

2.3. Лабораторная работа № 3.

Организация заданных интервалов времени

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

2.3.1. Основы настройки и использования таймеров МК-51

В состав МК-51 входят два 16-разрядных таймера/счетчика T/C0, T/C1. Состояние таймеров/счетчиков отображается в программируемых регистрах (TH0, TL0), (TH1, TL1), которые размещены в пространстве SFR по адресам (8Ch, 8Ah), (8Dh, 8Bh).

Таймеры/счетчики T/C0 и T/C1 могут быть запрограммированы для работы либо в качестве таймера, либо в качестве счетчика. Функция таймера состоит в счете числа машинных циклов, следующих с частотой $F_{OSC}/12$. Функция счетчика заключается в отслеживании числа переходов из 1 в 0 на соответствующих входах T0, T1.

Управление режимами работы устройств T/C0, T/C1 осуществляется регистром TMOD (Timer/Counter Mode), который расположен по адресу 89h, к нему возможно обращение только байтом данных (рис. 2.29).

7	6	5	4	3	2	1	0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Рис. 2.29. Структура регистра TMOD

Регистр разбит на два 4-разрядных подрегистра T0MOD и T1MOD, которые ответственны за управление T/C0 (биты 0–3) и T/C1 (биты 4–7):

TMOD.0 – M0. Младший бит поля управления режимом T/C0.

TMOD.1 – M1. Старший бит поля управления режимом T/C0.

При этом режим таймера T/C0 программируется в соответствии со значениями M0 и M1 следующим образом:

M0	M1	Режим	M0	M1	Режим
0	0	0	0	1	2
1	0	1	1	1	3

TMOD.2 – C/T. Выбор функции таймера или счетчика T/C0.

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

TMOD.3 – GATE. Флажок управления работой CT0. 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 T/C1.

TMOD.5 – M1. То же, но для T/C1.

TMOD.6 – C/T. То же, но для T/C1.

TMOD.7 – GATE. То же, но для T/C1.

За управление таймерами T/C0, T/C1 также ответственен регистр TCON (Timer/Counter Control), расположенный по адресу 88h, который может управляться побитно (рис. 2.30).

F1	R1	F0	R0	E1	T1	E0	T0
----	----	----	----	----	----	----	----

Рис. 2.30. Структура регистра TCON

Младшая половина регистра используется для управления входами запроса на прерывания INT0 и INT1, старшая – для управления непосредственно таймерами T/C0, T/C1:

TCON.0 – IT0. Управление типом входа запроса на прерывание INT0. При IT0 = 1 программируется динамический по срезу тип входа, в противном случае – статический.

TCON.1 – IE0. Флажок запроса прерывания INT0 при динамическом входе. При подтверждении прерывания сбрасывается.

TCON.2 – IT1. То же, что и IT0, но для входа INT1.

TCON.3 – IE1. То же, что и IE0, но для INT1.

TCON.4 – TR0. Флажок программного запуска/останова T/C0.

TCON.5 – TF0. Флажок переполнения T/C0, который вызывает запрос прерывания. При подтверждении прерывания сбрасывается.

TCON.6 – TR1. То же, что и TR0, но для T/C1.

TCON.7 – TF1. То же, что и TF0, но для T/C1.

МК-51 имеет четыре режима работы встроенных таймеров, определяемые установкой соответствующих битов регистра TMOD. Режимы работы таймеров 0, 1, 2 совпадают для обоих таймеров. Установка в режим 3 таймера-счетчика T/C0 влияет на режим работы T/C1.

Рассмотрим режимы работы таймеров-счетчиков.

Режим 0

Таймеры / счетчики являются устройствами на базе 13-разрядных регистров, образованных соответствующими регистрами THx (x равно 0 или 1) и 5-ю младшими разрядами регистров TLx (три старших разряда TL0 и TL1 являются незначащими). Регистры TLx выполняют в таймерах функцию делителя на 32. Таймеры начинают считать при установке бита TRx регистра TCON в состояние «1». Установка в «1» бита GATEx регистра TMOD разрешает управление таймерами/счетчиками извне (по входам INT0, INT1). Установка в «0» бита TRx регистра TCON запрещает счет независимо от состояния других битов. Бит C/Tx определяет работу T/C как таймеров («0»), так и счетчиков («1»).

Режим 1

Данный режим отличается от предыдущего только тем, что в счетчике используется 16-разрядный, а не 13-разрядный регистр.

Режим 2

В этом режиме используются 8-разрядные регистры TL0 (в T/C0) и TL1 (в T/C1). При переполнении этих регистров в процессе счета происходит перезагрузка их значением, заданным, регистрами TH0 или TH1. Регистры TH0 (TH1) загружаются программно, и процесс перезагрузки их содержимого в TL0 (TL1) не изменяет их значение.

