

Практическая работа №4

Организация заданных интервалов времени

Цель работы: изучить принципы работы встроенных таймеров МК MCS-51.

1. Таймеры

Для синхронизации в МК используется внутренний генератор, работой которого управляет кварцевый резонатор, подключенный к внешним выводам микроконтроллера. Устройство управления (CU) на основе сигналов синхронизации формирует машинный цикл фиксированной длительности, равной 12 периодам резонатора. Большинство команд микроконтроллера выполняется за один машинный цикл. Некоторые команды, оперирующие с 2-байтными словами или связанные с обращением к внешней памяти, выполняются за два машинных цикла. Только команды деления и умножения требуют четырех машинных циклов.

В состав МК 8051 входят два 16-разрядных таймера/счетчика T/C0, T/C1. Состояние таймеров/счетчиков отображается в программно-доступных 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 $F_{OSC}/12$, т.е. через каждые 12 периодов колебаний кварцевого резонатора. 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. Структура этого регистра приведена на рис. 1.

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

Рис. 1. 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.

TMOD.2 – C/T. Выбор функции таймера или счетчика T/C0. При C/T = 0 выбирается функция таймера, иначе – счетчика.

TMOD.3 – GATE. Флаг управления работой СТ0. При GATE = 1 работа разрешается, если вход INT0 = 1 и бит TR0 = 1. 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.

При этом режим таймера T/C0 программируется в соответствии со значениями M0 и M1 как показано в табл. 1.

Таблица 1

Программирование режима таймера

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

За управление таймерами T/C0, T/C1 также ответственен регистр TCON (Timer/Counter Control), расположенный по адресу 88h, который может управляться побитно. Структура регистра TCON приведена на рис. 2.

7	6	5	4	3	2	1	0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Рис. 2. 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. Бит управления типом прерывания INT0. При IT0 = 1 программируется динамический по срезу тип входа, в противном случае – статический.

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

TCON.2 – IT1. Бит управления типом прерывания INT1.

TCON.3 – IE1. Флаг запроса прерывания INT1.

TCON.4 – TR0. Бит управления таймера 0.

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

TCON.6 – Бит управления таймера 1. Устанавливается, / сбрасывается программой для пуска/останова T/C.

TCON.7 – Флаг переполнения T/C1. Устанавливается аппаратно при переполнении T/C. Сбрасывается при обслуживании прерывания аппаратно.

МК 8051 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.

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 лишению 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 использован 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. Пример использования таймера

На рис. 3 приведена схема МПС на МК 8051, реализованная в программе Multisim. Схема содержит 8 светодиодов, подключенных к порту P1 МК, и обеспечивает их попеременное включение. Каждый из светодиодов находится во включенном состоянии в течение 1 с, затем выключается и включается следующий светодиод.

