

ГАЖК «Ўзбекистон темир йўллари» Ташкентский институт
инженеров железнодорожного транспорта

А.Р. Азизов

Микропроцессорные системы управления

Часть 1

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Микропроцессорные системы управления» для бакалавров направления 5521800 «Автоматизация и управление» и 5140900 - "Қасбий таълим «Автоматизация и управление» "

Ташкент 2005

УДК 681.31

Методические указания по дисциплине «Микропроцессорные системы управления», предназначены для бакалавров направления 5521800 «Автоматизация и управление» и 5140900 - "Касбий таълим «Автоматизация и управление»".

Указания предназначены для освоения практических знаний студентами в вопросах использования микропроцессорных технологий в устройствах автоматики и телемеханики. В указаниях освещены вопросы структурной схемы микропроцессорного тренажера его функциональные схемы, программное обеспечение, работа контроллеров по преобразованию аналоговых и цифровых сигналов.

Одобрено на заседании редакционно-издательского совета института.

Составитель А.Р. Азизов, к.т.н., доцент

Рецензент Зав.кафедрой «А и КТП» ТИТЛП доц.Сиддиқов И.

© Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, 2005

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Изучение работы микропроцессорного тренажера типа «Курсор»

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить работу микропроцессорного тренажера типа «Курсор», ознакомиться с принципиальными схемами микропроцессорного тренажера.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Центральным модулем микропроцессорного тренажера типа «Курсор» является микропроцессор (МП).

МП – обрабатывающее и управляющее устройство, выполняющее под программным управлением обработку информации, включая ввод-вывод информации, арифметические и логические операции. В данном пособии в качестве примера рассматривается получивший широкую популярность МП серии K580 (аналог МП 8080 Intel).

Программы и данные, с которыми оперирует МП, хранятся в специализированных СБИС (микросхемах памяти или запоминающих устройствах – ЗУ) в коде, понятном МП. МП начинает работу с чтения из памяти первой машинной команды. После «расшифровки» команды МП выполняет указанное в ней действие. Затем МП считывает следующую команду из ЗУ и выполняет соответствующие действия. Далее этот процесс повторяется. Взаимодействие МП с окружающим миром (датчиками, исполнительными устройствами, клавиатурой, дисплеем, модемом и др.) осуществляется через порты ввода-вывода (или устройства ввода-вывода – УВВ). Все узлы МП системы связаны тремя шинами. Структура базовой МП системы представлена на рис.1. Шина представляет собой группу проводов, обеспечивающих параллельное соединение устройств системы.

Для выбора устройства, с которым МП предполагает работать, используется адресная шина (или шина адреса – ША). Каждое устройство (порты ввода-вывода, каждая ячейка памяти и т.д.) имеет свой индивидуальный номер (или адрес), который МП в двоичном коде выставляет на ША при обращении к выбранному устройству. Обмен информацией между МП и выбранным посредством адресной шины устройством производится по шине данных (ШД). Информация может идти либо от МП к УВВ или ЗУ, либо от УВВ или ЗУ к МП.

По третьей шине (шина управления – ШУ) передаются сигналы, которые сообщают ЗУ или УВВ о готовности МП выполнить пересылку данных. По этой же шине происходит обращение устройств системы с запросами к МП.

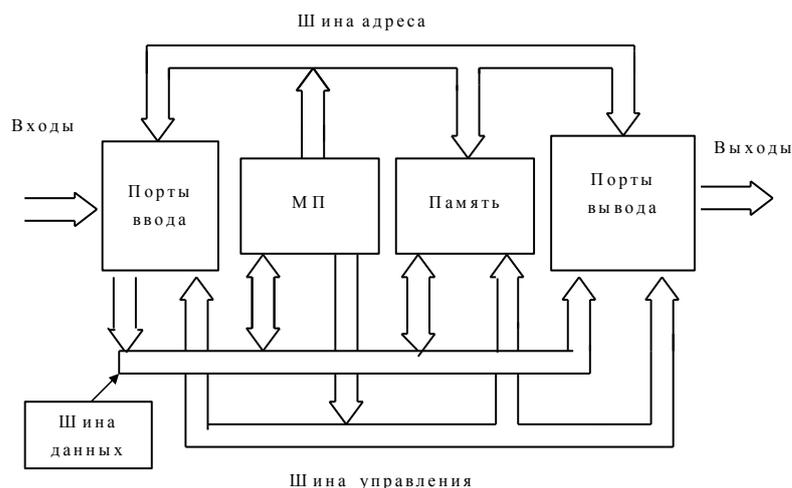


Рис. 1. Структура микропроцессорной системы

Основу конструкции МП системы составляют шины, по которым обеспечивается обмен информацией между МП и многочисленными устройствами (например, только количество ячеек памяти в ЗУ может измеряться многими тысячами). МП обрабатывает слова в двоичных кодах,

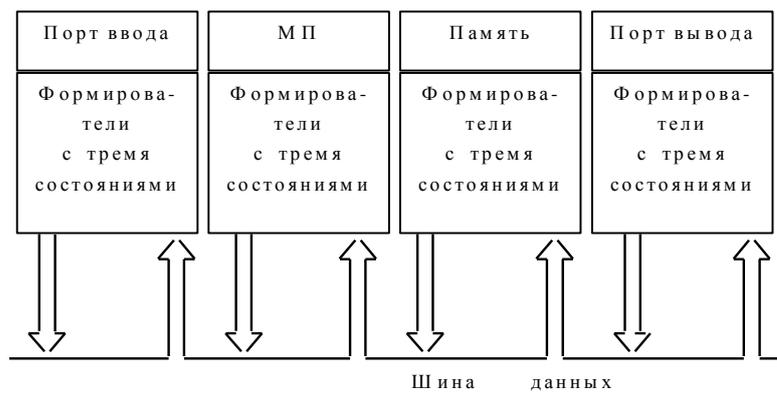


Рис. 2. Шины микропроцессорного контроллера

которые могут содержать 8, 16, 32 и более разрядов. Такое же количество проводов должна содержать ШД. Поэтому традиционная методология проектирования, когда каждая пара устройств соединяется между собой своей линией (шиной) связи в МП системах неприемлема (в МП системе с тысячами устройств, потребуется гигантское количество проводов). В МП системах для связи всех устройств используется единая шина (группа проводников, см. рис.2).

Такая структура может непрерывно расширяться. Но, поскольку все устройства пользуются единой шиной, в текущий момент времени обмен информацией может производиться лишь между двумя устройствами (источником и приемником). Все другие устройства в этот промежуток

времени должны быть «отключены» от шины и не мешать обмену. Такое «отключение» обеспечивает формирователь с тремя состояниями. Число таких формирователей равно числу линий в шине. Для МП типа К580 ШД имеет 8 разрядов. Таким образом ШД в МП системе представляет собой двунаправленную шину с тремя состояниями.

Каждое устройство МП системы (в том числе каждая ячейка ЗУ) имеет свой адрес (номер или собственное «имя»). Перед началом любой пересылки информации МП должен указать конкретный адрес пересылки. Этот адрес однозначно определяет ячейку ЗУ или УВВ, к которым МП хочет получить доступ. Этот адрес (комбинация двоичных разрядов) МП выставляет на шину адреса (ША).

Шина адреса однонаправленная (от МП к устройствам системы). У МП серии К580 ША имеет 16 разрядов, т.е. МП может обратиться к $65536 (2^{16})$ различным устройствам. Дешифраторы ЗУ и УВВ в соответствии с полученным по ША адресом выбирают нужную ячейку памяти или порт ввода-вывода, после чего по ШД происходит обмен информацией между МП и выбранным устройством.

