

## Практическая работа №9

### Реализация ШИМ на МК-52

**Цель работы:** изучение принципов формирования сигнала широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с помощью МК-52.

#### 1. Широтно-импульсная модуляция

Широтно-импульсной модуляцией (Pulse Width Modulation – PWM) называется импульсный сигнал постоянной частоты и переменной скважности (скважность – отношение длительности импульса к периоду его следования).

Если научиться управлять скважностью сигнала, то можно изменять среднее напряжение на выходе ШИМ (в сущности получать аналоговый сигнал, служащий для управления исполнительными устройствами). Например, при изменении среднего значения напряжения, подаваемого на двигатель, изменяется скорость его вращения.

На рис. 1-1 скважность равна 50%, поскольку отношение длительности импульса к периоду следования равно  $1/2$ . Если, например, используется напряжение питания 12 В, то при скважности 50% среднее значение напряжения на двигателе будет равно 6 В.

Скважность импульсов на рис. 1-2 равна 75%, а среднее напряжение на двигателе увеличивается до 9 В (при питании 12 В). Поскольку среднее напряжение приложенное к двигателю, возрастает, следовательно, скорость вращения тоже возрастает.

Скважность импульсов на рис. 1-3 уменьшается до 25%, в результате чего среднее значение напряжения за период уменьшается до 3В, что способствует замедлению скорости вращения.

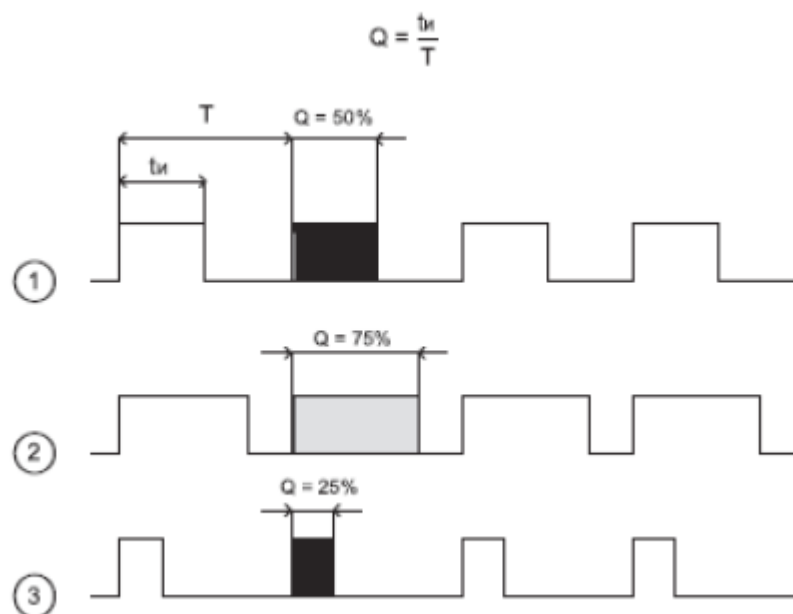


Рис. 1.

Основное преимущество 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.

## 2. Особенности МК МК-52

МК-52 имеет дополнительный по сравнению с МК-51 встроенный таймер Т/С2, который включает ряд особенностей и дополнительных возможностей по сравнению с таймерами Т/с0 и Т/С1 в МК МК-1. Таймер Т/С2 управляется группой специальных регистров, ниже в скобках указывается адрес регистров в пространстве SFR:

Т2CON – регистр управления и контроля (0С8h). Регистр может адресоваться побитно.

RCAP2H – старший байт, содержимое которого используется при работе в режиме автоперезагрузки (0CBh).

RCAP2L – младший байт, содержимое которого используется при работе в режиме автоперезагрузки (0CAh).

ТН1 – старший байт таймера 2 (0CDh).

ТЛ1 – младший байт таймера 2 (0CCh).

Таймер 2 может использоваться в нескольких режимах: в качестве 16-разрядного таймера, в режиме автоперезагрузки, в режиме генератора синхронизации при последовательном обмене данными (управляет скоростью обмена последовательного порта), а также в режиме захвата – может перейти в режим прерываний при возникновении определенного события.

Требуемый режим работы задается при программировании регистра функций T2CON, назначение битов которого показано на рис. 2.

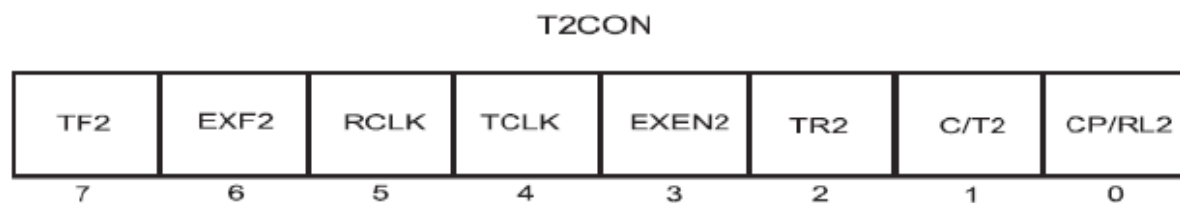


Рис. 2.

