацией. Например, для вычисления  $1:7$  необходимо нажать 7,  $1/X$ . В регистре X и на нижнем табло будет результат 0,142857142857.

В ЭВМ предусмотрено вычисление тригонометрических гиперболических функций, обратных тригонометрических и гиперболических функций, перевод из радиан в градусы, из полярной системы координат в декартову и наоборот. Наименование этих функций нанесены на планке над клавишами прямого кодирования (рис. 2).

Вычисление этих функций выполняется при нажатии соответствующих клавиш прямого кодирования группы А, если предварительно на группе В установлен код 08 (нажата клавиша 80).

Аргумент тригонометрических функций измеряется в радианах.

Например, вычислить  $\sin 2$ . Последовательность нажатия клавиш:

клавиша 2 набора десятичных чисел (аргумент искомой функции в радианах);

клавиша 80 группы В прямого кодирования;  
клавиша 02 группы А прямого кодирования, соответствующая надписи  
на планке  $SIN X$

Результат вычисления 0909297426824 находится в регистре X и  
виден на нижней панели индикаторного табло.

Кроме выше перечисленных имеется еще ряд функций, коды команд  
которых нужно набирать на клавишах прямого кодирования:

0607 - модуль содержимого регистра X;

0609 - выделение целой части содержимого регистра X;

0412.0514 - вызов в X константы  $180/\pi$  ;

0412.0515 - вызов в X константы  $\pi/180$ .

## 5. ПРОГРАММНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

Микро-ЭВМ может быть запрограммирована для исполнения довольно  
сложных алгоритмов и обработки больших объемов информации.  
Программа решения составляется на машинном языке и записывается  
в виде последовательности команд. Номер команды обозначается  
5-разрядным десятичным числом. Команда обозначается цифровым ко-  
дом или мнемокодом (символический язык типа ассемблер).

### 5.1. Линейные программы

Простейшие программы, выполняемые без изменения естественного  
порядка выборки команд из ОЗУ, называются линейными. Чаще всего  
линейные программы состояются из вычисления арифметических  
выражений.

Рассмотрим пример вычисления функции  $y = x^{7.3} \cdot \sin 2x$   
В ЭВМ имеется команда вычисления функции  $SIN X$ , но для вычисления  
степенной функции  $x^N$  специальной команды нет. Воспользуемся тем,  
что по определению логарифма  $10^{N \lg X} = x^N$ , и используем  
команды  $\lg X$  и  $10^X$

Один из возможных вариантов вычисления заданной функции имеет  
следующую последовательность.

Вычислить  $\lg X$

Умножить  $7.3 \times \lg X$

Вычислить  $10^{7.3 \lg X}$

Умножить  $2 \times X$

, т.е.  $x^{7.3}$

Вычислить  $\sin 2x$

Вычислить  $y = x^{2.3} \times \sin 2x$

При составлении программы примем, что исходные данные (значение  $x$ ) помещается в ячейку  $CD\ 65$ , для хранения промежуточных результатов используется ячейка  $CD\ 66$ , результат вычисления выводится в регистр  $Y$  и сопровождается индикацией на верхней панели индикаторного табло.

Номер десятичной ячейки в коде команде указывается 3-значным десятичным числом.

