

## Практическая работа №8

### Формирование сигнала заданной формы

#### 1. Таймер-счетчики

Базовые модели микроконтроллеров семейства MCS-51 содержат два программируемых многорежимных таймер-счетчика (0 и 1), предназначенных для подсчета внешних событий (выводы T0 и T1), организации программно управляемых временных задержек и измерения временных интервалов [2]. Кроме того, таймер 1 применяется для определения скорости передачи последовательного порта.

Таймер-счетчик может работать в режиме таймера или в режиме счетчика. В первом случае ведется подсчет тактов деленной системной частоты (определенный промежуток времени) и при переполнении выдается запрос прерывания. В каждом машинном цикле длительностью 12 тактов регистр таймера инкрементируется только один раз, поэтому скорость счета таймера равна  $f_{osc}/12$ .

В режиме счетчика ведется подсчет количества поступивших импульсов на вход микросхемы, причем идентификация импульса производится по заднему фронту. При переполнении таймерного регистра таймер-счетчика выдается запрос прерывания. Распознавание спада внешнего сигнала занимает 24 периода тактовой частоты (2 машинных цикла), поэтому максимальная скорость счета равна  $f_{osc}/24$ .

Управление режимами работы таймер-счетчиков и организация их взаимодействия с системой прерываний обеспечивается двумя регистрами специальных функций TMOD и TCON. Текущее значение таймер-счетчика, соответствующее количеству подсчитанных импульсов, хранится и изменяется в таймерных регистрах TH0, TL0 и TH1, TL1 соответственно для таймер-счетчика 0 и 1. В различных режимах разрядность таймер-счетчика составляет 8–16 бит, таким образом, для подсчета используются либо только регистры  $TL_x$ , либо  $TH_x$  и  $TL_x$ , включенные последовательно, где  $TH_x$  содержит старшие биты числа, а  $TL_x$  — младшие,  $x$  — номер таймер-счетчика (0 или 1).

#### 2. Регистр режима работы таймер-счетчика TMOD

Управление режимом работы таймер-счетчиков 0 и 1 осуществляет регистр TMOD:

Timer 1 (таймер-счетчик 1)				Timer 0 (таймер-счетчик 0)			
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Поля регистра TMOD:

- C/T — выбор функции — 0 — таймер, 1 — счетчик;
- GATE — разрешение внешней блокировки. Если бит равен нулю, то включение и выключение соответствующего таймер-счетчика возможно только битом TR<sub>x</sub> регистра TCON. В случае, когда бит равен единице, включение таймер-счетчика зависит не только от бита TR<sub>x</sub>, но и от состояния на входе INT<sub>x</sub>, на который необходимо подать уровень логической единицы для активации работы соответствующего таймер-счетчика;
- M [1:0] — код режима работы таймеров (табл. 5).

Таблица 5

Режим работы таймер-счетчика

M1	M0	Режим	Режим работы таймер-счетчика
0	0	0	13-битный таймер-счетчик. TH <sub>x</sub> — 8 бит, TL <sub>x</sub> — 5 (младших) бит
0	1	1	16-битный таймер-счетчик. TH <sub>x</sub> и TL <sub>x</sub> включен последовательно
1	0	2	8-битный автоперезагружаемый таймер-счетчик. TH <sub>x</sub> хранит значение, которое должно быть перезагружено в TL <sub>x</sub> каждый раз по переполнению
1	1	3	Таймер-счетчик 0 и 1 работают по-разному

### 3. Регистр управления и статуса таймера TCON

Регистр TCON управляет запуском таймер-счетчиков, содержит флаги переполнения таймер-счетчика, также используется для настройки прерываний от внешних источников. Структура регистра TCON:

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

Поля регистра TCON:

- TF<sub>x</sub> — флаг переполнения таймер-счетчика. Устанавливается аппаратными средствами при переполнении таймер-счетчика, т. е. в случае перехода из максимального состояния таймерного регистра в минимальное. Сбрасывается автоматически при передаче управления подпрограмме обработки прерывания;