TF2 – бит переполнения таймера 2. При разрешении прерывания от таймера 2, установка этого бита вызывает прерывание, программа-обработчик 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).

Основные режимы работы таймера 2.

При работе в режиме захвата при установке флага EXEN2 таймер может реагировать на перепад 1–0 на выводе T2EX (P1.1). В момент фиксации перепада текущие значения регистров TH2 и TL2 запоминаются в регистрах RCAP2H и RCAP2L соответственно, и устанавливается флаг EXF2, вызывающий прерывание таймера 2.

Следует иметь в виду, что даже при установленном режиме захвата установка флага TF2, сигнализирующего о переполнении таймера, также вызовет прерывание.

При работе в режиме прямого счета с автоперезагрузкой таймер 2 при переполнении перезагружается значениями, находящимися в регистрах RCAP2H (старшая часть) и RCAP2L (младшая часть). Этот режим напоминает аналогичные режимы для таймеров T/C0 и T/C1 с той разницей, что там используется максимум 8 разрядов, что ограничивает диапазон 256 значениями, в то время как таймер 2 использует 16-разрядные значения перезагрузки.

Режим задающего генератора

Если таймер T2 используется для управления работой последовательного порта, то скорость работы последовательного порта определяется формулой:

$$\text{Скорость} = F_{\text{osc}} / [32 * ((65536 - (RCAP2H.RCAP2L))].$$

Значение регистров RCAP2H.RCAP2L для нужной скорости обмена можно получить по формуле:

$$RCAP2H.RCAP2L = 65536 - F_{\text{osc}} / (32 * \text{скорость}).$$

Таймер 2 имеет вектор прерывания, расположенный по адресу 02Bh. В регистре разрешения прерывания IE МК семейства MCS-51 добавлен бит IT2 (IE.5), отвечающий за прерывания T/C2.

### 3. Получение ШИМ с помощью таймера 2

На одном из выводов МК формируется последовательность импульсов с постоянным периодом, равным периоду работы счетчика временной базы (таймер 2), а скважность зависит от переменной, определяющей длительность импульса.

Используется режим автоперезагрузки таймера 2.

Частота ШИМ (или период следования импульсов на выводе МК) зависит от частоты Fosc и задается в свойствах МК.

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;

$T (с) = (65536 - R) / C$

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.

В приводимом примере используются нулевые значения перезагрузки регистров RCAP2H, RCAP2L. При частоте кварца 11,059 МГц период переключения таймера 2 равен 71 мс. Чтобы уменьшить значение периода переключения ШИМ, необходимо увеличить содержимое регистров RCAP2H, RCAP2L.

```
#include <htc.h>
```

```
unsigned int tmpCnt; //переменная, определяющая скважность
```

```
void imp(unsigned int cnt)
```

```

{
do{ }while(TF2==0);
TF2 = 0;
P10 = 1;
while (cnt != 0)cnt--;
P10 = 0;
}
void main()
{
tmpCnt = 1000; //установка скважности импульсов
P1 = 0xFE; //настраиваем бит P1.0 на выход
RCAP2H = 0x0; //старший байт регистра задающего частоту сигнала
RCAP2L = 0x0; //младший байт регистра задающего частоту сигнала
//Задаем режим работы таймера 2 на автоперезагрузку
T2CON &= 0xFC;
ET2 = 1; //разрешаем прерывание от T/C2
EA = 1; //разрешаем глобальное прерывание
T2CON |= 0x4; //запуск таймера
while(1)
{
imp(tmpCnt);
}
}

```

#### 4. Задание для практической работы

При заданной согласно варианту задания (таблица 1) 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 %,

Подключить к МК две кнопки, обеспечивающие увеличение и уменьшение скважности ШИМ в заданном диапазоне (таблица 1).

Таблица 1

## Варианты заданий

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Т, с	0,07	0,07	0,06	0,05	0,02	0,04	0,07	0,05	0,06
Q, %	50	50	25	75	50	50	25	75	50
F, МГц	11	11,059	11	13	15	13	11	12	12
Q <sub>мин</sub> , %	50	30	25	35	50	20	25	45	50
Q <sub>макс</sub> , %	70	50	55	75	80	50	65	75	60

	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Т, с	0,03	0,02	0,06	0,03	0,02	0,05	0,04	0,05	0,07
Q, %	30	40	45	50	60	45	75	65	55
F, МГц	15	11	11	13	12	15	13	15	11,059
Q <sub>мин</sub> , %	30	40	45	20	30	45	35	25	55
Q <sub>макс</sub> , %	50	60	75	50	60	75	75	65	75

	19	20	21	22	23	24	25
Т, с	0,07	0,03	0,06	0,05	0,02	0,04	0,02
Q, %	30	70	50	60	40	55	55
F, МГц	11,059	15	12	12	11	15	12
Q <sub>мин</sub> , %	30	40	50	60	40	35	55
Q <sub>макс</sub> , %	60	70	80	80	70	55	85