Все процессы обмена координируются сигналами, передаваемыми по шине управления (ШУ). Количество и вид сигналов управления определяется типом МП и структурой МП системы. Примером могут служить сигналы READ (ЧТЕНИЕ) и WRITE (ЗАПИСЬ). По сигналу READ устройство, адрес которого присутствует на ША, выводит данные на ШД, а МП читает эти данные. По сигналу WRITE данные, которые МП выставит на ШД, будут записаны в устройство выбранное по адресу, присутствующему на ША. Отличие ШУ от ША и ШД заключается в том, что по каждой ее линии передается один тип сигналов (например, линия сигнала WRITE).

Внутренняя организация микропроцессора КР580ВМ80

Структура однокристалльного процессора представлена на рис. 3.

Устройство управления (УУ) предназначено для формирования сигналов управления, приема и дешифрации кодов команд. Включает в свой состав регистр команд РК – устройство для временного хранения кодов команд и дешифратор команд ДШК – устройство для распознавания кодов команд, определения их длины и выполняемой ими функции.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) – устройство для выполнения арифметических и логических команд. Работает под управлением УУ. Имеет два буферных регистра для хранения операндов. При выполнении операций с двумя операндами один из них всегда берется через буфер из аккумулятора, второй из другого буферного регистра, в который попадает из памяти или из регистров общего назначения.

Аккумулятор (А) – регистр специального назначения микропроцессора. Используется для:

- хранения второго операнда при выполнении арифметических и логических операций с двумя операндами;
- хранения результата любой операции, выполненной в АЛУ;

– при выполнении операций ввода/вывода (команды IN и OUT).

Регистр признаков (РП) предназначен для хранения признаков результатов выполнения команд (переноса, дополнительного переноса, знака, нулевого результата и четности).

Регистры общего назначения (B,C,D,E,H,L) служат для кратковременного хранения оперативной информации. Могут быть объединены в пары BC, DE, HL для выполнения команд с шестнадцатиразрядными числами.

Регистры специального назначения:

– W,Z – программно недоступные регистры, предназначенные для временного хранения второго и третьего байтов команды на время ее выполнения;

– SP – шестнадцатиразрядный регистр-указатель стека для хранения адреса последнего записанного в стек байта адреса или данных;

– PC – шестнадцатиразрядный регистр. Содержит адрес очередного байта выполняемой команды. Предназначен для управления процессом выполнения программы (второе обозначение – СК, счетчик команд);

– PA – шестнадцатиразрядный регистр адреса, предназначенный для хранения адреса байта команды, чтение которого производится в данный момент;

– BA – буфер адреса, шестнадцатиразрядный буферный регистр. Служит для усиления и формирования стандартных выходных уровней сигналов.

Процедура выполнения команды включает чтение первого байта команды из памяти, распознавание его в устройстве управления, чтение при необходимости второго и третьего байтов команды в регистры W и Z, а также выполнение функции, назначенной для данной команды.

Пример. Рассмотрим команду (однобайтную) пересылки содержимого ячейки памяти, адрес которой содержится в регистровой паре HL, в аккумулятор (команда размещена в ячейке памяти 8000).

8000 7E MOV A,M.

В счетчике команд PC содержится адрес команды 8000. УУ выдает внутренний управляющий сигнал счетчику команд выставить содержимое в регистр адреса. Адрес 8000 переписывается из СК в PA, одновременно с этим адрес увеличивается на 1 в блоке инкремента/декремента и число 8001 записывается в СК. Адрес 8000 из PA через BA выставляется на шину адреса. Устройством управления генерируются управляющие сигналы для считывания байта из памяти (более подробно формирование сигналов шины управления будет рассмотрено при описании слова состояния). Запоминающее устройство, получившее адрес и сигнал чтения памяти, выставляет на магистральную шину данных содержимое ячейки памяти с адресом 8000. Для данной команды это код 7E. По магистральной шине данных код команды поступает на внутреннюю шину данных микропроцессора, затем в устройство управления в РК. Дешифратор по коду команды определяет длину команды и ее функцию. Эта команда однобайтная, дополнительно считывать данные из памяти не требуется, и

процессор переходит к выполнению функции команды. Содержимое регистровой пары HL выставляется в регистр адреса, затем отправляется в буфер адреса и на шину адреса. Устройством управления генерируются управляющие

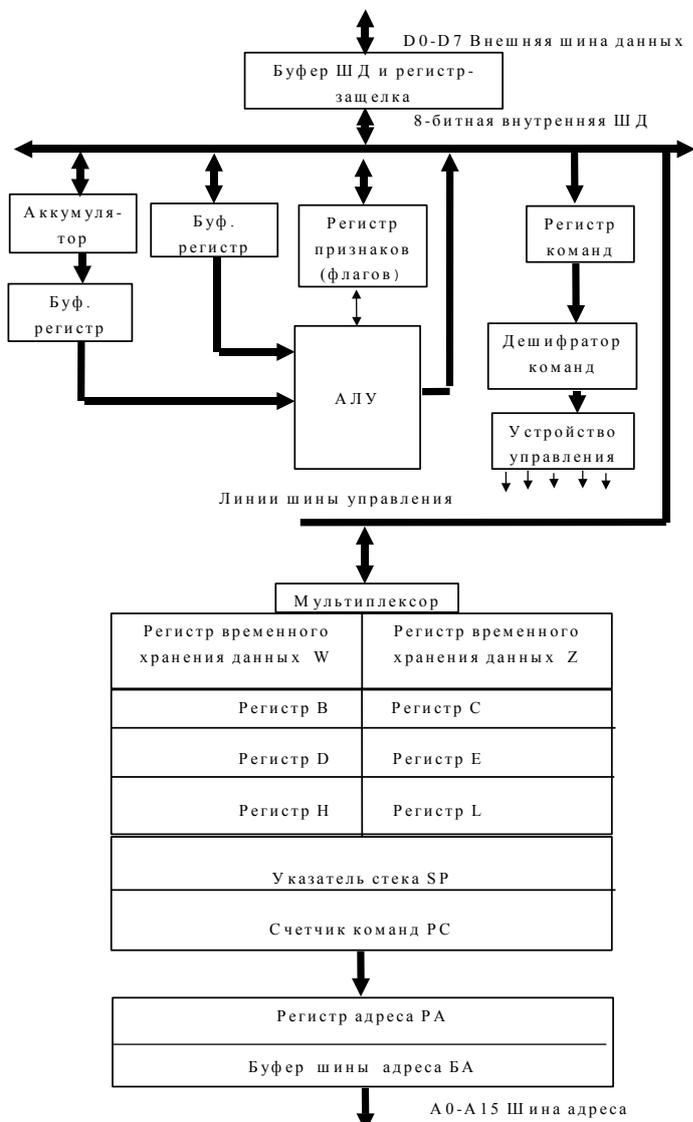


Рис.3. Структура микропроцессора К580ВМ80

сигналы для считывания байта из памяти по адресу, содержащемуся в регистровой паре HL. Содержимое ячейки памяти по указанному адресу выставляется на магистральную шину данных, затем поступает на внутреннюю шину данных микропроцессора и записывается в аккумулятор.

Процедура выполнения команды завершена, процессор готов к выполнению новой команды (адрес ее первого байта в PC).

Микропроцессорный тренажер представляет собой устройство, предназначенное для демонстрации возможностей техники при работе с аналоговыми и цифровыми сигналами. Он имеет входное устройство в виде генератора аналоговых сигналов, имеющего предел с -10В до +10В. Значение аналогового сигнала выбирается с помощью регулятора, выведенного на переднюю панель тренажера. Для ввода в действие аналогового

преобразователя необходимо предварительно загрузить его программное обеспечение, которое приведено в данном методическом обеспечении. Так же тренажер оснащен модулем дискретного ввода и вывода информации. Для ввода дискретной информации на передней панели устройства имеются 8 кнопок с фиксацией, которые снабжены подсветкой для демонстрации выводимого сигнала. Для ввода и вывода дискретной информации следует предварительно загрузить программное обеспечение модуля. Значение выводимого сигнала вводится с помощью клавиатуры.

3. ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Рабочее место представляет собой учебно-микропроцессорное устройство “Курсор”. Учебное устройство оснащено клавиатурой и дисплеем (газоразрядный индикатор).

4. ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Изучение функциональных возможностей тренажёра.
2. Изучение органов управления контроллера.
3. Ознакомление с программированием тренажёра.
4. Ознакомиться с принципиальной схемой микропроцессорного модуля тренажёра.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с рабочим местом и органами управления.
2. Получить задания преподавателя.
4. Ознакомиться с принципиальной схемой микропроцессорного модуля тренажёра
5. Набрать программу на тренажере и проверить ее работоспособность

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представить: Описание функциональной и принципиальной схемы микропроцессорного модуля тренажёра. Показать последовательность ввода программы в тренажер.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение тренажера микропроцессора.
2. Назначение кнопок управления.
3. Основные возможности тренажера.
4. Составные элементы центрального микропроцессора.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Изучение работы контроллера ввода и вывода аналоговой информации

Часть 1. Программное обеспечение контроллера аналогового сигнала

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать работу узлов ввода–вывода аналоговой информации, определив назначение и функции отдельных элементов, провести анализ программы, обеспечивающие ввод числовой информации и вывод ее значения на дисплей и обратно.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

В МСУ кода входная информация от датчика поступает в виде аналогового сигнала, решается проблема этого сигнала в дисплейный и наоборот. Для преобразования аналоговых сигналов в дисплейный обычно используют микросхемы специального назначения типа К.1333ПВ1 однако возможно использование для этих целей и микросхемы типа К572ПА1. Рассмотрим второй случай, который применен в учебно-микропроцессорном устройстве “Курсор”. Принципиальная схема узла ввода аналоговой информации приведена на рис.1

БД выполненный на микросхемах 2-4 типа К.589АП16 обеспечивает двунаправленную передачу информации с шины данных на ЦАП, а по приходу сигнала “I/OR”-с АЦП на ШД.

СА - выполненный на микросхемах Д1,Д5,Д6 соответственно типов К.155ИД4 и К.155ЛА2 предназначен для значения порта ввода-вывода и формирования сигналов управления при обращении микропроцессора к модулю.

АЦП служит для приема аналогового сигнала и преобразования его в одиннадцатиразрядный двоичный код. Схема АЦП выполнена на микросхемах Д7-К.155ЛА3, Д11-К.155ИР17, Д13-КР.-59ПА1, Д15-КР.14ОУД609, Д16-К.554СА3А и Д17-К.155ТМ2. Запуск АЦП осуществляется по управляющему сигналу СА, который поступает триггер управления Д17. При этом начинает работу генератор, выполненный на микросхеме Д7, импульсы с которого подаются на регистр последовательного приближения, выполненного на микросхеме Д11. С приходом первого импульса регистр устанавливается в начальное состояние, а с приходом второго импульса начинается цикл преобразования, с выхода регистра двоичный код поступает на вход ЦАП, выполненного на микросхемах Д13 и Д15. Полученный аналоговый сигнал с выхода ЦАП поступает на вход компаратора (микросхема Д16), на второй вход компаратора поступает входной аналоговый сигнал. С выхода компаратора сигнал сравнения поступает на вход Д регистра последовательного приближения, который приходит на триггер управления и останавливает генератор. По сигналу “I/OR” и управляющему сигналу с СА

одиннадцатиразрядный двоичный код, соответствующий входному аналоговому сигналу поступает на анализ данных - вывод аналоговый сигналов. В этом случае информация подается от шины данных в цифровом виде разъем X1 Д0 Д7 (рис.1), к буферу данных, по сигналу "I/OR", поступающему из разъема X1 на СА, которое в свое очередь настраивает микросхемы Д2 Д4 на режим работы обеспечивающему передачу информации от ШД к ЦАП. Микросхема Д12 обеспечивает перевод двоичного числа в аналоговый.

3. ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Рабочего места представляет собой учебно-микропроцессорного устройство "Курсор". Плата ввода аналогового сигнала через переходник выведена наружу. Для проведения исследований установлен осциллограф. Учебное устройство оснащено клавиатурой и дисплеем (газоразрядный индикатор).

4. ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Исследователь прикладную программу.
2. Получить таблицу соответствия входного сигнала и одиннадцатиразрядного двоичного кода.
3. Получить осциллограммы шины данных в исходном состоянии и в момент работы программы провести анализ.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с рабочим местом и органами управления.
2. Получить задания преподавателя.
3. Набрать прикладную программу, для войти в режим "Бейсик" набрав на клавиатуре символ В(латинское).

```
10 REM "Контроль напряжения"  
20 GOSUB 110  
30 L=INP(0)  
40 IFL=255 THEN GOTO 60  
50 STOP  
60 PRINT "U="; U  
70 GOTO 20  
110 OUT 6,0  
120 S=INP(4) AND7  
130 M=INP(5)  
140 K=S*256+M  
150 U=K/102,35-10  
160 RETURN
```

4. Для набора программы наберите RUN
5. Проводите исследование

6. Для изучения узла обеспечивающего вывод аналоговой информации следует набрать программу, обеспечивающей ввод с клавиатуры входного напряжения в пределах от -10В + 10В и вывод его на встроенный прибор “Курсора”.

```
10 REM “Управление напряжением”
20 INPUT “U=”; U
30 IF ABS (U)>10 THEN STOP
40 GOSUB 100; REM “к драйверу ЦАП”
50 GOTO 20
100 K=102.35*(V+10)
120 S=INT (K/256): M=K-S*256
130 OUT U,S: OUT 5,M
140 RETURN
7.Набрать RUN
```

6.СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете представить: таблицу перехода от напряжения к двоичным кодам, функциональную схему узла аналоговой информации, алгоритм его работы и программное обеспечение с комментариями.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1.Назначение АЦП.
- 2.Составные элементы узла ввода аналоговой информации.
- 3.Работа используемых микросхем Д11,Д13,Д16.
- 4.Запуска генератора.
- 5.Драйвер аналогового ввода, назначение и работа.
6. Назначение ЦАП.
7. Драйвер аналогового вывода, назначение и работы

Часть 2. Принципиальная схема контроллера аналогового сигнала

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. Цифровой сигнал.

Напомним, что в двоичной системе счисления основанием системы является число 2, используемых цифр – две: 0 и 1, а веса единиц в соседних разрядах отличаются вдвое. Число в двоичной системе счисления представляется последовательность коэффициентов в разложении этого числа по степеням числа.

2. Так число 38_{10} выражается следующим рядом по степеням 2:

$$38_{10} = 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 100110_2 .$$

Двоичные числа представляются цифровым сигналом, поэтому он состоит из элементов только двух различных значений. Одним из них

представляется «1», а другой «0», эти сигналы называют соответственно единицей и нулем.

Цифровой сигнал может быть потенциальным или импульсным. Элементами потенциального цифрового сигнала являются потенциалы двух уровней. Каждый уровень остается неизвестным в течении так называемого тактового интервала; на его границе уровень потенциала изменится, если следующая цифра двоичного числа отличается от предыдущей. На рис. 4,а изображен потенциальный цифровой сигнал, представляющий написанное сверху число; высоким потенциалом отображается 1, а низким 0.

Элементами импульсного цифрового сигнала являются импульсы неизменной амплитуды и отсутствие их. Эти элементы фиксируются в тактовые моменты (t_0, t_1, \dots, t_5 на рис. 1,б) которыми разделяются тактовые интервалы.

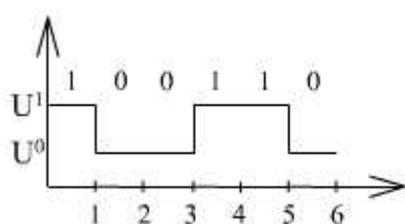


рис. 4, а

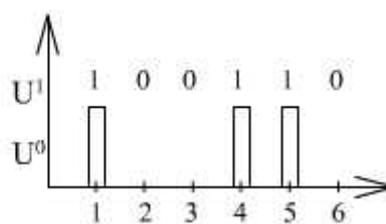


рис. 4,б

Обоим цифровыми сигналами (рис. 4) двоичное число 100110 выражено в последовательной форме (последовательным кодом); разряды числа представляются последовательно, друг за другом. При этом потенциалы (импульсы) передаются по одной линии и обрабатываются устройством последовательно.

