



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Авиационный колледж ДГТУ

**Методические указания**  
к лабораторным работам  
по дисциплине

**«Вычислительной техника»**

Авторы

Смирнов Ю. А.

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине вычислительная техника предназначена для студентов очной формы обучения направления 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств.

## Автор



к.т.н., доцент, преподаватель 1-  
категории авиационного колледжа  
ДГТУ Смирнов Юрий Александрович





## Оглавление

Лабораторная работа № 1.....	4
Основы работы с программным обеспечением Multisim .....	4
Лабораторная работа № 2.....	10
Подключение внешней памяти и ее тестирование.....	10
Лабораторная работа № 3.....	15
Организация заданных интервалов времени.....	15
Лабораторная работа № 4.....	19
Основы организации последовательного порта .....	19
Лабораторная работа № 5.....	23
Отображение информации в системах с МК-51.....	23
Лабораторная работа № 6.....	27
Изучение принципов работы цифроаналоговых преобразователей .....	27
Лабораторная работа № 7.....	30
Изучение принципов работы аналого-цифровых преобразователей.....	30
Лабораторная работа № 8.....	34
Исследование широтно-импульсной модуляции, реализованной микроконтроллером МК-52..	34

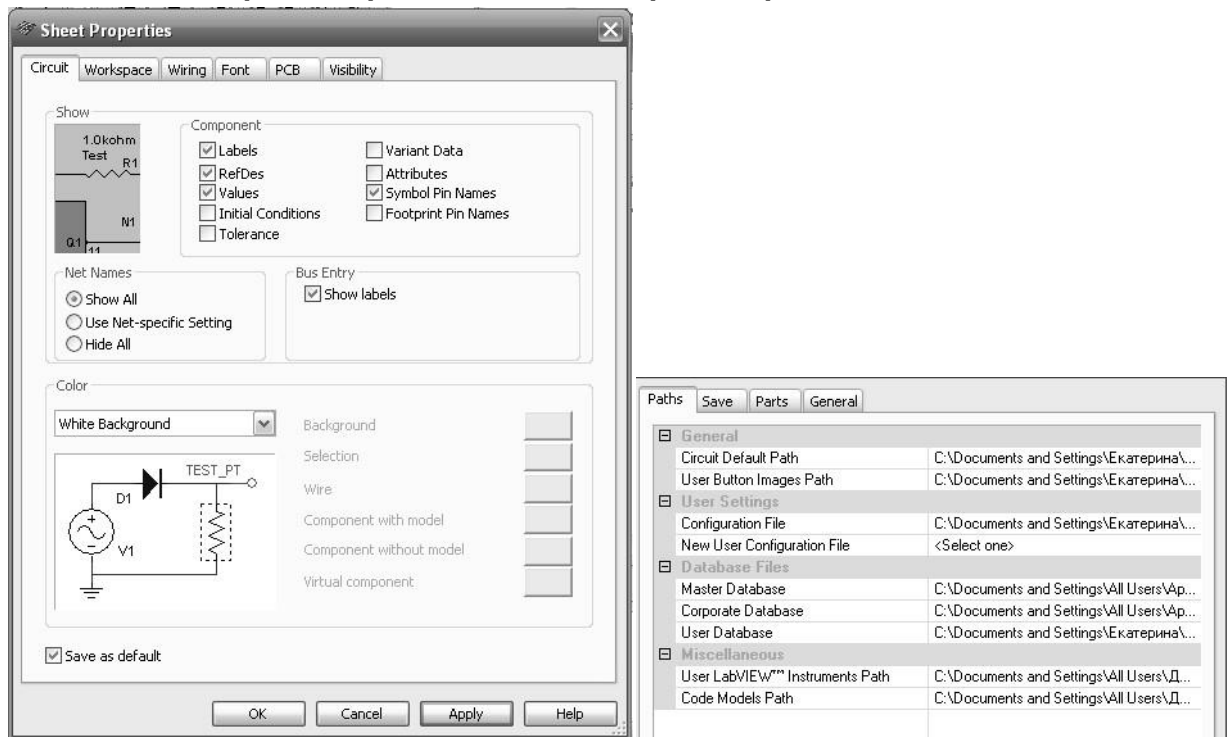
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

### Основы работы с программным обеспечением Multisim

**Цель работы:** ознакомиться с интерфейсом программы Multisim, научиться создавать проект и программный файл.

**Пункт меню Option** задает условия работы по подготовке и сохранению схемы, определения внешнего вида схемы и условий ввода и размещения элементов при рисовании. Он содержит следующие подменю: Global Preferences..., Sheet Properties... и Customize User Interface...


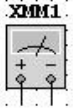

Рекомендуется оставить для отображения только самую необходимую информацию: текстовые метки (Labels), позиционное обозначение (RefDes), его значение (Values).



Программа Multisim содержит большое число виртуальных измерительных приборов (инструментов), которые можно использовать с целью проведения измерения или же исследования схемотехнических решений. Виртуальные измерительные приборы по своему действию соответствуют реальным приборам.









### Представление виртуальных приборов в Multisim




Форма представления	Описание	Внешний вид
Иконка	Представляет инструмент в панели инструментов Multisim's NI	
Символ	Представляет инструмент в цепи схемы. Для подключения к схеме необходимо использовать внешние выводы инструмента. Для открытия приборной панели необходимо дважды щелкнуть ЛКМ на символе инструмента	
Инструментальная панель (панель прибора)	Открывается двойным щелчком ЛКМ на символе инструмента. Позволяет пользователю взаимодействовать с инструментом – установить параметры измерения. Отображает результаты измерения	


**Инструменты для анализа напряжения и токов**

Вычислительная техника



Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
1	2	3
Функциональные генераторы (Function generator)	Генерирование синусоидальных, трапецеидальных и импульсных сигналов. Установка частоты, скважности, амплитуды сигнала	
Мультиметр (Multimeter)	Измерение постоянного и переменного тока, напряжения и потерь.	
2-канальный осциллограф (Oscilloscope)	Измерение сигнала в двух каналах. Масштабирование Y и X осей. Смещение по Y оси. Синхронизация	
4-канальный осциллограф (4 channel scilloscope)	Измерение сигнала в четырех каналах. Масштабирование Y и X осей. Смещение по Y оси. Синхронизация	
Ваттметр (Wattmeter)	Измерение мощности сигнала	
Измеритель ВАХ (IV-analysis)	Исследуются диоды, биполярные PNP и NPN-транзисторы (BJT). Канальные транзисторы (PMOS), (NMOS) и полевые.	