- $TR_x$  — бит управления таймер-счетчика. Для активации работы таймер-счетчика 0 или 1 в соответствующий бит необходимо записать единицу. Сброс бита выключает соответствующий таймер-счетчика;
- $IE_x$  — флаг фронта прерывания. Устанавливается аппаратно при возникновении активного сигнала на внешнем входе  $INT_x$  микроконтроллера (активный сигнал определяется битом  $IT_x$ ). Сбрасывается автоматически при обслуживании прерывания;
- $IT_x$  — бит выбора типа активного сигнала на входе  $INT_x$ . При  $IT_x = 1$  активным является переход из высокого в низкий, при  $IT_x = 0$  активным является низкий уровень сигнала.

#### 4. Режимы работы таймер-счетчиков

Регистр TMOD позволяет выбрать один из четырех режимов работы для каждого таймер-счетчика, причем режимы работы 0, 1 и 2 одинаковы для обоих таймер-счетчиков, а режим 3 различен.

Схема функционирования таймер-счетчика в режиме 0 показана на рис. 5, где физические выводы микроконтроллера обозначены PIN. Для этого режима разрядность таймерного регистра составляет 13 бит, из которых 8 старших битов текущего значения содержатся в регистре  $TH_x$ , а 5 младших битов — в регистре  $TL_x$ . Модуль счета (число различных устойчивых состояний счетчика) для данного режима составляет  $2^{13} = 8192$ . Например, если  $TH_x = 29h$  и  $TL_x = 15h$ , то в двоичной системе счисления этим числам соответствует запись:  $TH_x = 00101001b$  и  $TL_x = 00010101b$ , тогда значение в таймерном регистре можно считать равным  $0010100110101b$ , что в шестнадцатеричной системе счисления составляет  $535h$ , а в десятичной —  $1333$ .

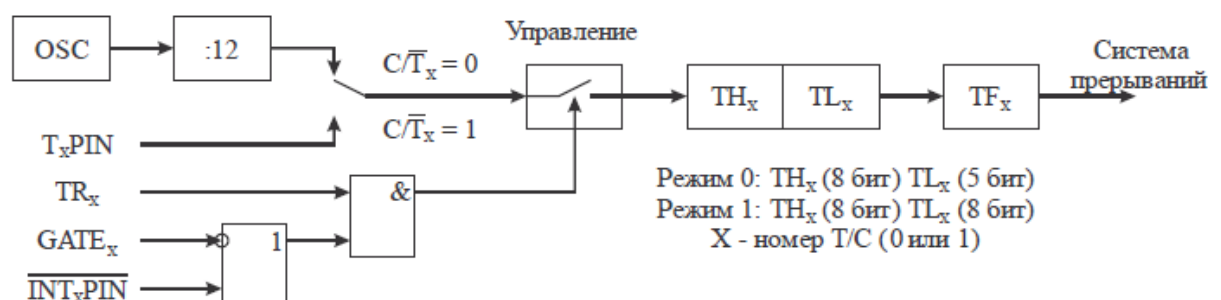


Рис. 5. Схема работы таймер-счетчика в режиме 0 и 1

При переполнении, т.е. переходе из максимального состояния, равного 8191, в минимальное — 0, в регистре TCON автоматически устанавливается флаг переполнения таймер-счетчика  $TF_x$ .



Подсчет импульсов, поступающих с внешнего входа  $T_x$  (см. рис. 5) или с генератора тактовой частоты через предделитель, осуществляется счетным узлом в двух случаях: когда управляющий бит  $TR_x$  установлен и бит разрешения внешней блокировки  $GATE$  сброшен, либо когда  $TR_x = 1$ ,  $GATE = 1$  и на внешнем входе микроконтроллера  $INT_x$  присутствует уровень логической 1.

Функционирование любого таймер-счетчика в режиме 1 полностью совпадает с режимом 0 за исключением того, что таймерный регистр имеет разрядность 16 бит. В этом случае модуль счета будет равен 65536, а регистры  $TH_x$  и  $TL_x$  используются полностью и также включены последовательно.