При представлении двоичного числа в параллельной форме (параллельном кодом) его разряды представляются одновременно. При этом, количество линий передачи, а также однотипных элементов устройства, обрабатывающих цифровой сигнал, должно быть равно количеству разрядов числа, т.е. существенно увеличивается. Такой цифровой сигнал значительно быстрее обрабатывается устройством.

2. Аналого-цифровое преобразование.

Цифровой сигнал может быть сформирован из непрерывного сигнала аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Такое преобразование сводится к тому, что из непрерывного сигнала периодически производятся выборки мгновенных значений; каждая выборка округляется до ближайшего разрешенного уровня, а код этого уровня (двоичное число) представляется элементами цифрового сигнала. Совокупность таких двоичных чисел, выраженных элементами цифрового сигнала, - цифровой сигнал, соответствующий преобразованному непрерывному сигналу.

Рассмотрим переход от непрерывного сигнала к цифровому (см. рис.5), весь диапазон возможных изменений непрерывного сигнала разбивается на конечное число равноотстоящих уровней (называемых уровнями квантования), которые дискретный сигнал только и может принимать. Каждая выборка сигнала округляется до ближайшего разрешенного уровня. Эта операция называется квантованием.

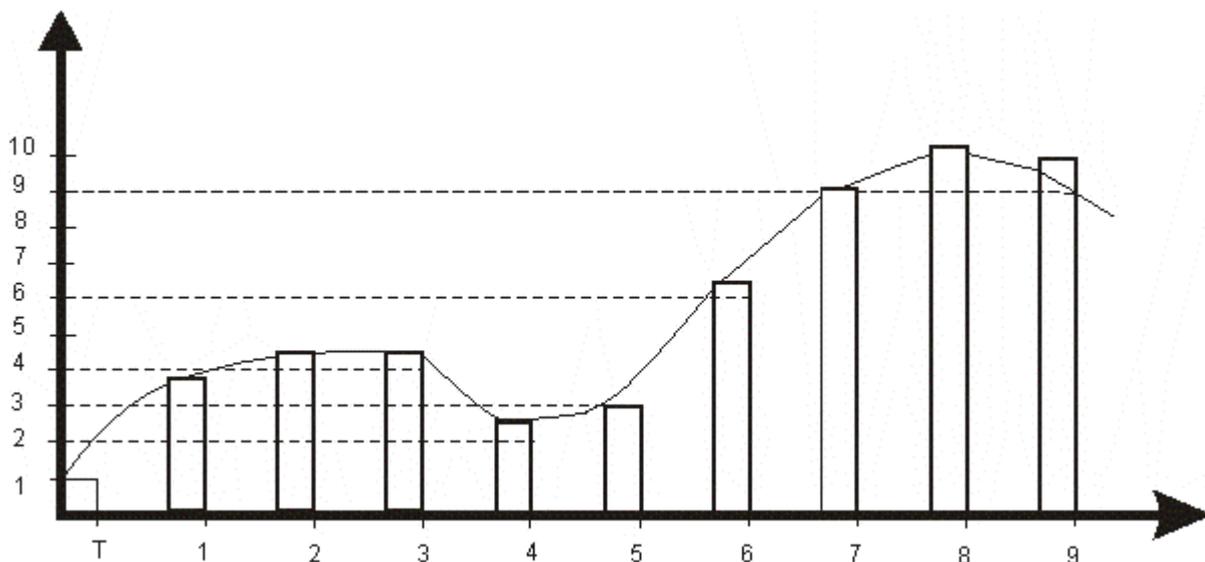


Рис.5

Квантованный дискретный сигнал имеет конечное (счетное) количество значений. Благодаря этому каждому из них может быть присвоен какой-то код (цифра). Эту операцию называют кодированием.

Если квантованные уровни кодировать числом двоичной системы счисления, то последовательность их составит двоичный сигнал: 0001, 0011, 0100, 0100, 0011, 0011, 0110, 1001, 1010, 1001. После кодирования операцию над непрерывным сигналом можно заменить соответствующей операцией над кодами его уровней.

3. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП)

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) предназначен для преобразования цифрового сигнала в аналоговый. Иногда его называют преобразователем код-аналог.

Мгновенное напряжение на выходе ЦАП пропорционально «весу» присутствующего на входах кода, т.е. его десятичному эквиваленту. Сменяющиеся входные коды обуславливают изменяющиеся напряжение на выходе ЦАП.

Напряжение на выходе ЦАП является суммой напряжений, каждое из которых обусловлено единицей в соответствующем разряде входного кода. Величины этих составляющих относятся, как веса единиц в разрядах: если от единицы в первом разряде появляется на выходе напряжение U_1 , то от единицы во втором разряде — $2U_1$, от единицы в третьем разряде — $4U_1$ и т.д.

Так, к примеру, если на входе присутствует код 1011001, то напряжение на выходе ЦАП равно

$$1(64 U_1) + 0(32 U_1) + 1(16 U_1) + 1(8 U_1) + 0(4 U_1) + 0(2 U_1) + 1 U_1 = 89 U_1 \quad .$$

Указанное преобразование можно осуществить, если использовать взвешенные резисторы $(R_1, 2R_1, 2^2 R_1, \dots, 2^{n-1} R_1)$; сопротивления их относятся как веса единиц в разрядах двоичного кода.

На рис. Изображена схема инвертирующего сумматора с такими резисторами. На подходящих к резисторам шинах имеются электрические потенциалы, соответствующие цифрам в разрядах кода; причем цифре 0 соответствует 0В, а цифре 1- потенциал U_1 .

К резистору R подходит шина старшего разряда, а к резистору $2^{n-1} R$ - шина младшего разряда. При наличии 1 в старшем разряде кода ток через резистор R (точка «а»-«кажущаяся земля») равен U_1/R , при наличии 1 в младшем разряде ток через резистор $2R$ равен $U_1/2R$ и т.д., при наличии 1 в младшем разряде ток через резистор $2^{n-1} R$ равен $U_1/2^{n-1} R$.

Токи, обусловленные единицами в разрядах кода, суммируются, на резисторе R_0 и создают напряжение, равное в общем случае

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_1 R_0}{R} \left(a_n 1 + a_{n-1} \frac{1}{2} + a_{n-2} \frac{1}{2^2} \dots + a_1 \frac{1}{2^{n-1}} \right),$$

где a_n, a_{n-1}, \dots, a_1 -цифры (1 и 0) в разрядах кода.

Это выражение можно представить иначе:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_1 R_0}{R} 2^{-(n-1)} (a_n 2^{n-1} + a_{n-1} 2^{n-2} + \dots + a_2 2^1 + a_1)$$

Из этого выражения видно, что записанная в скобках сумма – двоичный код чисел. Таким образом, напряжение на выходе ЦАП (рис. 5) пропорционально весу действующего на входе кода цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) могут быть реализованы на интегральных микросхемах, принцип действия которых соответствует сказанному выше. Такими микросхемами являются К1108ПА1, К572ПА1 и т.д.

3.2. Аналого-цифровой преобразователь

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) преобразует аналоговый сигнал в цифровой. Существуют различные типы АЦП. Остановимся на одном из них. Это АЦП уравнивающего преобразования с последовательным приближением.

При рассматриваемом преобразовании формируемый код последовательно приближается к своему полному выражению: вначале определяется цифра в старшем n -м разряде, затем в $n-1$ и т.д. вплоть до младшего разряда.