Режим 3

В этом режиме работает только T/C0. Счетчик T/C1 заблокирован и сохраняет содержимое своих регистров TL1 и TH1 (как при TR1 = 0). Счетчик T/C0 представлен двумя независимыми 8-разрядными регистрами TH0 и TL0. Устройство на базе TH0 может работать только как таймер и использует некоторые управляющие биты и флаги T/C1, например, при переполнении TH0 происходит установка TF1, а для включения используется бит TR1. Остальные управляющие биты счетчика T/C1 с работой таймера TH0 не связаны. Установка T/C0 в режим работы 3 приводит к лищению T/C1 управляющего бита TR1. По этой причине при настройке устройства T/C0 в 3 режим, устройство T/C1, работающее в режимах 0, 1, 2 и при GATE1 = 0, всегда включено. При переполнении в режимах 0 и 1 таймер T/C1 обнуляется, а во 2-м режиме – перезагружается, не устанавливая флаг TR1. Этот режим работы T/C0 может быть использо-

ван в тех случаях, когда практически требуется работа трех независимых каналов счета.

Счетчики/таймеры T/C0, T/C1 являются внутренними источниками прерываний и используют для выработки запросов прерываний флаги переполнения TF0, TF1, представленные в регистре управления TCON. Обработка прерываний (вектора прерывания) для T/C0 и T/C1 начинается с адресов 000Bh и 001Bh соответственно.

2.3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

Рассмотрим для примера следующую задачу: требуется подключить светодиоды к линиям одного из портов (P0–P3) и обеспечить их попеременное зажигание в течение заданного интервала времени. При выполнении работы проведем измерение электрических параметров светодиодов при помощи мультиметра.

Создаем схемный проект Circuit 3, размещаем на рабочем поле микроконтроллер MK-51, 8 резисторов по 270 Ом (для организации необходимого для зажигания диодов тока), 8 светодиодов, землю и питание. Можно для подключения реализовать шину Bus1. Подсоединяем 8 светодиодов к линиям порта P1 MK-51 и будем по очереди поддерживать каждый из них во включенном состоянии в течение 10 с, а затем выключать (рис. 2.31).

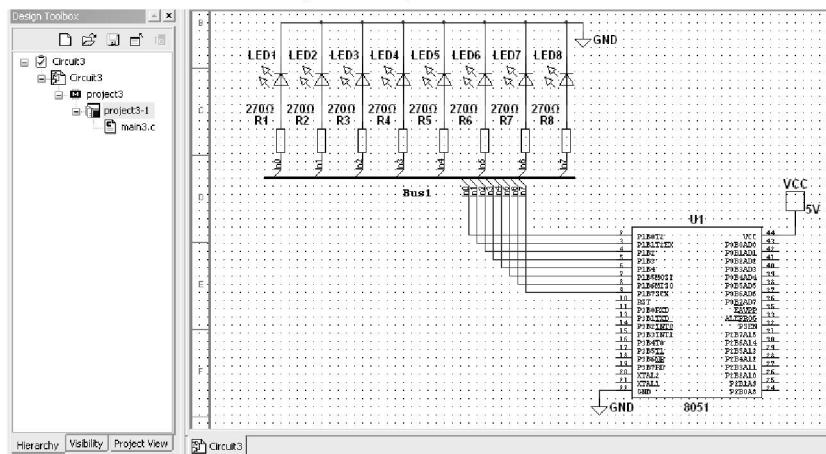


Рис. 2.31. Схема для проведения лабораторной работы № 3

В свойствах диода на вкладке Value в поле On Current (Ion) необходимо указать действующее значение тока 0,1 мА (рис. 2.32).

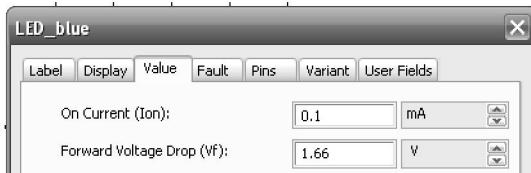


Рис. 2.32. Свойства диода, вкладка Value

Рассмотрим *ассемблерный файл программы*.

Используем первый режим работы Т/С0, настроим его на счет машинных циклов (режим таймера) и организуем прерывание устройства на частоте кварца 12 Мгц через каждые 50 мс (инкремент самого таймера будет происходить каждую микросекунду). Для этого таймер должен считать до 50000, переходить в режим прерывания и обнуляться.

```
$MOD51          ;подключение MK-51
jmp start       ;переход на метку start
org 0bh         ;подпрограмма прерывания по переполнению
                ;таймера T0
clr tcon.4      ;запрещаем счет таймера
reti            ;команда возврата из прерывания
org 20h
start:          ;основная программа
clr c           ;сброс переноса
mov tmod,#01h   ;настройка Т/С0 на работу в первом режиме
                ;в качестве таймера
setb ie.7        ;общее разрешение прерывания
setb ie.1        ;разрешаем прерывание по таймеру Т/С0
mov p1,#0h        ;настраиваем порт P1 на вывод 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, next ;ждем флаг переполнения TF0
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
jnc met
;если не carry (не 8 диодов горит), идем на мет
clr c            ;сброс переноса
jmp met1         ;бесконечный цикл
end

```

Рассмотрим программный код на C, изменяя условия работы светодиодов.