Таблица 3

Номер команды	Код команды				Мnemonic	Содержание команды
	BI	AI	B2	A2		
00000	04	05	06	05	MOV 065,X	$X \leftarrow (CD65)$
00002	06	I0			LQT	$X \leftarrow \lg(x)$
00003	06	04			MOV X,Y	$Y \leftarrow (x)$
00004	07	07			DIG 7	$X \leftarrow 7$
00005	07	I2			POINT	$X \leftarrow ,$
00006	07	03			DIG 3	$X \leftarrow 3$
00007	06	02			MUL X,Y	$Y \leftarrow (x) \times (y)$
00008	06	05			MOV Y,X	$X \leftarrow (y)$
00009	06	I3			EXT	$X \leftarrow 10^{(x)}$
00010	04	I4	06	06	MOV X,066	$CD66 \leftarrow (x)$
00012	04	I5	06	05	MOV 065,Y	$Y \leftarrow (CD65)$
00014	07	02			DIG 2	$X \leftarrow 2$
00015	06	02			MUL X,Y	$Y \leftarrow (x) \cdot (y)$
00016	06	05			MOV Y,X	$X \leftarrow (y)$
00017	08	02			SIN	$X \leftarrow \sin(x)$
00018	04	02	06	06	MUL X,066	$CD66 \leftarrow (CD66) \times (X)$
00020	04	I5	06	06	MOV 066,Y	$Y \leftarrow (CD66)$
00022	05	I2			END	

## 6. ПОРЯДОК РАБОТЫ С МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

### 6.1. Клавиатура микро-ЭВМ ДЗ-28

Внешний вид клавиатуры приведен на рис. 2. Клавиши можно разделить на несколько функциональных групп.

Режим работы ЭВМ задается клавишами Р (работа), В (ввод программы), ПВ (печатать при вводе программы), П (печатать программу). При нажатии этих клавиш слева от них загорается индикатор.

Клавиши непрограммируемых операций: С (сброс), КП (контроль программы), НШ (номер шага), НМ (найти метку), ПШ (прибавить шаг), ИШ (исключить шаг), ШН (шаг назад), ЗЛ (запись на ленту). Эти клавиши непосредственно устанавливают начальный адрес микропрограмм, запускаемых этими клавишами. Клавиши эти не имеют кода, и команды запускаемые их нажатием, запрограммированы быть не могут.

При нажатии клавиши С (сброс):

- очищаются рабочие регистры X, Y и все служебные признаки;
- останавливается программа и НМЛ;
- включаются индикаторы ОМ, ОП и ПУ;
- устанавливается нулевой номер шага программы.

При нажатии клавиши КП на нижней панели индикаторного табло высвечивается десятичная сумма кодов команд программы. Код команды EN) в контрольную сумму не входит. Такой контроль дает возможность проверить правильность введенной или хранимой в ОЗУ программы. При контроле должен быть установлен режим работы Р.

Клавиши ПШ и ИШ используются при редактировании программы и описаны в п.6.3.

Клавиша Ш устанавливает пошаговый режим работы ЭВМ и описана в п.6.5.

Клавиша СЛ (считывание с ленты) предназначена для считывания программы с МЛ в ОЗУ.

Клавишей S (команда GO) осуществляется запуск программы с текущего номера шага.

Клавишей СК производится сброс регистра X.

Клавиши ВП и ЗП предназначены для операций с десятичными ячейками и описаны выше в п. 4.3.2.

Символьным клавишам соответствуют команды, коды которых и содержание приведены в приложении.

Клавиши прямого кодирования предназначены для записи программы в ОЗУ в режиме В и ПВ, для запуска микропрограммы в режиме Р и для запуска распечатки программы в режиме П.

Составляющую В кода команды набирают на клавишах 80,40,20,10 в коде 8421. Если над клавишей включен индикатор, то соответствующий бит считается установленным в единичное состояние. Изменение его состояния производится повторным нажатием клавиши.

Составляющую А кода команды набирают на клавишах 00...15.

Байт команды считается введенным в ОЗУ только после ввода составляющей А.

## 6.2. Набор программы

Набор программы производится в режиме В клавишами прямого кодирования. Коды команд набираются подряд в том порядке, в котором они записаны в программе. Команды, которым соответствуют символьные клавиши, могут набираться нажатием этих клавиш, а не клавиш прямого кодирования.

При наборе программы на нижнее табло выводится 5 десятичных разрядов номера команды (содержимое программного счетчика) и код команды (4 разряда), на верхнее табло – номер команды (содержимое программного счетчика) в 16-ой системе.