Такая возможность формирования основана на свойствах натурального двоичного кода: веса единиц в соседних разрядах отличается вдвое; единица

в старшем значащем разряде имеет вес, большей половины всего кода: единица в соседнем разряде имеет вес больший четверти веса всего кода и т.д. Например, вес кода 1111_2 равен 15; вес единицы в четвертом разряде равен 8, что больше $0,5 \times 15$; вес единицы в третьем разряде равен 4, что больше $0,25 \times 15$ и т.д.

Поэтому для определения цифры в старшем разряде формируемого кода надо сравнить входное напряжение U_{bx} с $0,35 U_m$ - половиной максимального для данного АЦП, значение U_{bx} . Если окажется, что $U_{bx} < 0,5 U_m$, то в старшем разряде кода – цифра 0, и дальнейшее сравнение надо производить с $0+25 U_m$. Если же $U_{bx} > 0,5 U_m$, то в старшем разряде кода-цифра 1; при этом последующее сравнение следует производить с $(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}) U_m$ и т.д.

Проиллюстрируем сказанное примером. Пусть $U_m = 12В$, разрядность кода $n=4$, $U_{bx} = 8В$. Результат первого сравнения: $U_{bx} > \frac{1}{2} U_m$, т.к. $8 > 6$ - в старшем разряде кода цифра 1; результат второго сравнения: $U_{bx} < (\frac{1}{2} + \frac{1}{4}) U_m$, т.к. $8 < 9$ - в третьем разряде кода цифра 0; результат третьего сравнения: $U_{bx} > (\frac{1}{2} + \frac{1}{8}) U_m$, т.к. $8 > 7,5$ - во втором разряде кода цифра 1; результат четвертого сравнения: $U_{bx} < (\frac{1}{2} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16}) U_m$, т.к. $8 < 8,25$ - в младшем разряде цифра 0. таким образом, на выходе АЦП устанавливается код 1010 десятичное значение которого соответствует значению входного напряжения, т.е. восьми.

Чем большую разрядность имеет код, тем более точным эквивалентом U_{bx} он является – тем более точным является преобразование.

На рис. 6 изображена упрощенная схема устройства, реализующая изложенный принцип.

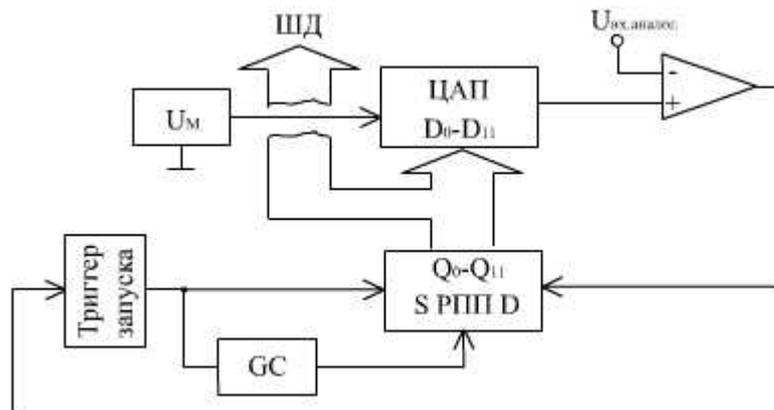


рис.6

Для пояснения работы схемы устройства АЦП познакомимся с общими принципами работы отдельных узлов.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) представляет собой устройство, преобразующие параллельные двоичный входной код в выходные уровни тока. Для преобразования выходного тока в напряжение используются специальные внешние операционные усилители (ОУ). На данной схеме ОУ не показан. ОУ может быть реализован на микросхеме КР140У16. ЦАП может быть реализован на микросхеме К594ПА1, которая представляет собой 12-разрядный преобразователь параллельного двоичного кода поступающего на выходы $D_0 - D_{11}$ в выходные уровни тока (ножка 3).

Не будем давать подробное назначение выводов данной микросхемы, также как и подробную работу преобразователя (для этого см. соответствующую литературу), а ограничимся следующим:

1. $D_0 - D_{11}$ - вход двоичного кода;
2. U_{on} - формирователь опорного напряжения, т.е. другими словами, это вход в схему формирования максимального для данного АЦП значения входного напряжения;

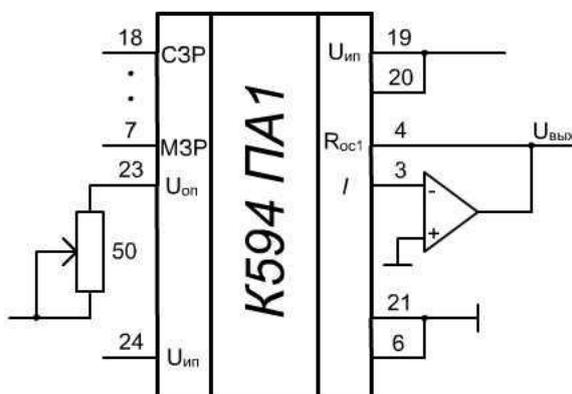


Рис.7

3. U_{on} - «минус» источника питания (н. 24);
4. U_{on} - «плюс» источника питания (н. 19, 20);
5. R_{oc1} резистор обратной связи для ОУ;
6. I- токовый выход;

Компаратор предназначен для сравнения аналоговых сигналов: один из них называют опорным (U_{on}), а другой измеряемым (U_x). В момент равенства сигналов напряжение на выходе компаратора резко изменяется.

Рассмотрим аналоговый компаратор на микросхеме операционного усилителя (ИМС ОУ), т.к. ОУ имеет два входа и большой коэффициент усилителя.

На рис. 8, 0 приведена схема компаратора для сравнения однополярных сигналов.

Полярность U_{bovx} определяется большим из напряжений U_{on} и U_x : $U_{bovx} = K(U_{on} - U_x)$, а величина U_{bovx} за счет большого коэффициента усиления K и отсутствия обратной связи достигает $U_{нас}^+$ ($U_{нас}^-$) при весьма незначительной разности U_x, U_{on} .

До момента времени t_1 (рис. 8,б) $U_{on} > U_x$ - полярность напряжения U_{bovx} совпадает с полярностью напряжения U_{on} и $U_{bovx} = U_{нас}^+$. Вслед за равенством (в момент t_1) напряжение U_x начинает превышать U_{on} . Теперь полярность U_{bovx} определяется напряжением U_x на инвертирующем входе и противоположна U_x . При весьма незначительном превышении U_x над U_{on} , т.е. практически в момент t_1 , напряжение на выходе устанавливается равным $U_{нас}^-$. В момент времени t_2 вновь наступает равенство сигналов, вслед за которым U_x становится меньше U_{on} - напряжение на выходе скачком переходит от $U_{нас}^-$ к $U_{нас}^+$.

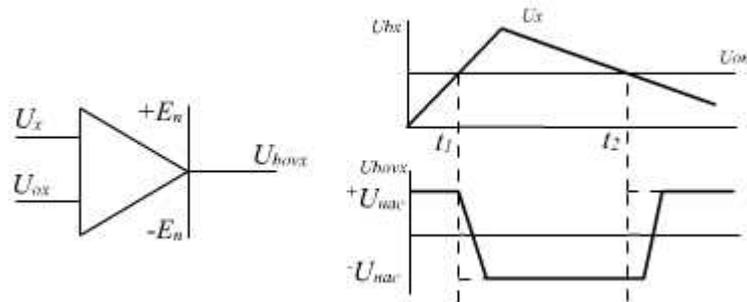


Рис. 8

Аналоговый компаратор может быть реализован на интегральной микросхеме К554КСА3 (рис. 9), где ножка 4 предназначена для подачи напряжения U_x , ножка 3 для подачи напряжения U_{on} , ножка 9- для снятия выходного напряжения U_{bovx} .