Вычислительная техника

	КМОП структуры (CMOS)	
Счетчики (Frequency counter)	Измеряются частота, период, фронты импульсов, АЧХ, фазовые сдвиги. Поддерживается частота измерений свыше 10 ГГц, синхронизация, развязка по постоянному току	
Построитель графика Боде (Bode plotter)	Исследуются частотная характеристика, фазовые сдвиги. Поддерживается частота измерений свыше 10 ГГц	
Измеритель частотных искажений (Distortion analyzer)	Измеряются интермодуляционные искажения, суммарный коэффициент гармонических искажений (коэффициент гармоник)	

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Логический анализатор (Logic analyzer)	Измеряются 16 каналов, история измерений. Поддерживается синхронизация. Внешняя/внутренняя опорная частота	

Вычислительная техника

Логический конвертер (Logic converter)	Цифровые схемы, построенные по таблицам истинности и логическим выражениям. Таблицы истинности для цифровых схем. Логические выражения для цифровых схем. Реализуются циклы, обновление шага, сброс. HEX, DEC, Boolean , ASCII-коды	
Генератор слов (Word generator)	Реализуются HEX, DEC, Boolean , ASCII представление данных, синхронизация, временная селекция. Режимы: циклы, обновление шага, сброс	

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Анализатор спектра (Spectrum analyzer)	Измеряются спектр, компоненты спектра (мощность, частота), непрерывный и дискретный спектр	
Прибор для анализа электрических цепей в обобщенном виде (Network analyzer)	Построение по цифровой схеме таблицы истинности или логического выражения. Обратное преобразование таблицы истинности или логического	



Вычислительная техника

	выражения в цифровую схему	
--	----------------------------	--

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Генератор Agilent (Agilent function generator)	Тип генератора 33120A. Моделирование реального прибора	
Мультиметр DMM Agilent (Agilent multimeter)	Тип генератора 34401A. Моделирование реального прибора	
Осциллограф Agilent (Agilent oscilloscope)	Тип осциллографа 54622D. Моделирование реального прибора.	
Осциллограф Tektronix (Tektronix oscilloscope)	Тип осциллографа TDS 2024. Моделирование реального прибора	

Тип прибора	Функциональные возможности	Иконка
Пробник	Измерения тока, напряжения и частоты относительно земли	
Пробник	Измерения тока, напряжения и частоты относительно другого пробника	

Пробник	Имитация поведения токовых измерителей (токовых клещей)	
---------	---	--

В приложении рассматриваются основы настройки часто используемых виртуальных приборов: генератора слов, логического анализатора, функционального генератора.

**Инструменты, базирующиеся на виртуальных приборах NI LabVIEW**

Имя прибора	Функциональные возможности	Иконка
Микрофон	Подключение к звуковой плате компьютера. Запись звука	
Динамик	Подключение к звуковой плате компьютера	
Анализатор сигнала	Анализ сигнала во временной области. Спектр мощности	
Генератор сигнала	Гармонический, импульсный, пилообразный, треугольный сигналы	

Вывод:

Ознакомились с интерфейсом программы Multisim: основное пользовательское меню, виртуальные инструменты, организация базы данных, создание проекта и программного файла, выполнили задание для лабораторных работ

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.**

**Подключение внешней памяти и ее тестирование**

**Цель работы:** разработать схему подключения микроконтроллера с внешней памятью и протестировать память.

**Ход выполнения работ:**


1. Описание микросхемы памяти с назначением выводов и осциллографа, использованного в эксперименте, с его краткими характеристиками.
2. Копия схемного файла во время моделирования с указанием позиционных обозначений элементов и шин.
3. Копия программного файла (на ассемблере или на С) с подробными комментариями.

Полученные результаты и выводы по работе в создании схемного проекта .

Открываем и сохраняем новый схемный проект Circuit2.

Размещаем на рабочем поле МК-51 (см. лабораторную работу № 1), микросхему памяти емкостью 2 Кбайта (Place – Component – MCU – RAM), регистр-защелку, например 4037BP, которую можно найти в группе CMOS в семействе CMOS\_5V, землю и питание (Place – Component – Sources – POWER\_SOURCES).



Для размещения соединяющей шины в схемном проекте необходимо выбрать пункт меню Place – Bus или значок на панели компонентов  или горячую клавишу Ctrl-U. Выбираем в подменю Pins выводы компонента 1D–8D для подключения к шине, удерживая клавишу Shift и при помощи стрелок отправляем их в нижнее окошко. Справа окна соединений выбираем в поле Name шину, в нашем случае Bus1. **Автоматическое формирование векторов.** Вектора вводятся автоматически при нажатии кнопки Auto-assign.

Программа **тестирования внешней памяти** на следующем примере: требуется проверить 255 байт внешней памяти, начиная с ячейки 00h, используя тестовый набор 055h.



Программа **тестирования внешней памяти** на следующем примере: требуется проверить 255 байт внешней памяти, начиная с ячейки 00h, используя тестовый набор 055h.

Ассемблерный файл программы:

\$MOD51; подключение МК-51 org 00h; начинаем программу с адреса 00h  
 mov dptr,#00h; загрузить в регистр-указатель число 00h  
 mov r2,#0ffh; загрузить в регистр R2 число 0ffh (счетчик цикла)  
 mov r1,#055h; загрузить в регистр R1 число 55h test:

mov a,r1; загрузить аккумулятор ACC операндом из регистра R1  
 movx @dptr,a ;переслать в ячейку внешней памяти XRAM содержимое аккумулятора ACC

movx a, @dptr; считать в аккумулятор содержимое текущей ячейки внешней памяти  
 xrla,#055h;

операция XOR считанного  
 изначального операнда, если 0 в  
 Акк, то ячейка работает нормально

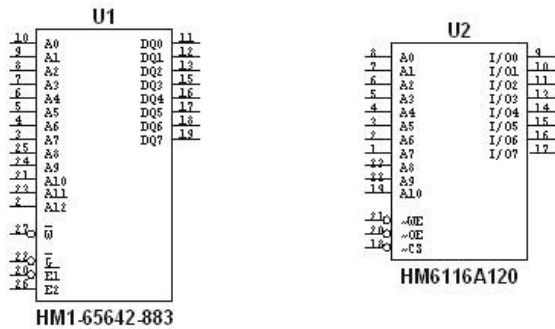
Jnzerror; ошибка – выход из программы  
 incdptr

djnz ; инкремент содержимого регистра  
 DPTR – переход к следующему  
 адресу

r2,test ;вычесть 1 из содержимого регистра  
 R2 и перейти по метке, если в  
 ячейке не 0

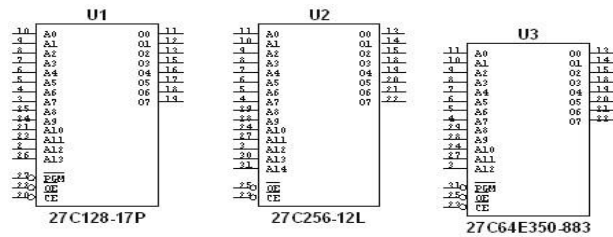
error:  
 END

В БД Multisim имеются микросхемы RAM с байтовой организацией объемом 2Kx8 и 8Kx8 бит .

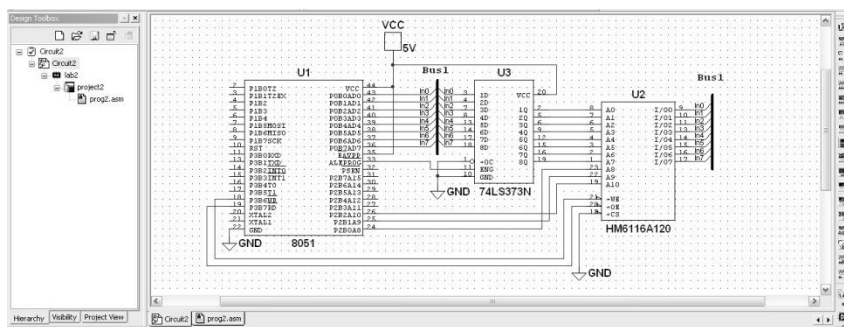


### Статическая RAM 8Kx8 и 2Kx8

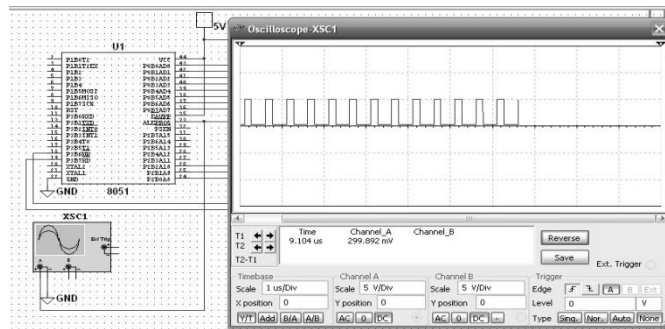
Моделирование работы схемы производится через меню Simulate – Run, либо горячую клавишу F5 или иконку на панели Моделирование – ▶ . При этом открывается окно отладчика. Для пошагового моделирования используется пункт Step into в меню MCU, горячая клавиша F11 или иконка на панели Моделирования.