После ввода программы можно проверить ее правильность по контрольной сумме кодов, нажав клавиши Р и КП. На нижнюю панель индикаторного табло выводится контрольная сумма кодов команд программы. Код команды *END* не учитывается. Для программы табл.3 КП=274. Этот вид контроля не дает полной уверенности в правильности ввода программы.

Полную и точную проверку программы можно произвести в пошаговом режиме. После набора программы в режиме В нажать клавишу С, а затем многократно нажимать клавишу Ш. На каждом шаге на табло можно прочитать номер команды и ее код и сверить с программой.

## 6.3. Редактирование программы

Редактирование программы производится в случае обнаружения ошибки в программе или при внесении изменений в нее.

Клавиша ИШ исключает из программы байт, записанный на текущем шаге (номер команды). Содержимое ОЗУ при этом сдвигается на один

шаг в сторону уменьшения адреса от текущего шага до шага; на котором записана команда *END* (код 05 12).

Клавишей *III* в программу вставляется байт. Содержимое ОЗУ сдвигается в сторону увеличения адреса от текущего шага до шага, на котором записана команда *END*. Затем на вставленном шаге записывается нужный код.

При отсутствии в ОЗУ команды *END* при редактировании клавишами *III* и *III* включается индикатор ОП.

#### 6.4. Программный режим работы

После набора и редактирования программы установить режим работы Р. Нажать клавишу С. Если необходимо, ввести данные в предусмотренные программой регистры и ячейки. Например, при выполнении программы в п.5.1. необходимо ввести значение X в ячейку *CD* 65. Затем запустить программу нажатием клавиши *S* (команда *GO*). Результат вычисления прочитать на индикаторном табло, если программой предусмотрен вывод его в регистр X или Y.

#### 6.5. Пошаговый режим работы

При отладке программы и выявлении неисправностей может возникнуть необходимость в выполнении программы по шагам.

Установить режим работы Р, произвести общий сброс клавишей С. Если необходимо, ввести исходные данные. Нажимать клавишу Ш. При каждом нажатии выполняется команда, код которой записан на текущем шаге. За одно нажатие клавиши Ш команда выполняется полностью, независимо от того, однобайтовая она или двухбайтовая. При этом на табло высвечивается содержимое регистров X и Y на текущем шаге.

Поскольку в пошаговом режиме не происходит останов после команды *END*, необходимо для своевременного окончания вычислений следить за тем, чтобы количество нажатий на клавишу Ш не превышало количество шагов в программе. Можно программу предусмотреть вывод на табло какого-либо характерного сигнала, например, загорание индикатора ОП при выходе за программу.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

1. Каковы назначение и основные технические данные ЭВМ ДЗ-28?
2. Каковы основные функции УУ?
3. Для чего предназначено ПЗУ?
4. Для чего предназначено АЛУ и какие элементарные операции оно выполняет?
5. Какая информация размещается в ОЗУ?
6. Что собой представляет ОЗУ?
7. Какая часть ОЗУ доступна пользованию и что в ней можно помещать?
8. Сколько байт содержит область ОЗУ, если адрес первого байта в 16-ой системе 02.05.06.09, а адрес последнего байта 02.05.07.00?
9. Какие функции выполняет интерфейс ввода-вывода?
10. Какие группы клавиш имеются на пульте ЭВМ ДЗ-28?
11. Какая информация может быть выведена на индикаторное табло?
12. В чем заключается принцип микропрограммного управления?
13. Что такое команда? Микропрограмма? Микрокоманда?
14. Покажите на структурной схеме ЭВМ ДЗ-28 (рис. 3) прохождение команд, чисел, сигналов при выполнении следующих операций:
  - а) ввод программы с МЛ;
  - б) умножение двух чисел, введенных с клавиатуры и вывод результата на ПМ;
  - в) ввод программы с клавиатуры, выполнение программы с выводом результатов на табло;
  - г) запись программы на МЛ;
  - д) вычисление тригонометрической функции аргумента, введенного с клавиатуры, вывод результата на дисплей.
15. Где хранятся микрокоманды?
16. Как по коду команды формируется сигнал управления?
17. Приведите примеры выполнения арифметических операций с использованием регистров X и Y.
18. Приведите примеры выполнения операций с использованием десятичных ячеек.
19. Как вывести на индикаторное табло содержимое десятичной ячейки?
20. Что такое программный режим работы ЭВМ? Пошаговый режим?
21. Как проверить правильность введенной программы?
22. Как отредактировать программу?
23. Что происходит в ЭВМ при нажатии клавиши КП?