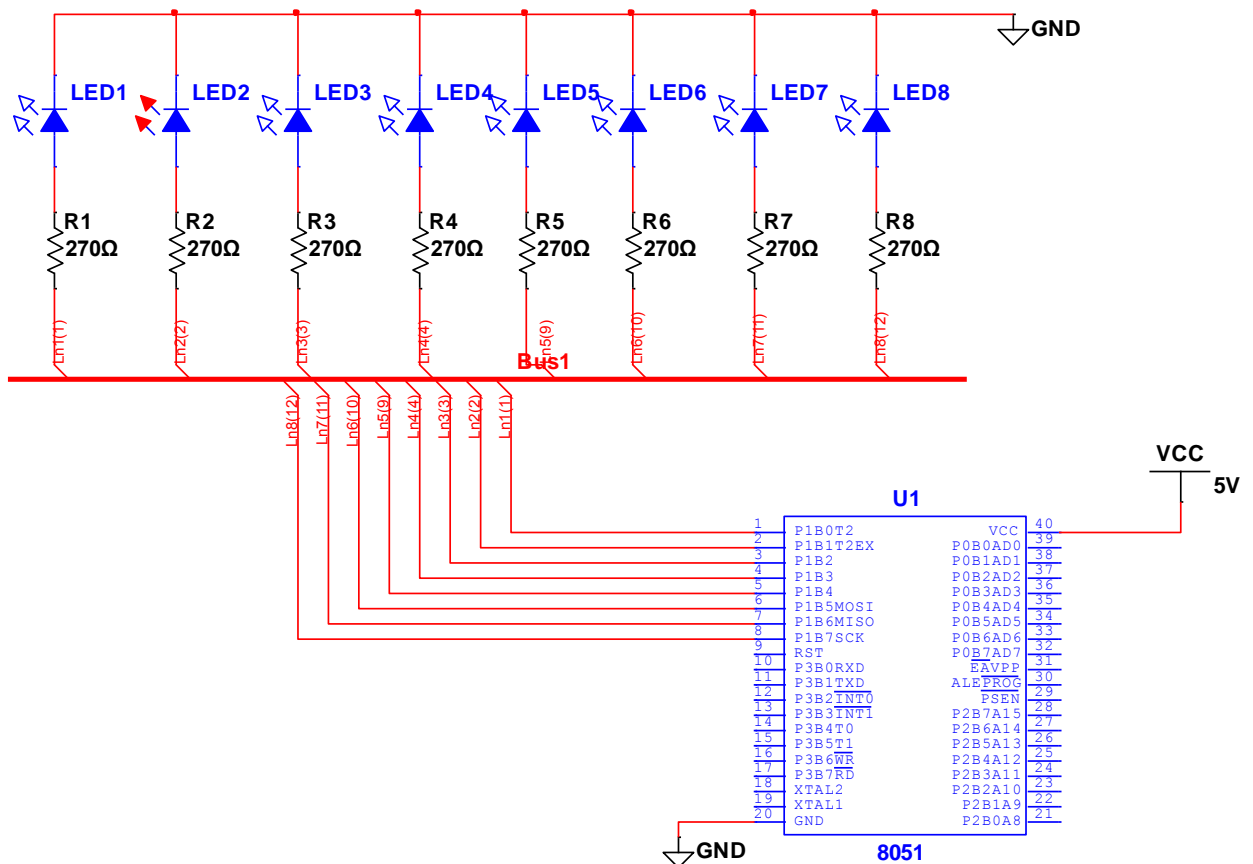


Рис. 3. Схема МПС

Действующее значение тока для всех светодиодов установлено равным 0,1 мА (рис. 4).

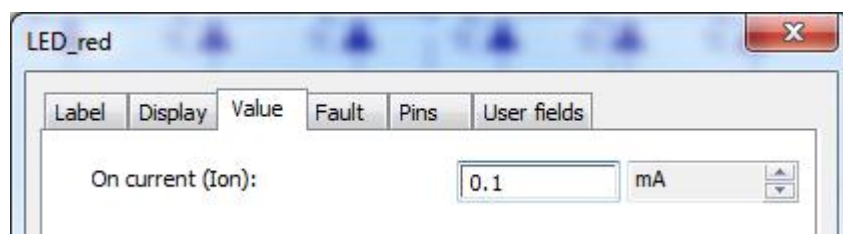


Рис. 4. Выбор значения тока для светодиодов

В данном примере используется T/C0, настроенный на режим таймера, и первый режим работы. При этом прерывание устройства происходят

каждые 50 мс (на частоте кварца 12 МГц). Таймер осуществляет увеличение значения на единицу каждую микросекунду. Когда таймер досчитает до 50000, переходит в режим прерывания и обнуляется.

Программа на ассемблере реализующая работу данного приложения приведена ниже.

```
$MOD51 ; This includes 8051 definitions for the
Metalink assembler
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 T/C0 на работу в первом режиме
в качестве таймера
setb ie.7 ;общее разрешение прерывания
setb ie.1 ;разрешаем прерывание по таймеру T/C0
mov p1,#0h ;настраиваем порт P1 на вывод информации

met1:
mov a,#01h ;заносим в аккумулятор значение 1h (для
включения диода LED1)
mov r0,#14h ;r0 - счетчик цикла
;заносим число 20 в регистр r0 (20 раз по 50 мс, чтобы
было 1с)
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 20 раз (1 с)
rlc a ;по истечении 1 с сдвигаем содержимое
Асс и включаем следующий диод

mov r0,#14h ;снова загружаем счетчик цикла r0
```

```

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

clr c          ;сброс переноса
jmp met1 ;бесконечный цикл
END