Допустим, каждый диод горит по 40 с, затем после попеременного включения 8 диодов идет пауза в 20 с.

Программный код включает основную программу и подпрограмму msec, в которой реализуется получение периода времени 10 мс. Параметром подпрограммы msec является коэффициент деления требуемого временного интервала на 10 мс.

```

#include <8051.h>
//подпрограмма получения требуемого временного интервала; x – ко-
//эффициент деления временного интервала на 10 мс
void msec (int x)
{
while(x-- >0)          //декремент x, до тех пор, пока x > 0
{
TH0 = (-10000)>>8    //настройка TH0 на значение старшего
                      //байта (-10000)
TL0 = -10000;           //настройка TL0 на значение младшего
                      //байта (-10000)
TR0 = 1;                //включить таймер
do; while(TF0==0);      //ожидание 10 мс
TF0=0;                  //очистить флаг переполнения
TR0=0;                  //выключить таймер

```

```

}
}

void main()           //основная программа
{
int i;
unsigned char array[9];
TMOD=0x1;           //настройка ТС0 на первый режим работы
array[0]=0x0;         //значение массива для паузы
//значения массива для поочередного зажигания восьми диодов
array[1]=0x1;
array[2]=0x2;
array[3]=0x4;
array[4]=0x8;
array[5]=0x10;
array[6]=0x20;
array[7]=0x40;
array[8]=0x80;
//организовать паузу 20 мс
P1=array[0];
msec(2);
for (i=1; i<9; i++)    //организовать цикл от 1 до 8
{
P1=array[i];          //поочередно включать диоды
msec(4);              //удерживать свечение по 40 мс
}
while (1);
}

```

Рассмотрим включение в исследуемую схему мультиметра. Подключим прибор к линиям порта P1. Для этого выбираем на поле измерительных приборов иконку мультиметра и устанавливаем на рабочую область. 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. 2.33).

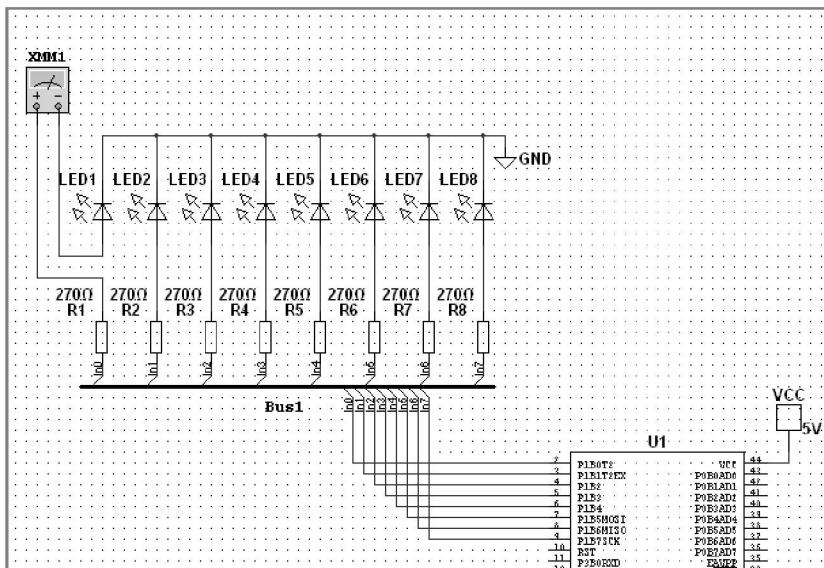


Рис. 2.33. Пример подключения мультиметра к схеме для измерения тока

С помощью мультиметра можно измерять токи, напряжения, сопротивления электронных компонентов – в полной аналогии с реальным физическим прибором, у которого на лицевой панели тоже есть такие переключатели (рис. 2.34).



Рис. 2.34. Передняя панель мультиметра

Передняя панель мультиметра содержит еще один переключатель – режим измерения помех в децибелах, а также кнопки для переключения измерений по постоянному и переменному току.

Кнопка **Set...** на панели позволяет отобразить параметры мультиметра как прибора в отдельном окне (рис. 2.35).