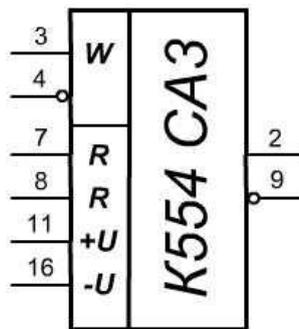


Рис.9

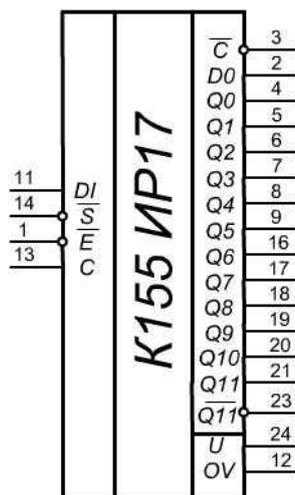


Рис. 10

Регистр последовательного приближения предназначен для построения 12-разрядных АЦП, работающих по методу последовательного приближения, реализуется на интегральной микросхеме K155IP17. Внешний вид этой микросхемы представлен на рис. 10. Регистр имеет 12 одинаковых ячеек хранения накапливаемых разрядов (выходы от $Q_0 - Q_{11}$). Состояние ячеек меняются с приходом положительного тактового перепада на входе С. Вход D служит для приема сигналов 1 или 0 от компаратора, являющихся результатом поразрядного сравнения. Вход E принимает сигнал остановки преобразования. Если вход E не используется, его следует заземлить. Вход S-стартовый. Когда на вход S поступает напряжение низкого уровня, содержимое регистра сбрасывается на нуль за первый период тактовой последовательности. Старшим разрядом является выход Q_{10} , выход Q_{11} - является «знаковым» (1- соответствует положительному числу; 0- отрицательному числу). Когда преобразование завершено на выходе END появляется напряжение низкого уровня.

Генератор тактовых импульсов предназначен для получения последовательности нулей и единиц, поступающих на вход РПП. Генератор собран на логических элементах и представляет собой интегральную микросхему K155ПА3.

Теперь, когда были даны основные принципы работы отдельных узлов АЦП, рассмотрим работу устройства АЦП представленного на рис. 6.

Предположим, что $U_m = 16$ В для простоты возьмем разрядность когда $U = 4$, входное напряжение $U_{bx} = 13$ В. По сигналу «Пуск» обнуляются выходы $Q_0 - Q_3$ и запускается генератор, который начинает генерировать импульсы, подаваемые, на вход с РПП. С компараторами на вход D РПП приходит сигнал логической «1», свидетельствующей, что $U_{bx} > U_c$, т.к. $13 \text{ В} > 0 \text{ В}$. Эта «1» устанавливается в старшем разряде Q_3 и РПП посылает на входы $D_0 - D_3$ ЦАП кодовую комбинацию 1000. ЦАП преобразует этот цифровой код в напряжение 8 В. Компаратор сравнивает $U_c = 8 \text{ В}$ с $U_{bx} = 13 \text{ В}$, т.к. $U_{bx} > U_c$, то

с компаратора на вход D поступает «1», которая запоминается в старшем разряде q_3 и устанавливается в разряде q_2 . Теперь РПП посылает на ЦАП кодовую комбинацию 1100. ЦАП преобразует ее в напряжение 12 В. Это напряжение компаратор сравнивает с входным, и т.к. $u_{bx} > u_c$, посылает «1» на вход D. Эта «1» запоминается в разряде q_2 . После этого РПП посылает на ЦАП комбинацию 1110. этой комбинации соответствует напряжение 14 В, т.к. $u_c = 14 \text{ В} > u_{bx} = 13$ В компаратор переключается и на его выходе появляется сигнал логического «0», который поступает на вход D, сбрасывает «1» в разряде « q_1 » и устанавливает «1» в разряде q_0 . РПП посылает, теперь, на ЦАП комбинацию 1101, который преобразует её в напряжение 13 В. Компаратор сравнивая это напряжение с u_{bx} , переключается и на вход D регистра поступает логическая «1», которая фиксирует или запоминает в разряде q_0 «1». Таким образом, на выходах $q_0 - q_3$ РПП находится цифровой код 1101 соответствующий входному напряжению 13 В. Все это время на выходе END (см рис. 10) находился сигнал высокого уровня, а как только преобразование завершилось на выходе END появился сигнал низкого уровня.

ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА

Для упрощения изучения схемы ввода аналоговой информации некоторые, интересующие нас ножки микросхем, участвующих в работе схемы, соединены со свободными выводами порта-X2, навесным монтажом, находящегося на задней панели учебного компьютера.

На рис. 11 приведен внешний вид порта-X2.

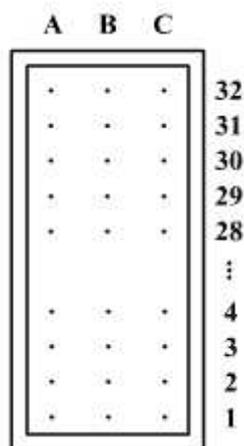


Рис. 11

Ниже приведены соответствия некоторых ножек микросхем с выводами порта-X2:

Компаратор (D16)-3-32А; 4-32С; 9-29В.

Дешифратор (D5)-7-30А; 6-30С.

Генератор (D7)- 1-24А; 2-24Б; 3-25В.

6-26А; 8-26С.

Регистор (D11) -3-18А; 5-18С; 6-17В.
 7-16А; 8-16С; 9-15Е; 13-13В; 16-12А; 17-12С;
 18-11В; 19-10А; 20-10С; 21-9В.
 Сигнал «чтение»- 1/OR-22А;
 Сигнал «записи»- 1/OW-22С;

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Исследование компаратора К554СА3 (D16)

1.1. Подать входное напряжение регулятором входного напряжения, при этом кнопка «Задание U_{bx} » должна быть в нажатом состоянии.

1.2. Убедиться в том, что показанное осциллографом напряжение соответствует поданному входному напряжению, для чего снять напряжение с ножки 3 компаратора.

1.3. Встаньте Щупом на ножку 4 компаратора, при этом осциллограф покажет напряжение равное U_{bx} , теперь, держа щуп на указанной ножке, измените входное напряжение, запустите программу и убедитесь в том, что осциллограф показывает напряжение, отличное от предыдущего, которое соответствует поданному входному напряжению.

1.4. Держа щуп на 9 ножке (выход компаратора) проследите работу компаратора при изменении входного напряжения.

2. Исследование регистра последовательного приближения К155ИР17 (D11)

2.1. Снять потенциалы с выходов регистра 21, 20, 19, 18, 17, которые являются старшими разрядами двоичного кода, соответствующего поданному напряжению U_{bx} (выход 21 является «знаковым»).

2.2. Снять импульс с выхода 3 регистра, для чего держа щуп на указанной ножке запустить программу.

Полученный код записать в табл. 1.

Затем, изменяя входное напряжение проделать пункты 1, 2 (исследование компаратора и регистра), несколько раз также записывая значение кодов в таблицу 1.

Таблица 1.

U_{in}	U_{bx}	Код				
		21	20	19	18	17
1						
2						
3						
4						
5						
⋮						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Пояснить принцип цифро-аналогового преобразования.
2. Пояснить принцип аналого-цифрового преобразования.
3. Пояснить принцип работы регистра последовательного приближения.
4. Задача: $U_{bx} = 13$ В, разрядность кода $U=4$, диапазон преобразуемого напряжения $U_m = 0 \div 16$ В; определить двоичный код, соответствующий U_{bx} ;
5. Задача: Двоичный код 10011, диапазон преобразуемого напряжения $U_m = 0 \div 32$ В. Какое входное напряжение U_{bx} соответствует данному коду.
6. Пояснить принцип работы дешифратора.
7. Пояснить работу буфера - данных.
8. По какому сигналу микропроцессора запускается генератор.
9. Пояснить работу драйвера.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Изучение работы контроллера ввода и вывода дискретной информации

Часть 1. Программное обеспечение контроллера дискретного сигнала

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Исследовать работу узлов ввода-вывода цифровой информации, определив назначение и функции отдельных элементов, провести анализ программы, драйверов, обеспечивающие ввод и вывод дискретной информации.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) предназначен для преобразования цифрового сигнала в аналоговый. Иногда его называют преобразователем код-аналог.