## 8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторная работа рассчитана на 4 часа аудиторных занятий и 2 часа внеаудиторной подготовки.

Перед выполнением лабораторной работы, во внеаудиторное время, прочитать данные методические указания, разделы I-6. Подготовить ответы на контрольные вопросы раздела 7.

На занятии получить допуск к лабораторной работе, ответив на вопросы, предложенные преподавателем.

Работы выполняются в 2 этапа, изложенные в п.8.3.1 и 8.3.2.

### 8.1. Работа с ЭВМ в режиме калькулятора

Эта работа заключается в выполнении арифметических операций с использованием регистров X и Y и десятичных ячеек. Работа проводится в следующем порядке.

Получить от преподавателя вариант задания из п. 8.3.1.

Составить программу вычислений и записать ее в форме табл.4.

Адреса десяти вых ячеек, используемых для хранения промежуточных результатов, выбрать произвольно.

Таблица 4

Номер команды	Код команды		Содержание команды	Содержимое регистров и ячеек		
	Символьные клавиши	Клавиши прямого кодирования		X	Y	CD
00001						
00002						
.....						

Дать преподавателю написанную программу на проверку.

После проверки и корректировки программы выполнить вычисления. Значения регистров X и Y на каждом шаге внести в табл. 4.

Показать преподавателю результаты вычислений.

### 8.2. Работа с микро-ЭВМ в программном режиме

Эта работа заключается в составлении линейной программы решения какой-либо математической задачи. Работа проводится в следующей последовательности.

Получить от преподавателя вариант задания из п. 8.3.2.

Составить алгоритмы решения задачи.

Составить программу решения, пользуясь командами, приведенными в Приложении. Адреса десятичных ячеек выбрать произвольно. Записать программу в форме табл. 3.

Дать написанную программу преподавателю на проверку

Получить от преподавателя исходные данные.

Ввести программу с клавиатуры.

Проверить правильность набора команды по контрольной сумме кодов и в пошаговом режиме.

При необходимости отредактировать программу.

Перейти в режим работы. Ввести исходные данные. Запустить программу. Записать результат вычисления с индикаторного табло.

Произвести общий сброс и снова выполнить программу в пошаговом режиме.

Показать преподавателю результаты вычислений.

### 8.3. Задачи на выполнение лабораторной работы

#### 8.3.1. Микро-ЭВМ в режиме калькулятора

Выполнить действия:

а) 
$$\frac{2,7 \cdot 34 \cdot 10^{-4}}{85,2 + 1,2 \cdot 10^{-2}}$$

б) 
$$\frac{92,8 + 106 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{3 \cdot 10^{12}}}{4,28}$$

в) 
$$\frac{10^{2,5} + 125 \cdot 10^{-3} \cdot 3086}{93,85}$$

г) 
$$\frac{625^2 \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{75,3 + 81,9}$$

д) 
$$\frac{1}{\ln 55} + 29,148 \cdot 10^{-3} - \frac{58,3}{2 \cdot 10^{-3}}$$

е) 
$$\frac{1}{3,05 \cdot 10^{-3}} + \frac{33 \cdot 10^{-6} \cdot 0,005}{\lg 86,1}$$