### ПЗУ EPROM 16Kx8, ROM 32Kx8 и EPROM 8Kx8



В окне разработки указана вся структура созданного проекта. Выбираем на панели инструментов иконку Oscilloscope и устанавливаем на рабочей области.



Символ осциллографа имеет два канала: Channel A и Channel B. Подсоединяем «+» канала A к выводу ALE/PROG микроконтроллера, «-» – к земле. На панели прибора необходимо указать деление временной шкалы, равное одному машинному циклу, то есть 1 мкс. Выбираем по оси *y* цену деления для канала A, примем ее равной 5 В.

Параметры	1	2	3	4	5	6
N, кбайт	8	2	8	8	8	2
XX	0AAh	55h	00h	0FFh	55h	0AAh
ZZZ	800h	100h	0C00h	1000h	1400h	400h

Если сравниваемые величины совпадают, тестирование ПЗУ прошло успешно, иначе включить светоиндикатор. Подключить осциллограф, как показано на рисунке Руководства.

Параметры	7	8	9	10	11	12
M, Кбайт	8	16	32	8	16	32
K, байт	100	300	500	150	350	650
ZZZ	800h	1000h	2000	0C00h	1000h	400h

Вывод: Разработали схему подключения микроконтроллера с внешней памятью и протестировали память. В заключение работы научились пользоваться виртуальным осциллографом. Произвели подключение осциллографа к данной схеме.

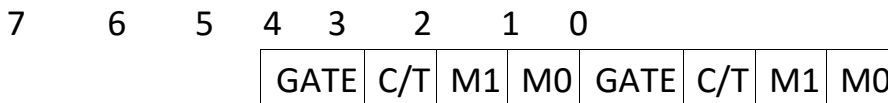
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.

### Организация заданных интервалов времени

**Цель работы:** На основе встроенных таймеров МК-51 научиться реализовывать требуемые временные интервалы.

В состав МК-51 входят два 16-разрядных таймера/счетчика Т/С0, Т/С1. Состояние таймеров/счетчиков отображается в программно-доступных регистрах (ТН0,ТL0), (ТН1, ТL1), которые размещены в пространстве SFR по адресам (8Ch, 8Ah), (8Dh, 8Bh).

Таймеры/счетчики Т/С0 и Т/С1 могут быть запрограммированы для работы либо в качестве таймера, либо в качестве счетчика. Функция таймера состоит в счете числа машинных циклов, следующих с частотой  $F_{osc}/12$ . Изображение прибора содержит выводы, подключаемые к исследуемому компоненту схемы. Если ток «втекает» в вывод «+», то получаются положительные значения измеренного тока, при другом подключении – отрицательное значение тока.



**Рис. 2.29. Структура регистра TMOD**

Регистр разбит на два 4-разрядных подрегистра T0MOD и T1MOD, которые ответственны за управление Т/С0 (биты 0–3) и Т/С1 (биты 4–7):

TMOD.0 – M0. Младший бит поля управления режимом Т/С0.

TMOD.1 – M1. Старший бит поля управления режимом Т/С0.

Выбор функции таймера или счетчика Т/С0.

При C/T = 0 выбирается функция таймера, иначе – счетчика.

TMOD.3 – GATE. Флажок управления работой СТ0. При GATE = = 1 работа разрешается, если вход INT0 = 1 и бит TR0 = 1 (см. рис. 2.30).

При GATE = 0 работа счетчика зависит только от состояния TR0.

TMOD.4 – M0. То же, но для Т/С1.

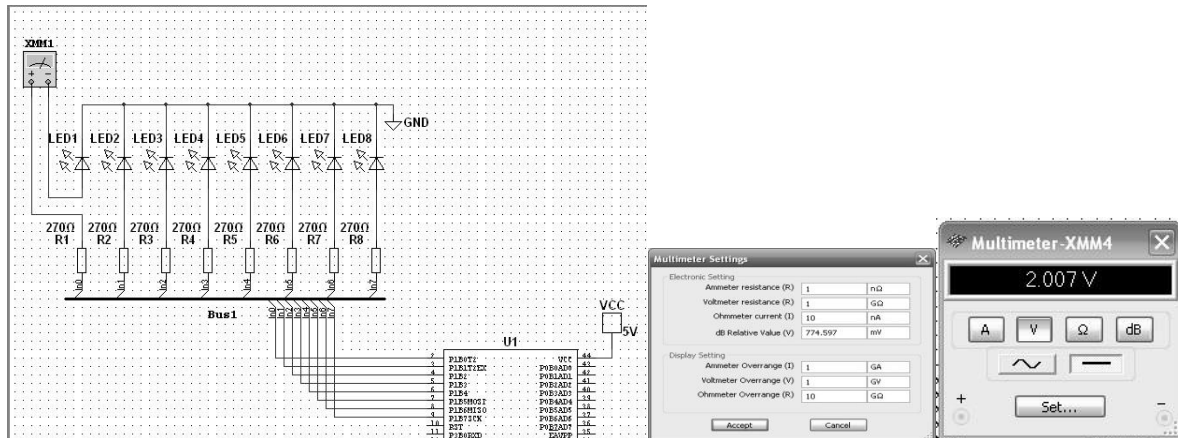
TMOD.5 – M1. То же, но для Т/С1.

TMOD.6 – C/T. То же, но для Т/С1.

TMOD.7 – GATE. То же, но для Т/С1.

За управление таймерами Т/С0, Т/С1 также ответственен регистр TCON (Timer/CounterControl)

Создаем схемный проект Circuit 3, размещаем на рабочем поле микроконтроллер МК-51, 8 резисторов по 270 Ом 8 светодиодов, землю и питание. Можно для подключения реализовать шину Bus1. Подсоединяем 8 светодиодов к линиям порта P1 МК-51 и будем по очереди поддерживать каждый из них во включенном состоянии в течение 10 с, а затем выключать.



Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PX.Y	P1.3	P1.7	P2.5	P2.1	P3.5	P1.6	P3.2	P1.4	P2.6	P3.3
S, с	2	3	1	0,5	4	6	0,7	5	6	7
K, с	1	2	0,5	1	3	4	0,3	4	5	6
T, мин	3	5	2	1	8	10	2	1	5	15

Произвели подключение мультиметра к светодиоду и измерить его ток и/или напряжение во время работы. Варианты заданий приведены в таблица.

Вывод: Научились реализовывать требуемые временные интервалы , настраивать и использовать таймеры МК-51.

Ассемблерный файл программы в режим прерывания и обнуляться.