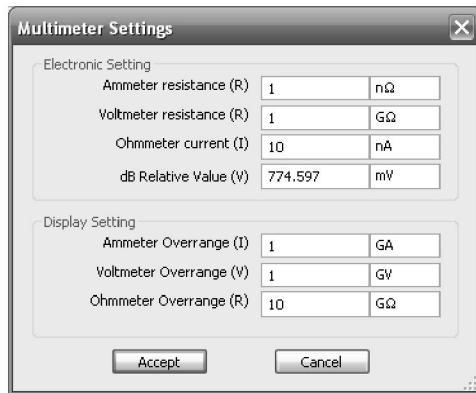


Рис. 2.35. Окно параметров мультиметра

В окне свойств прибора можно видеть следующее:

- в группе Electronic Setting показано, что он имеет внутреннее сопротивление, равное 1нОм, если он измеряет электрический ток, имеет внутреннее сопротивление 1 ГОм, если измеряет напряжение, и для измерения сопротивления прибор формирует ток 10 нА через подключенный элемент схемы, который затем используется для вычисления сопротивления;
- в группе Display Setting приводятся значения, определяющие условия индикации ошибки при измерении. Так, если, например, измеряемое напряжение превысит значение Voltmeter Over range, то программой выдается сообщение об ошибке (рис. 2.36).



Рис. 2.36. Сообщение об ошибке на передней панели мультиметра

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.

При запуске режима моделирования МК начинает выполнять программу, а на экране мультиметра появятся значения измеряемого тока или напряжения (рис. 2.37).

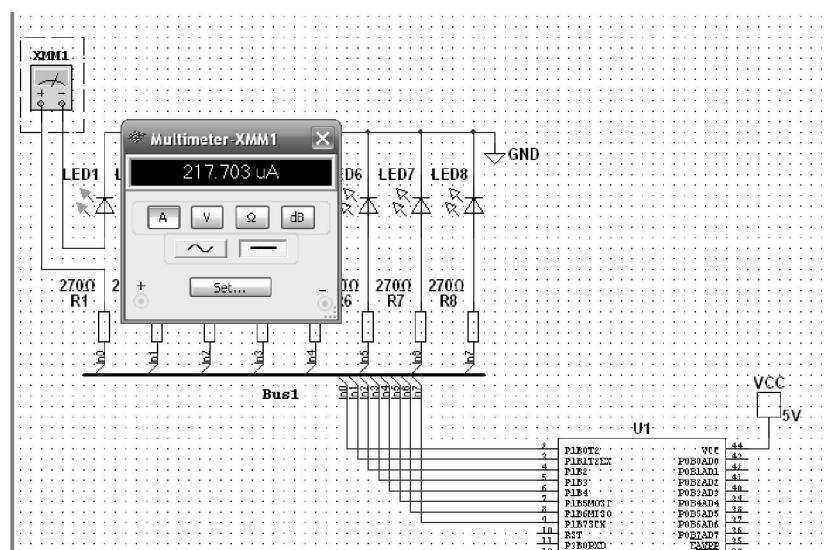


Рис. 2.37. Показания мультиметра при зажигании первого светодиода

2.3.3. Задания для лабораторной работы

Требуется подключить светодиод к одной из линии порта P_{X.Y} (X – номер порта, Y – номер вывода порта) и обеспечить загорание светодиода в течение S с, затем выключение светодиода в течение K с; организовать попеременное включение/выключение светодиода в течение T мин. Произвести подключение мультиметра к светодиоду и измерить его ток и/или напряжение во время работы. Варианты заданий приведены в табл. 2.11.

Таблица 2.11

Варианты заданий

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P _{X.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

2.3.4. Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Описание схемных особенностей линии порта МК, используемой для подключения светодиода и мультиметра, применяемого в эксперименте, с его краткими характеристиками.
3. Описание особенностей программирования таймера МК, используемого для реализации временного интервала.
4. Копия схемного файла во время моделирования с указанием позиционных обозначений элементов.
5. Копия программного файла (на ассемблере или на С) с подробными комментариями.
6. Полученные результаты и выводы по работе.

2.3.5. Вопросы для самоконтроля

1. Поясните, каким образом в базовой версии МК-51 можно организовать работу трех независимых таймеров?
2. Чем отличается работа таймера МК 51 от работы счетчика?
3. Поясните назначение разрядов регистра TMOD.
4. Как организовать включение таймеров/счетчиков, зависящее от появления определенного внешнего события?
5. Какие значения сопротивления нагрузки должны иметь измерительные приборы (вольтметры, амперметры), чтобы не искажать измеряемые величины напряжения и тока?
6. В чем отличие программно-управляемого режима работы таймера от режима работы по прерываниям?
7. Поясните назначение битов регистра TCON.
8. Поясните понятие вектора прерывания. Какие вектора прерывания имеют TC0 и TC1?
9. Поясните назначение регистра IE – маски прерываний.
10. Можно ли изменить приоритет прерывания источников запроса? Какие приоритеты (по умолчанию) имеют TC0 и TC1?