и) 
$$\frac{e^{2,8} + 0,175 \cdot 10^2}{47,8 - 0,085 \cdot 10^2}$$

$$к) 308,4^2 + \frac{1}{0,12 \cdot 10^{-4}} - 72,1 \cdot 13,4 \cdot 10^2$$

$$л) \frac{10^3,1 - \sqrt{125 \cdot 10^3}}{73,9 + 0,34 \cdot 10^2}$$

$$м) \frac{31}{3 \ln 3}$$

$$н) \frac{2^2 + 3^2}{2^2 \cdot 3^2}$$

### 8.3.2. Микро-ЭВМ в программном режиме

Вычислить выражения:

$$а) \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$б) 3 \ln a + \sqrt{\sin b}$$

$$в) 2 \cos^2 a + \ln \frac{2}{8}$$

$$г) \frac{5}{a} + \frac{8}{\sqrt{b}}$$

$$д) (2 + a^2)(\lg b - 3)$$

$$е) \frac{1}{a+1} + (b-3)^2$$

$$ж) \frac{a - \sin 85^\circ}{a^2 - b^2}$$

$$и) (2,5a + 3b) \ln a$$

$$к) \frac{a^2}{2} - \frac{64}{4}$$

$$л) |a^3 + 1| - |b^3 - 1|$$

$$м) \frac{a \arcsin a + \pi}{e^{\pi}}$$

$$н) a^3 + 3b^4$$

#### 8.4. Содержание отчета

Отчет должен быть выполнен по ЕСКД на листах формата А4 и содержать следующие сведения:

- название лабораторной работы и ее номер;
- цель работы;
- краткие сведения о структуре и работе ЭВМ;
- индивидуальное задание;
- программа выполнения первой задачи на выполнение арифметических действий в форме табл. 4 и результаты вычисления;
- программа выполнения второй задачи на вычисление значения математической функции в форме табл. 3;
- исходные данные и результат вычисления ко второй задаче;
- выводы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балашов Е.П., Григорьев В.Л., Петров Г.А. Микро- и мини-ЭВМ. -Л.: Энергостомиздат, 1984. - 376с.
2. Конспект лекций по курсу "Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ в конструкциях и технологии производства РСА".

КОДЫ КОМАНД МИКРО-ЭВМ ДЗ-28

Код команды		Символьные клавишки		Мнемокод	Содержание команды	
В1	А1	В2	А2			
04	00	B2	A2	$\Pi +$	ADDX, C	$CD \leftarrow (CD) + (x)$
04	01	B2	A2	$\Pi -$	SUBX, C	$CD \leftarrow (CD) - (x)$
04	02	B2	A2	x П	MULX, C	$CD \leftarrow (CD) \times (x)$
04	03	B2	A2	+ П	DIVX, C	$CD \leftarrow (CD) : (x)$
04	04	B2	A2	3 П	MOVX, C	$CD \leftarrow (x)$
04	05	B2	A2	B П	MOV C, X	$X \leftarrow (CD)$
04	06	B2	A2	↑ ↓ П	SWAX, C	$(CD) \rightleftharpoons (x)$
04	I4	B2	A2		MOV Y, C	$CD \leftarrow (Y)$
04	I5	B2	A2		MOV C, Y	$Y \leftarrow (CD)$
05	I2				END	
05	I3			СЛ	LOADP	
05	I4			S	GO	
05	I5				STOP	
06	00			+	ADDX, Y	$Y \leftarrow (Y) + (x)$
06	01			-	SUBX, Y	$Y \leftarrow (Y) - (x)$
06	02			x	MULX, Y	$Y \leftarrow (Y) \times (x)$
06	03			+	DIV X, Y	$Y \leftarrow (Y) : (x)$
06	04			↑	MOV X, Y	$Y \leftarrow (x)$
06	05			↓	MOV Y, X	$X \leftarrow (Y)$
06	06			↑ ↓	SWAX, Y	$(x) \rightleftharpoons (Y)$
06	07			x	ABSX	$X \leftarrow  (x) $
06	08				INTX	$X \leftarrow \text{int}(x)$
06	09			π	PI	$X \leftarrow \pi$
06	I0			$\lg x$	LGT	$x \leftarrow \lg(x) \text{ при } (x) > 0$
06	I1			$\ln x$	LOG	$x \leftarrow \ln(x) \text{ при } (x) > 0$
06	I2			$\sqrt{x}$	SQR	$x \leftarrow \sqrt{(x)} \text{ при } (x) \geq 0$
06	I3			$10^x$	EXT	$X \leftarrow 10^{(x)}$
06	I4			$e^x$	EXP	$X \leftarrow e^{(x)}$
06	I5			$\frac{1}{x}$	INV	$X \leftarrow (x)^{-1}$
07	00			0	DIG0	$X \leftarrow 0$
...	...					
07	09			9	DIG9	$X \leftarrow 9$