```

В следующем примере приведен код на С, который обеспечивает последовательное включение каждого диода на 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 времени интервала на 10 мс.

```

#include <8051.h>
void msec (int x)          //подпрограмма получения
требуемого временного интервала; x - коэффициент
деления временного интервала на 10 мс
{
    while(x-->0) //декремент x, до тех пор, пока x>0
    {
        TH0 = (-10000)>>8 //настройка TH0 на значение
страшного байта (-10000)
        TL0=-10000; //настройка TL0 на значение младшего
байта (-10000)
        TR0=1;      //включить таймер
        do;
        while(TF0==0); // ожидание 10мс
        TF0=0;        //очистить флаг переполнения
        TR0=0;        //выключить таймер
    }
}
void main()              //основная программа
{
    int i;
    unsigned char array[9];
    TMOD=0x1; //настройка TC0 на первый режим работы
    array[0]=0x0; //значение массива для паузы
    array[1] = 0x1; //значение массива для
поочередного зажигания восьми диодов
    array[2]=0x2;

```

```

array[3] = 0x4;
array[4]=0x8;
array[5]=0x10;
array[6]=0x20;
array[7]=0x40;
array[8]=0x80;
P1=array[0]; //организовать паузу 20 мс
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);
}

```

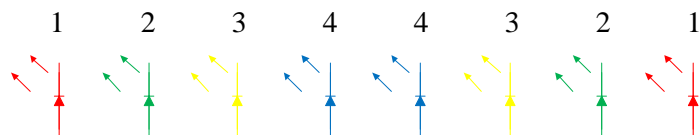
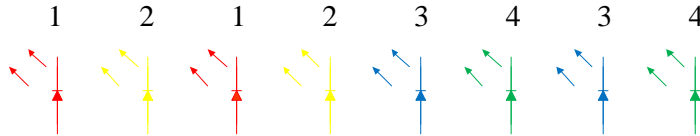
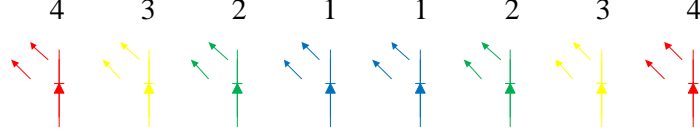
3. Задание на практическую работу

3.1 Создание проекта

Соберите схемный проект, который содержит МК МК 8051 и 8 светодиодов, соединенных по схеме, приведенной на рис. 4. Используя в качестве прототипа программу-пример, измените условия работы светодиодов в соответствии с вариантом (табл. 2). В табл. 2 цифрами указан порядок включения светодиодов, T1 – T6 – длительность интервалов, в течение которых горят светодиоды 1 – 6 соответственно.

Таблица 2

Варианты заданий

Вариант	Схема включения диодов	Параметры
1		T1 = 1 с T2 = 2 с T3 = 3 с T4 = 4 с
2		T1 = 5 с T2 = 2 с T3 = 2 с T4 = 5 с
3		T1 = 1 с T2 = 2 с T3 = 4 с T4 = 8 с

