

## **Лабораторная работа № 8. Исследование широтно-импульсной модуляции, реализованной микроконтроллером МК-52**

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

### **2.8.1. Основы применения микроконтроллера МК-52 для получения ШИМ**

#### ***2.8.1.1. Общие сведения о широтно-импульсной модуляции***

*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 [7] (рис. 2.62).

Скважность, обозначенная Q, на рис. 2.62–1 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. 2.62–2 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. 2.62–3 уменьшается до 25 %, в результате чего среднее значение напряжения за период уменьшается до 3 В, что способствует замедлению скорости вращения.

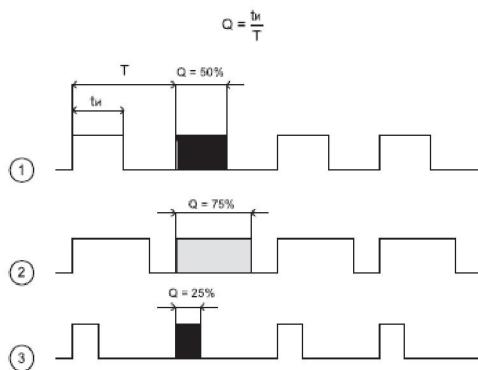


Рис. 2.62. Широтно-импульсная модуляция. Диаграммы скважности

*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 (огибающей) в магнитной цепи двигателя.

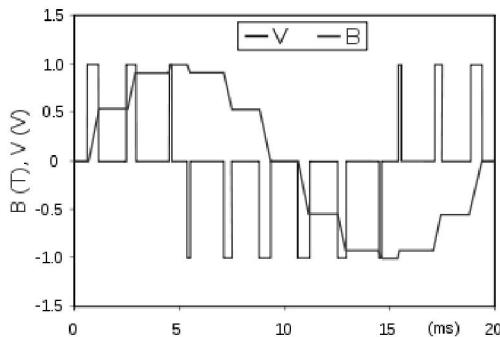


Рис. 2.63. Пример ШИМ в двигателе переменного тока

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 посто-

янным 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 MK-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 – регистр управления и контроля (0C8h). 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);
- TH1 – старший байт таймера 2 (0CDh);
- TL1 – младший байт таймера 2 (0CCh).

Таймер 2 может работать 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 (capture mode).

Требуемый режим работы задается при программировании регистра функций T2CON, назначение битов которого проиллюстрировано на рис. 2.64 [2].

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

Рис. 2.64. Регистр T2CON

**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).

Рассмотрим 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 работы последовательного порта, то скорость работы последовательного порта определяется формулой:

$$\text{Скорость} = F_{osc} / [32 * ((65536 - (RCAP2H.RCAP2L))]. \quad (2.8.1)$$

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

$$RCAP2H.RCAP2L = 65536 - F_{osc} / (32 * \text{скорость}). \quad (2.8.2)$$

Таймер 2 имеет вектор прерывания, расположенный по адресу 02Bh. В регистре разрешения прерывания IE MK семейства MCS-51 [1] добавлен бит IT2 (IE.5), отвечающий за прерывания T/C2.

### 2.8.2. Ход выполнения лабораторной работы

**Задание:** получить на выводе P1.0 MK-52 широтно-импульсную модуляцию с заданной частотой сигнала и скважностью (табл. 2.20).

Создаем схемный проект Circuit 8. Для этого размещаем на схеме MK-52, осциллограф XSC-1, подключенный к порту P1.0 (рис. 2.65).

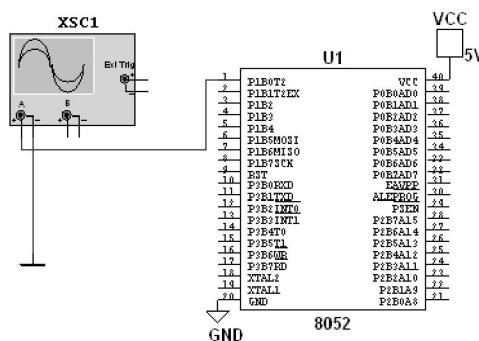


Рис. 2. 65. Схема реализации ШИМ

Используется режим *автоперезагрузки таймера 2*.

Частота ШИМ (или период следования импульсов на выводе P1.0) зависит от частоты  $F_{osc}$  и задается в свойствах MK.

Период следования импульсов –  $T$  (с) определяется содержимым регистров RCAP2H и RCAP2L. Для вычисления необходимых значений используются следующие выражения:

$$F_{\text{осц}}/12 = C \text{ (Гц)} - \text{частота следования машинного цикла МК;} \\ T(\text{с}) = (65536 - R)/C, \quad (2.8.3)$$

где  $R$  – значение величины перезарядки, 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:

$$Q = tmpCnt / (65536 - R). \quad (2.8.4)$$

В приводимом примере используются нулевые значения перезарядки 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
#define ROM_VECTOR (TIMER2, t2int_handler)
    asm("global _imkstr_(t2int_handler)");
    asm("psectvectors, ovrld");
    asm("org _imkstr_(TIMER2)");
    asm("ljmp _imkstr_(t2int_handler)");
    asm("psecttext")
unsigned int cnt;          //переменная цикла
unsigned int tmpCnt;        //переменная, определяющая скважность
```

```

bank2           //смена банка РОН при работе подпрограммы
                прерываний
//Функция обработчика прерывания Таймера 2
interrupt void t2int_handler(void)
{
TF2 = 0;          //очистка флага переполнения таймера 2
cnt = tmpCnt;    //переменная tmpCnt задается в main
P10 = 1;          //вкл
while (cnt != 0)cnt--;
P10 = 0;          //выкл
}
void main()        //головная программа
{
tmpCnt = 4000;    //устанавливаем скважность импульсов
ROM_VECTOR(TIMER2, t2int_handler); //задаем обработчик прерываний
P1 = 0xFE;         //настраиваем бит P1.0 на выход
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;      //запуск таймера
while (1);
}

```

### **2.8.3. Задания для лабораторной работы**

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.

Таблица 2.20

## Варианты задания

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T, \text{с}$	0,07	0,07	0,05	0,06	0,02	0,04	0,07	0,05	0,06	0,03
$Q, \%$	50	50	25	75	50	50	25	75	50	50
$F, \text{МГц}$	11	12	11	13	15	13	11	12	12	15

**2.8.4. Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Перечень элементов, использованных в схеме, с их краткими характеристиками.
3. Копия окна схемного файла при моделировании.
4. Копия программного файла с подробными комментариями.
5. Выводы по работе.

**2.8.5. Вопросы для самоконтроля**

1. Какие отличительные особенности имеет таймер 2 по сравнению с таймерами МК51?
2. Как запрограммировать таймер 2 на режим синхронизации последовательного порта для приема?
3. Как запрограммировать таймер 2 на режим синхронизации последовательного порта для передачи?
4. Как можно использовать таймер 2 в режиме захвата?
5. В чем отличие настройки таймера 1 от таймера 2 при использовании для синхронизации последовательного обмена?
6. В чем отличие программно-управляемого режима работы таймера от режима работы по прерываниям?
7. Поясните назначение битов регистра T2CON.
8. Поясните понятие вектора прерывания. Какие вектора прерывания имеет МК-52?
9. Поясните назначение регистра IE – маски прерываний?
10. Можно ли изменить приоритет прерывания источников запроса? Какой приоритет (по умолчанию) имеет таймер 2?