Код команды		Символьные клавиши	Мнемокод	Содержание команды
B1	A1	B2	A2	
07	I0		E	ПОРЯДОК (X)
07	I1		3H	NEG X
07	I2		,	POINT
07	I3		x <sup>2</sup>	QRT
07	I5		CK	CLR X
08	00		°BPAД	RAD
08	01		PAД B°	DEG
08	02		SIN X	SIN
08	03		COS X	COS
08	04		tg X	TAN
08	05		arcsin X	ASN
08	06		arccos X	ACS
08	07		arctg X	ATN
08	08		ДЕК В ПОЛ	GAP
08	09		ПОЛ В ДЕК	POC
08	I0		SH X	HSN
08	I1		CH X	HCS
08	I2		TH X	HTN
08	I3		arcsinh X	AHS
08	I4		arcch X	AHC
08	I5		arcoth X	AHT
12	00		▷▷	REW
12	01		КП	VERX
12	02		СЛ	LOAD X
12	03		ЗЛ	SAVE X
				перемотка назад
				X ← контрольная сумма кодов
				ЗАГРУЗКА В ОЗУ С МЛ
				ЗАПИСЬ ИЗ ОЗУ НА МЛ

## СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ТЕКСТЕ .....	3
1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 .....	3
2. КОНСТРУКЦИЯ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28.....	4
3. СТРУКТУРА МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 И ПРИНЦИП РАБОТЫ .....	7
4. РАБОТА МИКРОЭВМ В РЕЖИМЕ КАЛЬКУЛЯТОРА.....	12
4.1. Набор чисел.....	12
4.2. Команды микро-ЭВМ ДЗ-28 .....	13
4.3. Операции десятичной арифметики .....	14
4.3.1. Операции десятичной арифметики с использованием регистров X и Y .....	14
4.3.2. Операции десятичной арифметики с использованием десятичных ячеек.....	15
4.4. Вычисление математических функций .....	18
5. ПРОГРАММНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 .....	19
5.1. Линейные программы .....	19
6. ПОРЯДОК РАБОТЫ С МИКРО-ЭВМ ДЗ-28 .....	21
6.1. Клавиатура микро-ЭВМ ДЗ-28.....	21
6.2. Набор программы.....	22
6.3. Редактирование программы .....	22
6.4. Программный режим работы .....	23
6.5. Пошаговый режим работы .....	23
7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.....	24
8. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	25
8.1. Работа с ЭВМ в режиме калькулятора.....	25
8.2. Работа с микро-ЭВМ в программном режиме .....	25
8.3. Задания на выполнение лабораторной работы .....	26
8.4. Содержание отчета .....	28
ЛИТЕРАТУРА .....	28
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	

Подписано в печать 26.08.87. Формат 60x84/1/16.  
Бумага оберточная белая. Оперативная печать. Усл.п.л. 1,86  
Уч.изд.л. 1,8 Т. 100 . Заказ № 399 . Бесплатно.  
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный  
институт имени академика С.П.Королева  
Участок оперативной полиграфии, КуАИ, г.Куйбышев,  
ул.Ульяновская, 18.