\$MOD51 ; подключение МК-51  
 jmpstart ; переход на метку start





```
org 0bh ; подпрограмма прерывания по
        переполнению таймера T0
clr tcon.4 ;запрещаем счет таймера

reti    ;команда возврата из
org 20h прерывания
start:  ;основная программа
clrc    ;сброс переноса
movtmod;настройка T/C0 на работу в
,#01h   первом режиме в качестве
        таймера
setb ie.7 ;общее разрешение прерывания

setb ie.1 ;разрешаем прерывание по
        таймеру T/C0
mov     ;настраиваем порт P1 на вывод
p1,#0h информации

met1:
mov a,1h ;заносим в аккумулятор значение 1h
        (для вклю-
        чения диода LED1) mov r0,#0C8h ;r0 –
        счетчик цикла
;заносим число 200 в регистр r0 (200 раз по 50 мс, чтобы было 10с)
met:
mov TL0, #low(not(50000-1))
;помещаем в регистр TL0 младший байт числа 50000, считаем от -
50000 до 0 mov TH0, #high(not(50000-1))
;помещаем в регистр TH0 старший байт числа 50000, считаем от -
50000 до 0

mov p1,a ;включаем первый светодиод
setb tcon.4 ;включаем таймер T/C0
next:
jnb tcon.5, ;ждем флаг переполнения TF0
next
```

```

djnz r0,met ;организуем цикл 200 раз (10 с)

rlc a ;по истечении 10 с сдвигаем
;содержимое Acc и включаем
;следующий диод
mov r0,0C8h ;снова загружаем счетчик цикла
; r0

jnmet
;если не carry (не 8 диод горит), идем на met

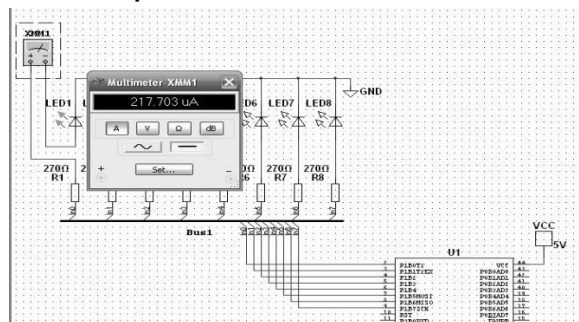
clrc ;сброс переноса

jmp met1 ;бесконечный цикл end

```

Все указанные выше параметры могут быть изменены при настройке работы прибора в схеме: если, например, последовательное или параллельное сопротивление (измеритель тока или напряжения) будут влиять на работу схемы, то их можно изменить на новые значения.

Таим образом при запуске режима моделирования МК начинает выполнять программу, а на экране мультиметра появятся значения измеряемого тока или напряжения.



Вывод: Научились реализовывать требуемые временные интервалы. на основе встроенных таймеров МК-51, Описали схемные особенности линии порта МК, используемой для подключения светодиода и мультиметра.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.

### Основы организации последовательного порта

**Цель работы:** научиться использовать последовательный порт МК для различных применений.

В структуру МК-51 входит дуплексный канал последовательной связи с буферизацией, который может быть запрограммирован для работы в одном из четырех режимов: а) режим 0 – синхронный, последовательный ввод-вывод со скоростью  $f_{\text{осц}}/12$ ; б) режим 1 – асинхронный с 10-битовым кадром и переменной скоростью передачи, зависящей от частоты переполнения таймера / счетчика 1 –  $T/C1$ ; в) режим 2 – асинхронный с 11-битовым кадром и фиксированной скоростью передачи  $f_{\text{осц}}/32$  или  $f_{\text{осц}}/64$ ; г) режим 3 – асинхронный с 11-битовым кадром и переменной скоростью передачи, также определяемой частотой переполнения  $T/C1$ .

Принятые входные и передаваемые выходные данные в параллельном коде хранятся в буферном регистре SBUF, который располагается в пространстве SFR по адресу 99h. Управление работой приемопередатчиков осуществляется через слово управления и состояния SCON, расположенное в регистре по адресу 98h, имеющем следующую структуру

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

Скорость приема/передачи в режиме 0 определяется как  $f_0 = f_{\text{осц}}/12$ , где  $f_{\text{осц}}$  – частота кварцевого резонатора.

За один машинный цикл МК последовательный порт передает один бит информации.

Скорость приема/передачи последовательного порта в режиме 2 определяется как  $f_2 = (2SMOD/64)f_{\text{осц}}$ , Назначение бит регистра следующее:

PCON.0 – IDL. Бит холостого кода. При PCON.0 = 1 МК переходит в режим холостого хода.

PCON.1 – PD. Бит пониженной мощности. При PCON.1 = 1 МК переходит в режим пониженного потребления мощности.

PCON.2 – GF0. Флаг, специфицируемый пользователем.

PCON.3 – GF1. Флаг, специфицируемый пользователем.

PCON.4-Не используется .

PCON.5-Не используется.

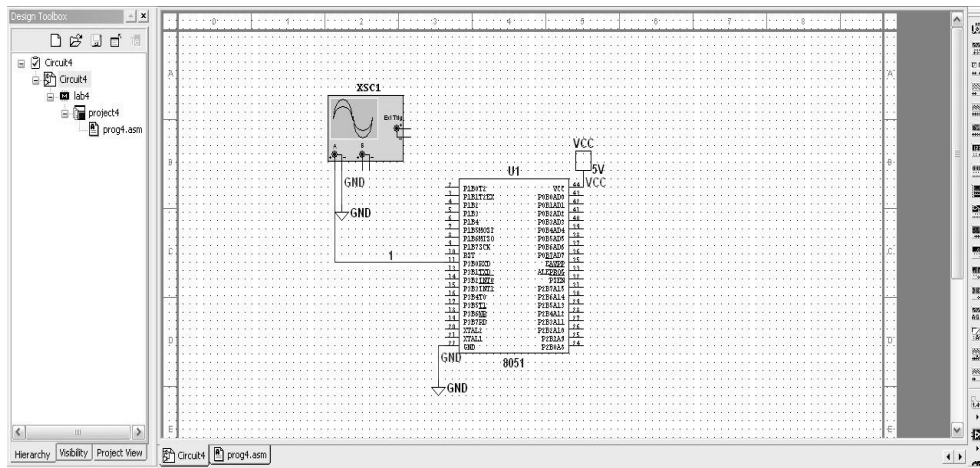
PCON.6-Не используется.

PCON.7 – SMOD. Удвоенная скорость работы последовательного порта, если SMOD = 1.

Операция приема данных активизируется только при установленном бите REN = 1, когда флажок RI сброшен. Установка флажка RI свидетельствует о готовности данных для считывания из регистра SBUF, тогда может быть использована, например, команда *MOV A, SBUF*.