Мгновенное напряжение на выходе ЦАП пропорционально «весу» присутствующего на входах кода, т.е. его десятичному эквиваленту. Сменяющиеся входные коды обуславливают изменяющиеся напряжение на выходе ЦАП.

Напряжение на выходе ЦАП является суммой напряжений, каждое из которых обусловлено единицей в соответствующем разряде входного кода. Величины этих составляющих относятся как веса единиц в разрядах: если от единицы в первом разряде появляется на выходе напряжение U_1 , то от единицы во втором разряде $-2U_1$, от единицы в третьем разряде $-4U_1$ и т.д. Так, к примеру, если на входе присутствует код 1011001, то напряжение на выходе ЦАП равно

$$1(64 U_1) + 0(32 U_1) + 1(16 U_1) + 1(8U_1) + 0(4U_1) + 0(2U_1) + 1U_1 = 89 U_1 .$$

На рис. 12 изображена зависимость выходного напряжения ЦАП от цифрового сигнала на входе.

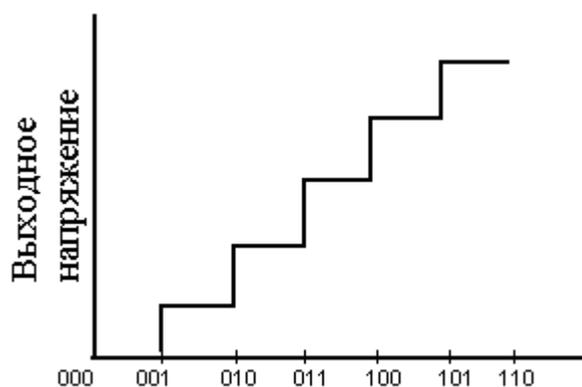


рис.12

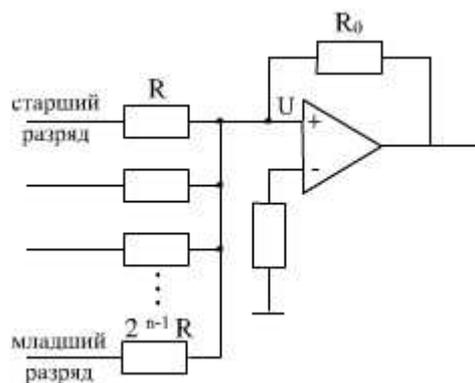


рис.13

Указанное преобразование можно осуществить, если использовать двоично взвешенные резисторы $(R_1, 2R_1, 2^2 R_1, \dots, 2^{n-1} R_1)$; сопротивления их относятся как веса единиц в разрядах двоичного кода.

На рис. 13 Изображена схема инвертирующего сумматора с такими резисторами. На подходящих к резисторам шинах имеются электрические потенциалы, соответствующие цифрам в разрядах кода; причем цифре 0 соответствует «нуль» вольтам, а цифре 1- потенциал U_1 .

К резистору R подходит шина старшего разряда, а к резистору $2^{n-1}R$ - шина младшего разряда. При наличии 1 в старшем разряде кода ток через резистор R (точка «а»-«кажущаяся земля») равен U^1/R , при наличии 1 в младшем разряде ток через резистор $2R$ равен $U^1/2R$ и т.д., при наличии 1 в младшем разряде ток через резистор $2^{n-1}R$ равен $U^1/2^{n-1}R$.

Токи, обусловленные единицами в разрядах кода, суммируются, на резисторе R_0 и создают напряжение, равное в общем случае

$$U_{\text{вых}} = \frac{U^1 R_0}{R} \left(a_n 1 + a_{n-1} \frac{1}{2} + a_{n-2} \frac{1}{2^2} \dots + a_1 \frac{1}{2^{n-1}} \right),$$

где a_n, a_{n-1}, \dots, a_1 -цифры (1 и 0) в разрядах кода.

Это выражение можно представить иначе:

$$U_{\text{вых}} = \frac{U^1 R_0}{R} 2^{(n-1)} (a_n 2^{n-1} + a_{n-1} 2^{n-2} + \dots + a_2 2^1 + a_1)$$

Из этого выражения видно, что указанная в скобках сумма это двоичный код чисел. Таким образом, напряжение на выходе ЦАП (рис. 5) пропорционально весу действующего на входе кода. Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) могут быть реализованы на интегральных микросхемах К1108ПА1, К572ПА1 и т.д.

3.ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА.

Рабочее место представляет собой учебной микропроцессорный тренажер “Курсор”.

Учебное устройство, оснащено фиксированными кнопками, предназначенными для ввода дискретного сигнала и световыми лампочками для индикации выводимого дискретного сигнала, т.е. визуального наблюдения.

4.ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

1. Ввести и исследовать прикладную программу.
2. Вывести на индикацию число, значение которого задаётся преподавателем.
3. Ввести дискретную информацию в тренажер.

5.ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

- 1.Ознакомится с рабочим местом, и органами управления.
- 2.Получить задание у преподавателя.
- 3.Набрать прикладную программу, для чего войти в среду “Бейсик” набрав на клавиатуре символ В (лат.) и «ПУСК».

ДРАЙВЕР ВВОДА ДИСКРЕТНОГО СИГНАЛА.

10 REM “ ввод дискретной информации”

```
15 PRINT "измените состояние переключения"  
20 x=INP(16)  
30 IF x=y THEN GOTO 20  
40 y=x: IF x=0 THEN STOP  
50 PRINT "состояние"; y  
60 GOTO 15
```

ДРАЙВЕР ВЫВОДА ДИСКРЕТНОГО СИГНАЛА.

```
10 REM "программа дискретного вывода "  
20 PRINT "введите число"  
30 INPUT x  
40 IF x >255 THEN STOP  
50 OUT 16, X  
60 GOTO 20
```

6.СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

В отчете представить программу драйверов с подробным комментарием.

Часть 2. Изучение принципиальной схемы контроллера дискретного сигнала

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Модуль ввода- вывода дискретных сигналов (МВД) предназначен для приема сигналов от дискретных датчиков, а также для вывода на исполнительные механизмы сигналов двухпозиционного управления.

МВД состоит из следующих функциональных узлов:

- селектора адреса (СА);
- регистра данных (РД);
- ключа выходного (КВ);
- узла согласования (УС);
- буфера данных (БД).

СА выполнен на микросхемах Д1 и Д2, (смотри принципиальную схему Приложения рис. 2), типы которых соответственно К155ЛА1 и КМ155ИД. Дешифратор ИД предназначен для выбора порта ввода-вывода и формирования сигналов управления при обращении процессора к модулю. Обращение к МВД производится при наличии адреса и одного из сигналов "I/OR" или "I/OW". разъем XI вывода 22С и 22А. РД выполнен на микросхеме D5 и D6 (К589ИР12) и служит для запоминания информации, поступающей с ШД (разъем XI выводы 14С; 16А; 17В; 18С; 19В; 16С; 14А) при обращении процессора к модулю. Запись информации в РД происходит по сигналу управления с СА, 7 ножка микросхемы Д2.

КВ служит для включения исполнительного механизма при наличии логического "0" на соответствующей ему линии ШД и отключения исполнительного механизма при наличии логической «1». Схема КВ

выполнена на реле KV1-KV7 и диоде VD1. В исходном состоянии (при включении питания или при нажатии кнопки «сброс» на пульте управления) на выходах РД присутствуют уровни логической «1», следовательно реле разомкнуты, исполнительные механизмы отключены.

УС служит для гальванического разделения входного сигнала напряжением 24V и согласования его с ШД. УС состоит из восьми ключей (K9-K16).