Как видно из рис. 6, управление работой таймер-счетчика в режиме 2 осуществляется аналогично режимам 0/1. Первым отличием функционирования является использование для подсчета только регистра  $TL_x$ , т. е. модуль счета равен 256. Вторым — при переполнении таймерного регистра, кроме установки флага переполнения, производится запись содержимого регистра  $TH_x$  в регистр  $TL_x$ , при этом значение  $TH_x$  не изменяется. Таким образом можно уменьшить модуль счета с 256 до любого значения, предварительно записав соответствующую разницу в регистр  $TH_x$ . Конечно, модуль счета может быть уменьшен и при использовании других режимов работы, но в данном случае перезапись определенного начального значения будет производиться автоматически.

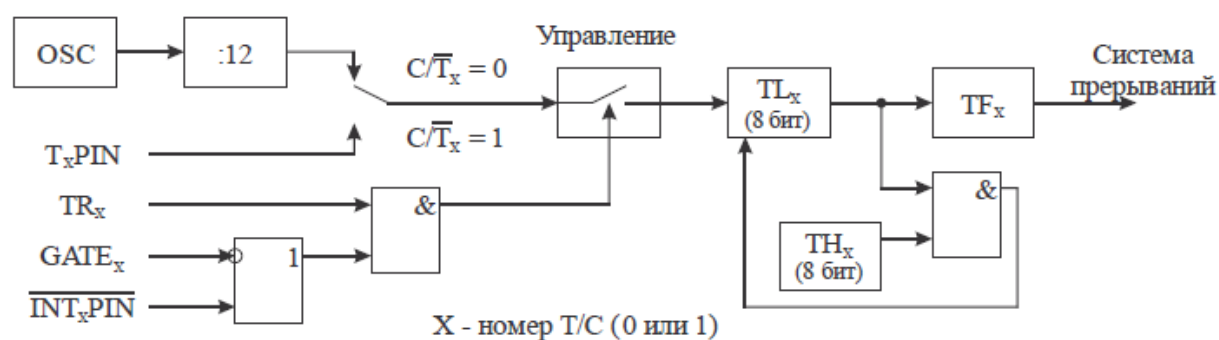


Рис. 6. Схема работы таймер-счетчика в режиме 2

Функционирование таймер-счетчиков 0 и 1 в режиме 3 различно (рис. 7). Таймер-счетчик 1 отключен, его таймерные регистры TH1 и TL1 сохраняют свое значение. Регистры TL0 и TH0 используются в качестве двух независимых таймерных регистров, причем TH0 может выполнять функции только таймера, а TL0 — таймера и счетчика. Таймер с регистром TH0 управляется только битом TR1, соответственно его можно только включить или выключить, других настроек произвести нельзя. При переполнении TH0 устанавливается флаг прерывания TF1. Работа TL0 аналогична функционированию в режимах 0 и 1, отличием является разрядность таймерного регистра, здесь она составляет 8 бит, управление производится битами таймер-счетчика 0 (C/T0, GATE0, TR0), вход для внешней блокировки — INT0\_PIN и флаг переполнения — TF0.