### Настройки МК для управления частотой последовательного порта

Частота	$f_{осц}$ , МГц	SMOD	C/T1	Режим T/C1	TH1
Режим 0: 1 МГц	12	X*	X	X	X
Режим 2: 375 КГц	12	1	X	X	X
Режимы 1, 3: 62,5 КГц	12	1	0	2	0FFh
19,2 КГц	11,059	1	0	2	0FDh
9,6 КГц	11,059	0	0	2	0FDh
4,8 КГц	11,059	0	0	2	0FAh
2,4 КГц	11,059	0	0	2	0F4h
1,2 КГц	11,059	0	0	2	0F8h
137,5 Гц	11,059	0	0	2	1Dh
110 Гц	6	0	0	2	72h



При написании программы будем использовать режим прерываний последовательного порта при передаче символа. Передаваемые данные размещаются в программном коде, начиная с адреса 30h. Активируем вкладку программного файла prog4.asm и вставим следующий **ассемблерный код**:

```

$MOD51      ;подключение МК-51
org 00h
jmp
start
org 23h      ;адрес начала процедуры
              прерываний по последовательному
              порту
clr TI       ;при входе в подпрограмму
              прерываний обнуляем флаг TI
inc r1       ;инкрементируем r1 – счетчик
              количества переданных символов
mov a,r1     ;пересылаем значение r1 в
              аккумулятор
subb a,#3h   ;проверка значения r1, чтобы не
              превысило трех символов
jnzmetka     ;если не превышает, то идем на
              metka
mov
r1,#00h
metka:
    
```



```
reti          ;возврат из прерывания
org 30h
tabl:
db 61h        ;таблица данных для передачи
db 62h
db 63h
org
40h
start:
crlc          ;обнуляем бит carry
movscon,#0C0h;настраиваем порт на работу в
                режиме 3
movtmod,#20h ;устанавливаем счетчик T/C1 во
                второй режим работы
movIE,#90h    ;разрешаем общее прерывание и
                прерывания от порта
setb IP.4     ;максимальный приоритет
                последовательного порта
mov tl1,#0FAh ;заносим в таймер число FAh, чтобы
                настроить порт
mov th1,#0FAh ;скорость передачи 4800 бит/с
setb TR1      ;включаем T/C1
mov r1, #0h
mov r0, #03h  ;число байт, подлежащих отправке

movdptr, #tabl ;заносим в dptr начальный адрес
met1:         таблицы данных
mova,r1 movc a, @a + dptr    mov c, PSW.0    ;установить бит четности
при передаче кадра
mov TB8, c     ;установить бит TB8 , равным
                биту четности
movsbuf,amet:  ;отправляем символ таблицы
                на передачу
jnbTI,met      ;ждем прерывание
djnz r0, met1  ;организация цикла передачи
END
```

В режиме приема ХХ – начальный адрес резидентной памяти данных, где размещаются принятые байты. При моделировании приема будем использовать два микроконтроллера МК-51, один из которых передает информацию в заданном режиме работы, а другой принимает.

Вывод: научиться использовать последовательный порт МК для различных применений, описать особенности работы последовательного порта МК в режиме, используемом в задании.

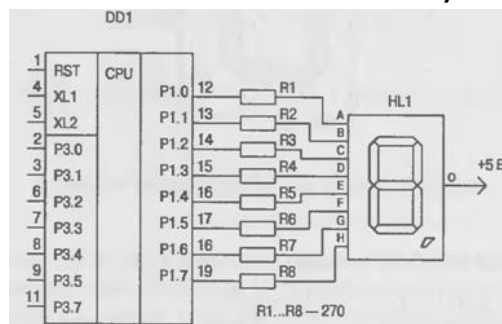
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.

### Отображение информации в системах с МК-51

**Цель работы:** научиться подключать к микроконтроллеру средства отображения информации для визуализации показаний.

Устройство состоит из семи светодиодов продолговатой формы, размещенных таким образом, чтобы, зажигая их в разных сочетаниях, можно было бы отобразить любую десятичную арабскую цифру от 0 до 9.

Для подключения семисегментного индикатора повышенной яркости применяют буферные элементы, например, регистры-защелки или преобразователь двоичного кода в код семисегментного индикатора. Программный вариант подключения одного индикатора используют все 8 линий порта. Необходимо программно задать таблицу включения цифровых кодов семисегментного индикатора, которая для схемы с общим анодом имеет следующий вид:

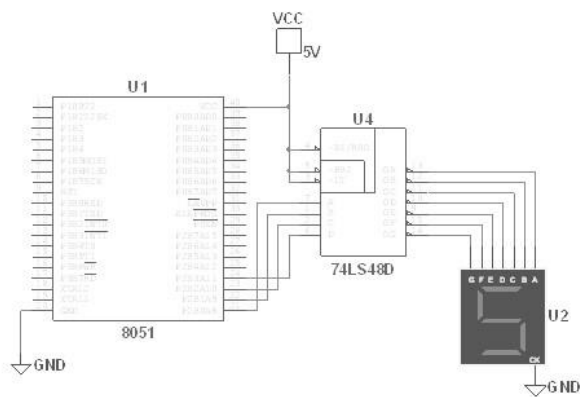


Подключение семисегментного индикатора с общим анодом

db ; символ  
11000000b «0»

db	; СИМВОЛ
11111001b	«1»
db	; СИМВОЛ
10100100b	«2»
db	; СИМВОЛ
10110000b	«3»
db	; СИМВОЛ
10011001b	«4»
db	; СИМВОЛ
10010010b	«5»
db	; СИМВОЛ
10000010b	«6»
db	; СИМВОЛ
11111000b	«7»

*Аппаратный вариант* Подключение светоиндикатора производится через преобразователь (дешифратор) двоичного кода в код семисегментного индикатора. При таком подключении используются всего 4 линии выходного порта.



Помещаем в окно программного файла отлаженный, например, в среде PRO View ассемблерный (или Си) программный код и сохраняем его. **Программный вариант.** Открываем и сохраняем новый схемный проект Circuit 5. Устанавливаем на рабочем поле МК-51 (создаем программный файл prog5.asm), семисегментный индикатор с общим анодом, 8 токоограничивающих резисторов по 270 Ом, землю и питание. Активируем закладку программного файла, щелкнув по ней ЛК



мыши либо выбрав программный файл в окне разработки. Затем помещаем в окно программного файла отлаженный, например, в среде PRO View ассемблерный (или Си) программный код и сохраняем его.

Приведем **код программы на ассемблере:**

```
$MOD51      ;подключение МК-51
org 20h      ;начинаем программу с адреса
             20h

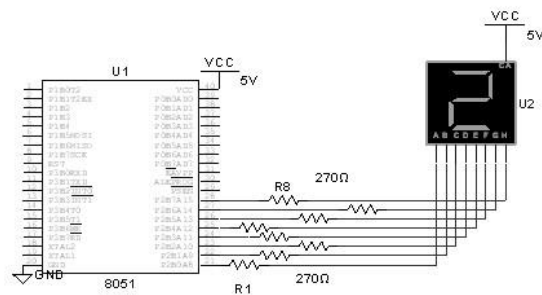
mov         ;загрузить в регистр r2 число 9
r2,#9
ind:
mov a, r2    ;загрузить аккумулятор
             операндом из регистра r2
mov         ;r3 – счетчик для реализации
r3,#255      временной задерж-
китmovdptr,#zg ;загрузка начала таблицы знакогенератора

movca,@a+dpтр;считывание кода цифры в АСС
ind1:
mov p2,a     ;вывод полученного кода в порт
             р2
nop         ;пустая операция
nop         ;пустая операция
djnz r3,ind1 ;организация цикла для
             устойчивого отображения
             каждой цифры
djnz r2,ind  ;переход к отображению
             следующей цифры
             (от 9 до 0)
org 0100h    ;таблица кодов расположена с
             адреса 100h

zg:         ;знакогенератор
db 11000000b ;символ «0»
db 11111001b ;символ «1»
db 10100100b ;символ «2»
db 10110000b ;символ «3»
db 10011001b ;символ «4»
db 10010010b ;символ «5»
```

```

db 10000010b ;символ «6»
db 11111000b ;символ «7» db 10000000b
;символ «8» db 10010000b ;символ «9»
END
  
```



Вывод: Научились подключать к микроконтроллеру средства отображения информации для визуализации показаний. Описали особенностей работы семисегментного индикатора, используемого в схеме.