4	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>4</div> </div>	$T1 = 4\text{ c}$ $T2 = 4\text{ c}$ $T3 = 4\text{ c}$ $T4 = 2\text{ c}$
5	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> </div>	$T1 = 5\text{ c}$ $T2 = 4\text{ c}$ $T3 = 3\text{ c}$ $T4 = 2\text{ c}$
6	<div> <div>1</div> <div>1</div> <div>3</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>4</div> <div>2</div> <div>2</div> </div>	$T1 = 2\text{ c}$ $T2 = 2\text{ c}$ $T3 = 5\text{ c}$ $T4 = 5\text{ c}$
7	<div> <div>4</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>1</div> <div>4</div> <div>3</div> <div>3</div> <div>1</div> </div>	$T1 = 2\text{ c}$ $T2 = 5\text{ c}$ $T3 = 8\text{ c}$ $T4 = 2\text{ c}$
8	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>2</div> <div>5</div> <div>5</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>4</div> </div>	$T1 = 1\text{ c}$ $T2 = 4\text{ c}$ $T3 = 1\text{ c}$ $T4 = 4\text{ c}$ $T5 = 8\text{ c}$
9	<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>6</div> </div>	$T1 = 3\text{ c}$ $T2 = 3\text{ c}$ $T3 = 5\text{ c}$ $T4 = 5\text{ c}$ $T5 = 3\text{ c}$ $T6 = 3\text{ c}$
10	<div> <div>2</div> <div>1</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>2</div> <div>1</div> </div>	$T1 = 4\text{ c}$ $T2 = 8\text{ c}$ $T3 = 3\text{ c}$ $T4 = 6\text{ c}$
11	<div> <div>5</div> <div>6</div> <div>1</div> <div>2</div> <div>3</div> <div>4</div> <div>6</div> <div>5</div> </div>	$T1 = 1\text{ c}$ $T2 = 1\text{ c}$ $T3 = 1\text{ c}$ $T4 = 1\text{ c}$ $T5 = 4\text{ c}$ $T6 = 6\text{ c}$
12	<div> <div>5</div> <div>4</div> <div>1</div> <div>3</div> <div>3</div> <div>2</div> <div>4</div> <div>5</div> </div>	$T1 = 1\text{ c}$ $T2 = 1\text{ c}$ $T3 = 3\text{ c}$ $T4 = 5\text{ c}$ $T5 = 7\text{ c}$

13		$T1 = 3 \text{ c}$ $T2 = 2 \text{ c}$ $T3 = 5 \text{ c}$ $T4 = 7 \text{ c}$ $T5 = 3 \text{ c}$
14		$T1 = 1 \text{ c}$ $T2 = 1 \text{ c}$ $T3 = 3 \text{ c}$ $T4 = 5 \text{ c}$ $T5 = 7 \text{ c}$
15		$T1 = 4 \text{ c}$ $T2 = 2,5 \text{ c}$ $T3 = 1,5 \text{ c}$ $T4 = 7 \text{ c}$
16		$T1 = 7 \text{ c}$ $T2 = 3 \text{ c}$ $T3 = 2 \text{ c}$ $T4 = 1 \text{ c}$ $T5 = 2 \text{ c}$
17		$T1 = 1 \text{ c}$ $T2 = 1 \text{ c}$ $T3 = 3 \text{ c}$ $T4 = 5 \text{ c}$ $T5 = 7 \text{ c}$
18		$T1 = 1,5 \text{ c}$ $T2 = 1,5 \text{ c}$ $T3 = 2,5 \text{ c}$ $T4 = 2,5 \text{ c}$ $T5 = 5 \text{ c}$
19		$T1 = 2 \text{ c}$ $T2 = 5 \text{ c}$ $T3 = 2 \text{ c}$ $T4 = 5 \text{ c}$ $T5 = 1 \text{ c}$ $T6 = 1 \text{ c}$
20		$T1 = 1 \text{ c}$ $T2 = 2 \text{ c}$ $T3 = 3 \text{ c}$ $T4 = 1 \text{ c}$ $T5 = 3,5 \text{ c}$

3.2 Подключение мультиметра

Выберите на поле измерительных приборов иконку мультиметра и установите 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.

С помощью мультиметра можно измерять тока, напряжения, сопротивления электронных компонентов. 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. В окне свойств содержатся следующие параметры:

- в группе Electronic Setting показано, что он имеет внутренне сопротивление, равное 1 нОм, если он измеряет электрический ток, имеет внутренне 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 Settings приводятся значения, определяющие условия индикации ошибки при измерении. Так, если, например, измеряемое напряжение превысит значение Voltmeter Over range, то программой выдается сообщение об ошибке.

Все указанные 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 измеренного тока или напряжения.

Подключите мультиметр к одному из светодиодов и измерьте его ток и напряжение во время работы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, каким образом в базовой версии МК 8051 можно организовать работу трех независимых таймеров?
2. Чем отличается работа таймера МК 8051 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? Расскажите о схемных особенностях использования порта P0 в качестве выходного.