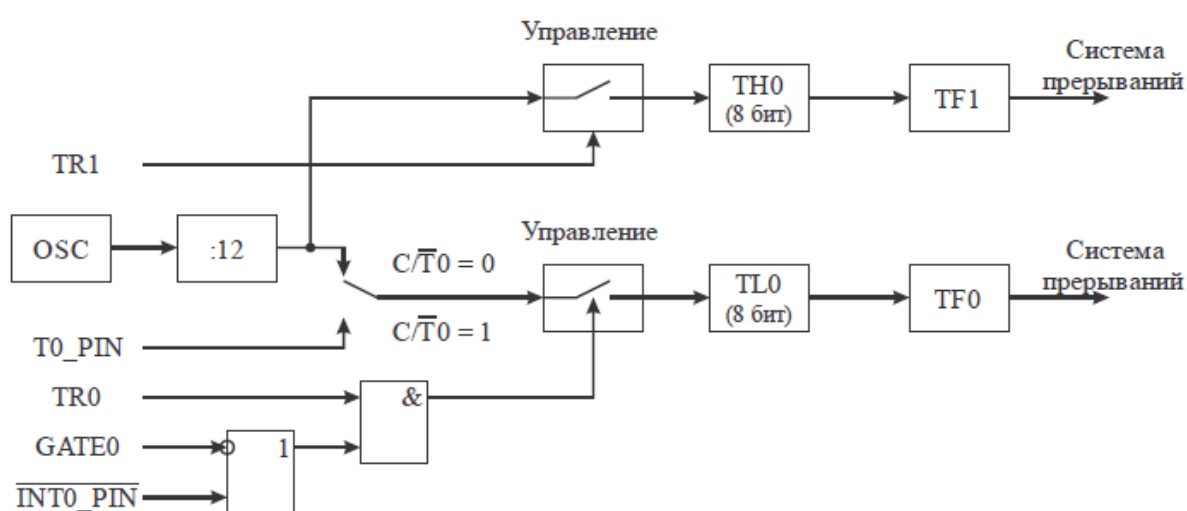





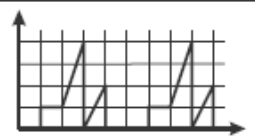



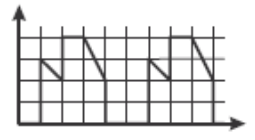
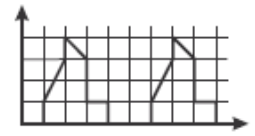

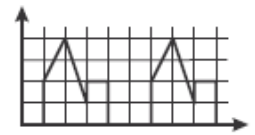



Рис. 7. Схема работы таймер-счетчика в режиме 3

В некоторых версиях микроконтроллеров семейства MCS-51 может присутствовать третий таймер-счетчик и (или) блок программных счетчиков PCA (Programmable Counter Array), которые также могут использоваться для отсчета временных интервалов.

# Задания

Номер вари- анта	Форма сигнала	Параметры сигнала	Номер вари- анта	Форма сигнала	Параметры сигнала
1		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 0,5 \text{ В}$	19		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 0,5 \text{ В}$
2		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1 \text{ В}$	20		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1 \text{ В}$
3		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1,5 \text{ В}$	21		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1,5 \text{ В}$
4		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2 \text{ В}$	22		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2 \text{ В}$
5		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2,5 \text{ В}$	23		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 500 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2,5 \text{ В}$
6		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3 \text{ В}$	24		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 500 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3 \text{ В}$
7		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3,5 \text{ В}$	25		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3,5 \text{ В}$
8		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4 \text{ В}$	26		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4 \text{ В}$
9		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4,5 \text{ В}$	27		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 500 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4,5 \text{ В}$
10		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 5 \text{ В}$	28		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 5 \text{ В}$
11		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 0,5 \text{ В}$	29		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 0,5 \text{ В}$

12		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1 \text{ В}$	30		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1 \text{ В}$
13		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1,5 \text{ В}$	31		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 1,5 \text{ В}$
14		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2 \text{ В}$	32		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2 \text{ В}$
15		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2,5 \text{ В}$	33		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 2,5 \text{ В}$
16		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3 \text{ В}$	34		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3 \text{ В}$
17		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3,5 \text{ В}$	35		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 3,5 \text{ В}$
18		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4 \text{ В}$	36		$T = 1250 \text{ мкс}$ $\tau_{\min} = 750 \text{ мкс}$ $U_{\max} = 4 \text{ В}$

1. Написать программу на ассемблере, формирующую сигнал в соответствии с вариантом.
2. Для задания интервалов времени использовать таймеры (T0 и T1). Выберите подходящий режим для работы таймеров.
3. Для формирования аналогового напряжения на выходе используйте ЦАП.
4. Результат генерации сигнала продемонстрировать на осциллографе (в Multisim на панели инструментов Oscilloscope).

XSC1

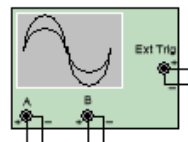


Рис. 1. Модель осциллографа в Multisim