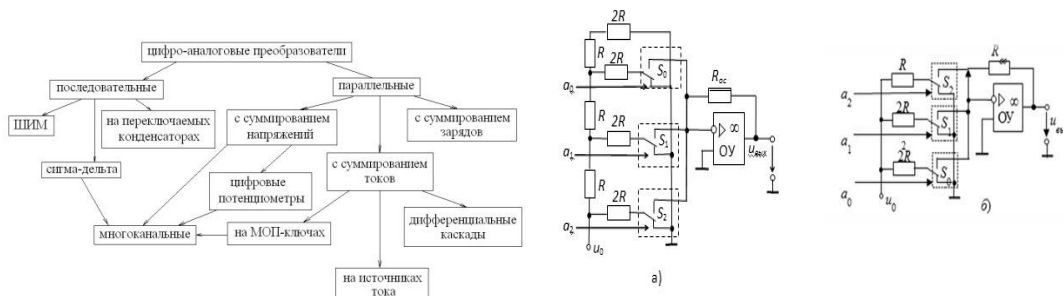
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.

### Изучение принципов работы цифроаналоговых преобразователей

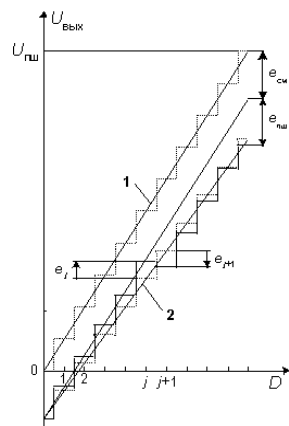
**Цель работы:** Ознакомление с особенностями работы интегрального цифроаналогового преобразователя.

### Общие сведения о цифроаналоговом преобразовании

*Устройство, осуществляющее автоматическое преобразование входных значений, представленных числовыми кодами, в эквивалентные им значения какой-нибудь физической величины (напряжения, тока и др.), называют цифроаналоговым преобразователем (ЦАП).*



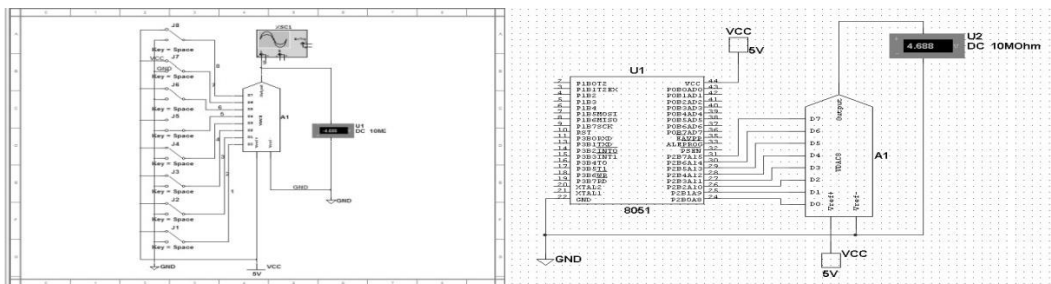
Напряжение на выходе ЦАП пропорционально «весу» присутствующего на входах кода, а максимальное значение имеет место, когда все разряды примут значение 1. **Абсолютная разрешающая способность** – среднее значение минимального изменения сигнала на выходе ЦАП, обусловленное увеличением или уменьшением его кода на единицу. **Абсолютное значение минимального кванта напряжения** определяется как предельным принимаемым числом  $2^n - 1$ , так и максимальным выходным напряжением ЦАП.



$$\delta_{\text{дл}} = \frac{\varepsilon_j + \varepsilon_{j+1}}{U_{\text{ПШ}}} \cdot 100\% \quad \delta_{\text{л}} = \frac{\varepsilon_j}{U_{\text{ПШ}}} \cdot 100\%.$$

Из **динамических параметров** наиболее важным параметром является **максимальная частота преобразования**  $f_{\text{max}}$  (десятки и сотни кГц) – наибольшая частота дискретизации, при которой параметры ЦАП соответствуют заданным значениям. Современные микросхемы ЦАП отличаются особенностями подключения (интерфейсом) к микроконтроллеру: параллельным (как в рассматриваемой ниже модели), так и последовательными стандартными интерфейсами типа I<sup>2</sup>C или SPI [9].

В схеме использован библиотечный виртуальный 8-разрядный цифроаналоговый преобразователь A1 (из группы элементов Mixed), на входы которого могут подаваться сформированные с помощью переключателей Л<sub>1</sub>, ..., Л<sub>8</sub> (группа Basic), соответствующие заданию двоичные коды.



```

unsigned char var[3];
//массив входных значений (согласно варианту задания);

P2=0x00; // настройка порта P2 на выход; for(i=0;i<10;i++) // затем
выводим код в цикле в порт P2;

{
P2 = var [ i]; //преобразование переменной в аналого-

```

вое значение;

```
for(j=0;j<100;j++)  
//временная задержка для устойчивого измерения результата; continue;  
}  
while(1);
```

Параметры	Варианты задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коды	8	19	13	28	39	47	1	30	55	59
	36	101	99	125	88	165	100	145	155	144
	107	205	243	222	167	250	200	244	198	217
Порт подключения	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1

**Вывод:** Ознакомились с особенностями работы интегрального цифроаналогового преобразователя и его основным и техническими характеристиками.

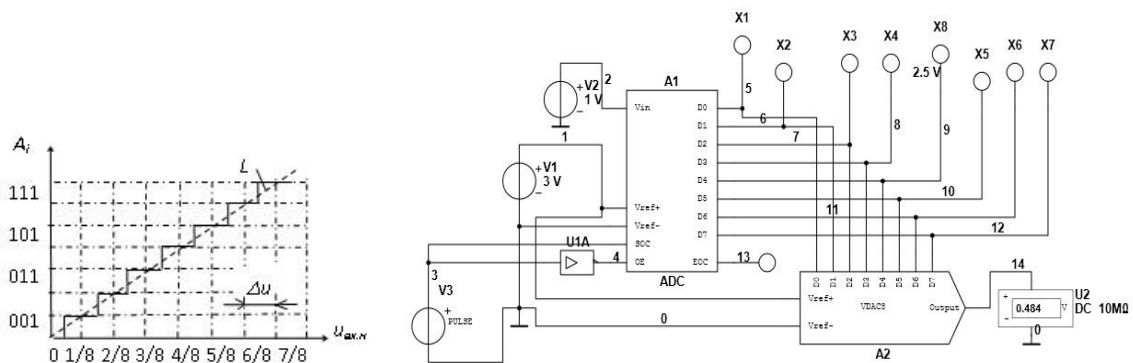
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.

### Изучение принципов работы аналого-цифровых преобразователей

**Цель работы:** изучение основ работы аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и исследование особенностей их функционирования на примере виртуального 8-разрядного АЦП, представленного в базе данных Multisim.