На входе ключа стоит реле KV2 и диод VD3 служащие для гальванического разделения. Резисторы R3 и R4 задают ток, необходимый для нормальной работы БД.

3. ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО МЕСТА.

Рабочее места представляет собой учебно–микропроцессорное устройство “Курсор”.

4. ЗАДАНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ.

1. Исследовать принципиальную схему МВД.
3. Ввести дискретную информацию.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Исследование генератора K155ПА3 (D7)

1.1. Снять потенциалы с ножек 1, 2, 3, 6, 8, генератора и ножки 13 регистра (D11), являющейся выходом генератора, которые соответствуют исходному состоянию.

1.2. Вставая щупом последовательно на указанные ножки снимать импульсы, запуская при этом программу.

Полученные данные записать в табл. 2.

Таблица 2.

Ножки генератора 1 резистора	Исходное состояние	Состояние генерации
1		
2		
3		
6		
8		
13		

2. Исследование дешифратора K155ИД4 (D5)

2.1. Вставая последовательно на ножки 6 и 7 дешифратора снять импульсы, запуская для этого программу.

3. Исследование сигналов «запись»- I/OWR и «чтение»- I/ORD.

3.1. Для получения указанных сигналов встать щупом на соответствующий вывод, запуская при этом программу.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА.

В отчете необходимо представить результаты исследования схемы показать “0” или “1” на принципиальной схеме

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прангишвили И.В. Стецюра Г.Г. Микропроцессорные системы М. Наука.1980г.
2. Микропроцессоры. Кн. 1. 2. Под. ред. Преснухина В.Г. М. Наука. 1985г.
3. Микропроцессорные системы автоматического управления. Бессекерский В.А.-Л. Машиностроение. 1988г.
4. Баев П.А. Микропроцессорные системы. М.: Мин. легкой промышленности. 2001г.
5. Техническое описание РС – процессоров.
6. Казаринов Ю. М., Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ в радио механических системах. Учебное пособие для ВУЗов –М.: Высш. школа, 1988г.
7. Азизов А.Р. Конспект лекций по дисциплине «Микропроцессорные и управляющие системы» Т. ТашИИТ, 2005г. – 90 с.
8. Методические указания «Изучение устройств и принципов работы однокристалльной микроЭВМ». Т. ТашИИТ., 2005г. -20с.
9. Методические указания «Изучение устройств и принципов организации вывода информации в микропроцессорных системах». Т. ТашИИТ., 2005г. -13с.
10. Интернет сайт:
E- mail: [asi@css](mailto:asi@css-mps.ru) - mps.ru
E- mail: [kontrast@mtu](mailto:kontrast@mtu-net.ru) - net.ru
E- mail: park. [svrw@r66](mailto:svrw@r66.ru).ru
E- mail: [tc@abitel](mailto:tc@abitel.ru).ru
E- mail: [alechine@rusig](mailto:alechine@rusig.ru).ru
E- mail: ivp – [trans@mtu](mailto:trans@mtu-net.ru) - net.ru
E- mail: [Elektra@css](mailto:Elektra@css-mps.ru) - mps.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ

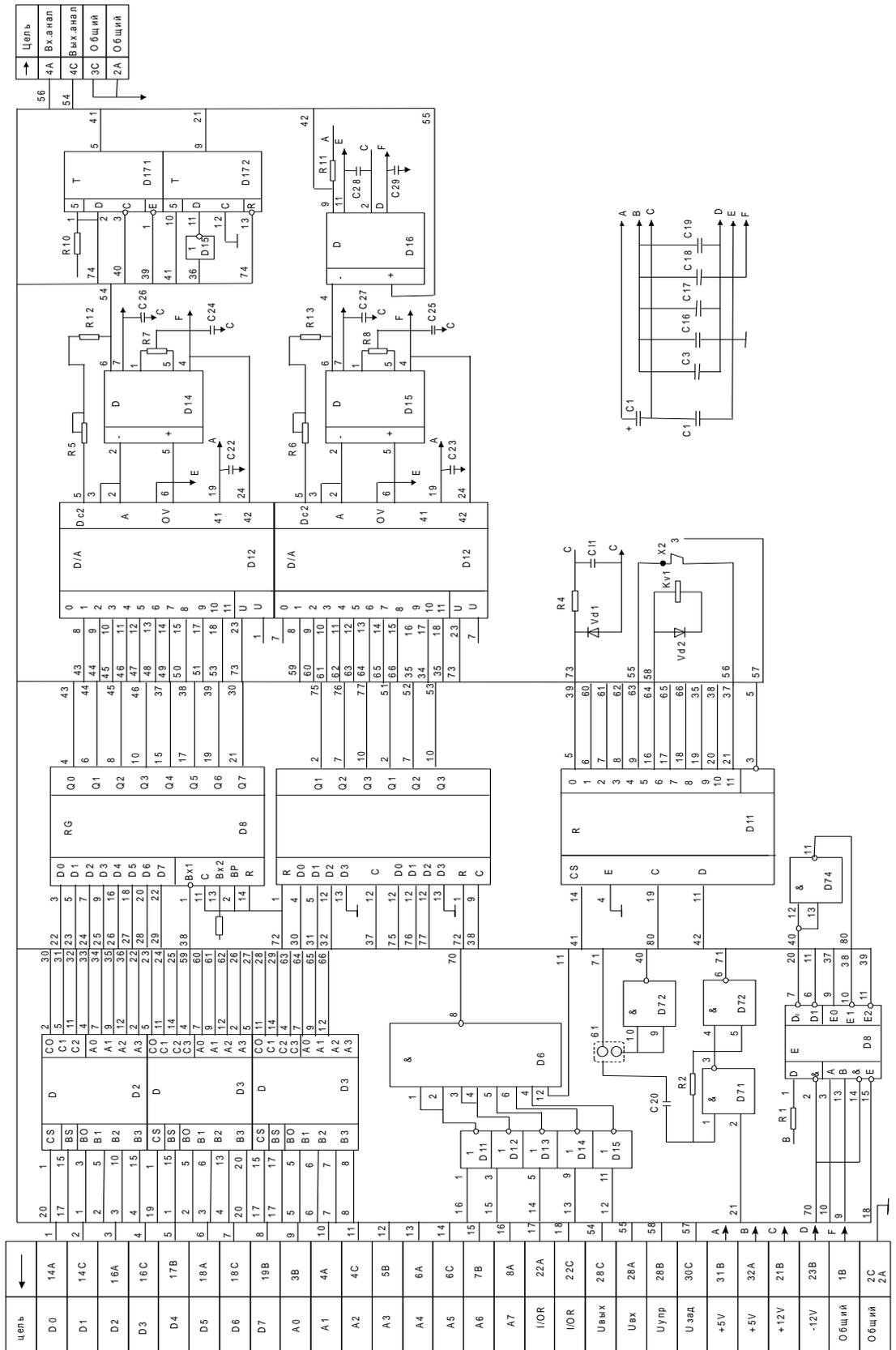


Рис.1 Принципиальная схема модуля ввода и вывода аналогового сигнала

СОДЕРЖАНИЕ

Изучение работы микропроцессорного тренажера типа «Курсор»	
Принципиальная схема микропроцессорного модуля тренажера...	3
Изучение работы контроллера ввода и вывода аналоговой информации	
Часть 1. Программное обеспечение контроллера аналогового сигнала.....	8
Часть 2. Принципиальная схема контроллера аналогового сигнала.....	11
Изучение работы контроллера ввода и вывода дискретной информации	
Часть 1. Программное обеспечение контроллера дискретного сигнала.....	21
Часть 2. Изучение принципиальной схемы контроллера дискретного сигнала.....	24
Список рекомендуемой литературы.....	26
Приложение.....	27

Редактор:

Подписано в печать	Объем	п.л.		
Формат бумаги 60x84 1/16		Кол-во 20 шт.	Заказ №	
Тиражировано в типографии ТашИИТа.		г.Ташкент, ул.Адылходжаева, 1		