### ***Принципы преобразования непрерывных сигналов в цифровые коды***

*Аналого-цифровой преобразователь (Analog-to-digital converter, ADC) – это устройство, которое принимает входные аналоговые сигналы и генерирует соответствующие им цифровые сигналы, пригодные для обработки микропроцессорами и другими цифровыми устройствами*



Обозначение	Вход / ВЫХОД	Назначение

$V_{in}$	I	Аналоговое входное напряжение
$V_{ref+}$	I	Опорное напряжение (+)
$V_{ref-}$	I	Опорное напряжение (-)
D0- D7	O	Цифровые выходы
SOC	I	Начать преобразование
EOC	O	Конец преобразований
OE	I	Разрешение цифрового вывода

1. Для источников  $V_1$  и  $V_2$  устанавливаются соответствующие заданию (табл. 2.19) значения опорного напряжения, например,  $V_1 = +2,5$  В,  $V_2 = -2,5$  В.
2. Поочередно на вход  $V_{in}$  АЦП подается 10 различных напряжений из диапазона изменения опорного напряжения  $V_{ref}$ , например,  $U_{вх} = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,4; -0,5; -1,0; -2,0$  В (используется источник входного напряжения  $V_3$ ).
3. Для каждого значения входного напряжения  $V_{in}$  запускается программа моделирования. Выходной код, определяемый по свечению пробников  $X_7, \dots, X_0$ , и значения напряжения  $U_{вых}$  (ЦАП) выхода ЦАП, измеряемые вольтметром  $U_1$ , заносятся в поля таблицы вида 2.18.
4. Для 8-разрядного АЦП по значению входного напряжения  $U_{вх}$  можно определить значение выходного кода –  $D_{(10)расч}$  по формуле:

$$D_{(10)расч} = 256 U_{вх} / (V_1 + \dots + V_2), \quad (2.7.1)$$

5. Производятся необходимые расчеты для заполнения всех столбцов табл. 2.18. Если значения опорного напряжения разнополярные, то код, определяемый по свечению пробников, является инверсным. При этом, если полученное значение кода больше 128, то результат положительный, а если меньше – отрицательный. Десятичные

инверсные сигналы  $D_{(10)инв}$  преобразуются в прямые  $D_{(10)}$  по выражению:

$$D_{(10)} = D_{(10)инв} \cdot 128. \quad (2.7.2)$$

6. Рассчитываются погрешности измерения напряжения по выражению:

$$\Delta U\% = 100(U_{вых(ЦАП)} \cdot U_{вх}) / U_{вх}.$$

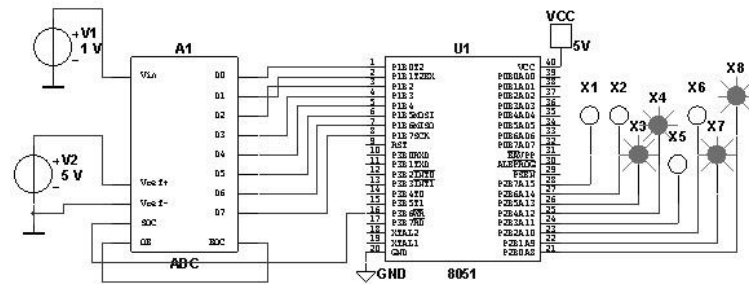
Сначала различные по физической природе величины преобразуются в функционально связанные с ними электрические величины, а затем уже с помощью преобразователей напряжение-код – в цифровые. Аналого-цифровое преобразование непрерывных сигналов, которое реализуют с помощью АЦП, представляет собой преобразование непрерывной функции времени  $U(t)$ , описывающей исходный сигнал, в последовательность чисел  $\{U_k(t_j)\}$ ,  $j = 0, 1, 2, \dots, U_k = 0, 1, 2, \dots, N-1$ , отнесенных к некоторым фиксированным моментам времени. Такое преобразование состоит из двух независимых процедур.

Первая из них называется **дискретизацией** состоит в преобразовании непрерывной функции времени  $U(t)$  в непрерывную последовательность отсчетов  $\{U(t_j)\}$ . Вторая называется **квантованием** и состоит в преобразовании непрерывной по значению последовательности отсчетов  $\{U(t_j)\}$  в дискретную  $\{U_k(t_j)\}$ , где  $U_k = 0, 1, 2, \dots, N-1$ .

$$U(t) \cdot a_{f_{jk}}(t)$$

$U_{вх},$ В	$U_{вых(ЦАП)},$ В	$D_{(2)}$	$D_{(16)}$	$D_{(10).инв}$	$D_{(10)}$	$D_{(10)расч}$	$\Delta U,$ %
0,1	0,09375	10000100	84	132	4	4,27	6,25
0,5	0,5156	10010101	95	149	21	21,33	3,12
1,0	0,9644	10101010	AA	170	42	42,67	3,56
2,0	2,017	11010101	D5	213	85	85,34	0,85
2,5	2,484	11101010	EA	234	106	106,67	0,64
2,9	2,906	11111011	FB	251	123	123,74	0,21
- 1,0	-0,9844	01010101	55	85	-43	-42,67	3,56





**Рис. 2.61. Схема подключения МК-51 к АЦП**

Активируем вкладку программного файла main.c и вставим следующий программный код:

```
#include<8051.h> //подключаем заголовочный файл
voidmain ()
{
unsignedcharval; //переменная содержит цифровой код, отвечающий
Uvx

P1=0xFF; //инициализируем
P1 на вход
P2=0x00; //инициализируем
P2 на выход
P36=0; //P3.6 – выход

P36=1; //начать
преобразования
val=P1; //P1 содержит
цифровой код
P2=val; //включаем
пробники
while (1); //бесконечный цикл
}
```

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разрядность АЦП	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16
<b>Eref1</b>	+2,5	+5	+4	+5	+3	+2,5	+2	+5	+5	+4
<b>Eref2</b>	-2,5	0	-1	0	-2	-2,5	-2	0	0	-1

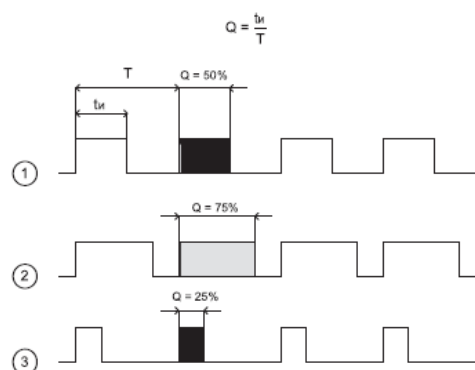
Вывод: Изучили основы работы аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и исследование особенностей их функционирования на примере виртуального 8-разрядного АЦП, представленного в базе данных Multisim.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8.

### Исследование широтно-импульсной модуляции, реализованной микроконтроллером МК-52

Цель работы: получить широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) с требуемыми параметрами при помощи таймера T/C2, входящего в состав микроконтроллера МК-52

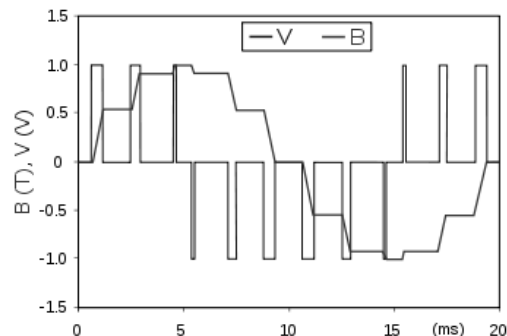
Сквозность импульсов на рис. 2.62–3 уменьшается до 25 %, в результате чего среднее значение напряжения за период уменьшается до 3 В, что способствует замедлению скорости вращения



Основное преимущество использования ШИМ – малые потери мощности в исполнительном устройстве

ШИМ удобно использовать и при управлении релейными устройствами, в силу специфики их работы (включения/выключения), для них можно легко установить нужный рабочий цикл

Пример применения ШИМ в двигателе переменного тока показан на рис. 2.63. Линейное напряжение модулируется в виде серии импульсов, что приводит к появлению синусоидальной составляющей (огibaющая) в магнитной цепи двигателя.



Покажем реализацию ШИМ на основе дополнительного (по сравнению с МК-51) таймера 2, встроенного в МК 8052. На одном из выводов МК формируется последовательность импульсов с постоянным периодом, равным периоду работы счетчика временной базы (в лабораторной работе таймер 2), а скважность зависит от переменной, определяющей длительность импульса 2.8.1.2. Особенности организации микроконтроллера МК-52.

МК-52 имеет дополнительный по сравнению с МК-51 встроенный таймер T/C2, который включает ряд особенностей и дополнительных возможностей по сравнению с таймерами T/C0 и T/C1 в классических МК-51. Таймер T/C2 управляется группой специальных регистров, ниже в скобках указываются адреса регистров в пространстве SFR

T2CON							
TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
7	6	5	4	3	2	1	0

TF2 – бит переполнения таймера 2. При разрешении прерывания от таймера 2, установка этого бита вызывает прерывание, программаобработчик которого должна располагаться по адресу 02Bh в пространстве кодов

EXF2 – устанавливается в 1 при возникновении переполнения таймера 2 или, если сигнал на выводе T2EX (P1.1) переходит из высокого в

низкий уровень (перепад 1–0). Перепад сигнала фиксируется только при установленном бите EXEN2.

RCLK – если данный бит установлен (равен 1), то таймер 2 используется в качестве генератора синхронизации последовательного порта при приеме данных. Если бит равен 0, то для синхронизации используется таймер 1.

TCLK – если данный бит установлен (равен 1), то таймер 2 используется в качестве генератора синхронизации последовательного порта при передаче данных. Если бит равен 0, то для синхронизации используется таймер 1.

EXEN2 – при установленном бите перепад сигнала из высокого в низкий уровень на выводе T2EX (P1.1) инициирует режим захвата или вызывает переполнение таймера 2. TR2 – установка этого бита в 1 разрешает работу таймера 2. Установка бита в 0 останавливает работу таймера 2

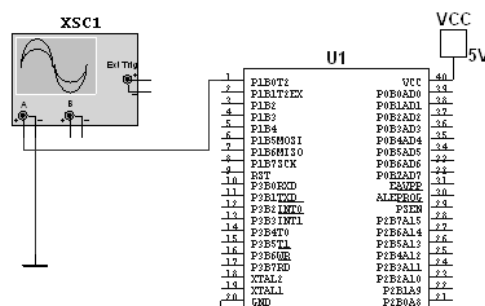
C/T2 – при нулевом значении бита таймер 2 функционирует в режиме интервального таймера. Если данный бит установлен (равен 1), то таймер 2 инкрементируется каждый раз при перепаде сигнала из 1 в 0 на выводе T2 (P1.0) МК-52.

CP/RL2 – при нулевом значении этого бита переполнение таймера 2 возникает при работе в режиме автоперезагрузки или при перепаде сигнала 1–0 на выводе T2EX (бит EXEN2 должен быть установлен). Если данный бит установлен (равен 1), то таймер 2 работает в режиме захвата при возникновении перепада 1–0 на выводе T2EX (бит EXEN2 должен быть установлен).

Режим задающего генератора.

Если таймер T2 используется для управления работы последовательного порта, то скорость работы последовательного порта определяется формулой:  $Скорость = F_{osc} / [32 * ((65536 - (RCAP2H.RCAP2L)))]$ . (2.8.1) Значение регистров RCAP2H.RCAP2L для нужной скорости обмена можно получить по формуле:  $RCAP2H.RCAP2L = 65536 - F_{osc} / (32 * скорость)$ . (2.8.2) Таймер 2 имеет вектор прерывания, расположенный по адресу 02Bh. В регистре разрешения прерывания IE МК семейства MCS-51 [1] добавлен бит IT2 (IE.5), отвечающий за прерывания T/C2.

### 2.8.2. Ход выполнения лабораторной работы



1. Период следования импульсов –  $T$  (с) определяется содержимым регистров  $RCAP2H$  и  $RCAP2L$ . Для вычисления необходимых значений используются следующие выражения:  $F_{osc} / 12 = C$  (Гц) – частота следования машинного цикла МК;  $T$  (с) =  $(65536 - R) / C$ , (2.8.3) где  $R$  – значение величины перезагрузки, заносимое в регистры  $RCAP2H$  и  $RCAP2L$  (старшая и младшая часть соответственно). Отсюда получаем:  $R = 65536 - C * T$ , полученное значение следует округлить до ближайшего целого и перевести в шестнадцатеричную систему. Скважность определяется по формуле:  $Q = t / T$ , где  $t$  – длительность импульса (время высокого уровня), Скважность не зависит от частоты сигнала. В программе скважность регулируется переменной  $tmpCnt$  и может быть определена следующим образом:  $Q = tmpCnt / (65536 - R)$ . (2.8.4) В приводимом примере используются нулевые значения перезагрузки регистров  $RCAP2H$ ,  $RCAP2L$ . При частоте кварца 11,059 МГц период переключения таймера 2 согласно (2.8.3) равен 71 мс. Чтобы уменьшить значение периода переключения ШИМ, необходимо увеличить содержимое регистров  $RCAP2H$ ,  $RCAP2L$ . Например, для реализации периода переключения в 50 мс требуется инициализировать  $RCAP2H$ ,  $RCAP2L$  значением 4925h. Рассмотрим программу управления ШИМ, написанную на С.

```
#include<8052.H>
//подключаем заголовочный файл для МК 8052 #define _imkstr_(x)#x
//макрос задания обработчика прерывания T/C2 для компилятора
Multisim10 #defineROM_VECTOR (TIMER2, t2int_handler) asm("global_"
_imkstr_(t2int_handler)); asm("psectvectors, ovrl"); asm("org"
_imkstr_(TIMER2)); asm("ljmp_" _imkstr_(t2int_handler));
asm("psecttext") unsignedintcnt; //переменная цикла unsignedinttmpCnt;
//переменная, определяющая скважность
bank2 //сменабанка P0H приработеподпрограммыпрерываний
//ФункцияобработчикапрерыванияТаймера 2 interrupt void
t2int_handler(void) { TF2 = 0; //очисткафлагапереполнениятаймера 2 cnt
= tmpCnt; //переменнаяtmpCntзадается в main P10 = 1; //вкл while
(cnt != 0)cnt--; P10 = 0; //выкл } void main() //головнаяпрограмма
{ tmpCnt = 4000; //устанавливаемскважностьимпульсов
ROM_VECTOR(TIMER2, t2int_handler); //задаемобработчикпрерываний
```

```
P1 = 0xFE; //настраиваем бит P1.0 на вывод RCAP2H = 0x0;  
//старший бит регистра задающего частоту сигнала RCAP2L = 0x0;  
//младший бит регистра задающего частоту сигнала  
//Задаем режим работы таймера 2 на автоперезагрузку T2CON &= 0xFC;  
ET2 = 1; //разрешаем прерывания от T/C2 EA = 1;  
//разрешаем глобальные прерывания T2CON |= 0x4; //запускаем таймер  
while (1); }
```

### 2.8.3. Задания для лабораторной работы

1. При заданной согласно варианту задания (табл. 2.20) тактовой частоте работы МК – F (МГц) настроить микроконтроллер на режим автоперезагрузки, рассчитать значения RCAP2H, RCAP2L для получения требуемого периода следования импульсов – T (с) и реализовать на выводе P1.0 ШИМ с заданной скважностью Q %, вычисляя необходимое значение переменной tmpCnt согласно формуле (2.8.4). Вывести на осциллограф полученную на выводе P1.0 последовательность импульсов.

Вывод: Получил широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) с требуемыми параметрами при помощи таймера T/C2, входящего в состав микроконтроллера МК-52.