

УДК 621.314.04

*А. А. Штин*, канд. техн. наук, доц.

E-mail: [shtin\\_a\\_a@mail.ru](mailto:shtin_a_a@mail.ru)

*Р. З. Ахатов*, магистрант

E-mail: [ramis.ahatov@gmail.com](mailto:ramis.ahatov@gmail.com)

Кафедра «Электротехника»

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## **Моделирование генератора синусоидальных сигналов на микроконтроллере PIC16F84A в Multisim**

В докладе рассматривается схема генератора синусоидальных сигналов на микроконтроллере PIC16F84A, в качестве цифро-аналогового преобразователя используется резистивная матрица R-2R. Создан текст программы на языке ассемблера для микроконтроллера. Данная схема предназначена для использования в лабораторных работах по электротехническим дисциплинам.

**Ключевые слова:** генератор сигналов, моделирование, микроконтроллеры, Microchip, MCU, ассемблер.

### **Введение**

При разработке любого электронного устройства может быть использовано моделирование как физическое, так и математическое. Физическое моделирование часто связано с большими материальными затратами, поскольку требует изготовления макетов и их трудоемкого исследования на дорогостоящем оборудовании. В таких случаях в основном используют математическое моделирование при помощи средств и методов вычислительной техники [1].

На кафедре «Электротехника» имеется лицензионное программное обеспечение компании National Instruments (NI), включающее в себя среду проектирования Multisim. Она позволяет моделировать не только аналоговые схемы, но и цифровые. Также Multisim позволяет моделировать 8-разрядные микроконтроллеры с ядром MCS-51 и PIC-16 компании Microchip, и в составе программы имеются компиляторы с языка C и ассемблера указанных выше микроконтроллеров [2].

### **Сведения из теории**

Цифроаналоговый преобразователь представляет собой резистивную матрицу R-2R, принцип работы которой основан на свойстве резистив-

ного делителя сохранять постоянное сопротивление нагрузки для источника опорного напряжения при подаче питания. Вследствие этого на выводах резистора R, начиная со старшего разряда  $n - 1$ , опорное напряжение последовательно делится пополам. При этом напряжение на выходе преобразователя с матрицей R-2R для  $n$ -битного будет

$$U_{\text{вых}} = U_{VDD} * \sum \left( A_i * \frac{1}{2}^{n-1} \right), \quad (1)$$

где  $U_{VDD}$  – опорное напряжение;  $i$  – номер разряда ( $i = 0, 1, 2 \dots n - 1$ );  $A_i$  – разрядный коэффициент, который может принимать значения 0 или 1 [3].

### Описание эксперимента

Схема устройства генератора синусоидальных сигналов основана на цифроаналоговом преобразователе, который управляется с помощью микроконтроллера PIC16F84A (рис. 1).

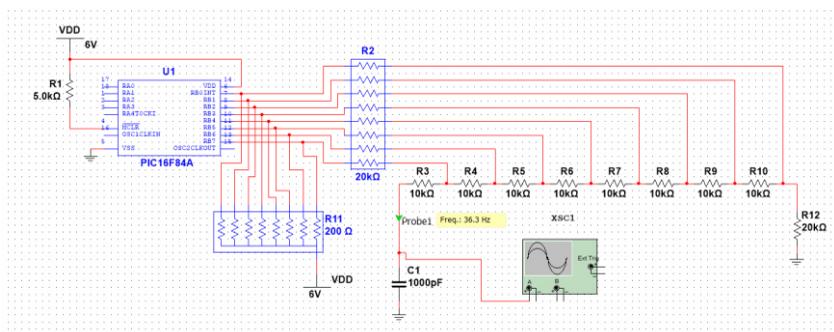


Рис. 1. Схема генератора синусоидального сигнала

Схема состоит из микроконтроллера U1 (PIC16F84A), сборки резисторов R2 и с R3 по R10 образуют матрицу преобразователя R-2R. Сборка резисторов R11 подтягивает контакты микроконтроллера к питанию VDD. Напряжения питания всей схемы VDD 6 В [4].

Текст программы составлен с использованием языка ассемблера (листинг 1). Также в программе задействована память данных (EEPROM) микроконтроллера, в котором записаны мгновенные значения. В начале программы описан используемый микроконтроллер, его конфигурация и используемые регистры.

Подготовительные моменты касаются определения направлений работы портов. Для порта В необходимо определить направления как вы-

ход изменением регистра TRISB на 0 (0 – выход, 1 – вход), порт А не используется в проекте. Этот регистр находится в первом банке памяти, поэтому необходимо перейти в него, и по умолчанию используется нулевой банк. Переход между банками осуществляется путем изменения бита RP0 в регистре STATUS на 1 (0 – нулевой банк, 1 – первый банк).

В соответствии с поставленной задачей для выводов порта В содержимое EEPROM с текущим адресом READCOUNT помещается в рабочий регистр. Регистр EEADR хранит адрес ячейки, к которой происходит обращение. Далее командой bsf разрешается чтение EEPROM, используя регистр EECON1, который находится в первом банке.

В следующем цикле данные доступны для чтения из регистра EEDATA. Данные сохраняются в этом регистре, пока не будут прочитаны новые. Прочитанные данные из EEDATA записываются в рабочий регистр для вывода значений в PORTB. Далее вызывается Timer для задержки между чтениями данных из EEPROM и уменьшается значение регистра READCOUNT на единицу.

### *Листинг 1. Текст программы генератора синусоидальных сигналов*

```
#include "p16f84a.inc"
Cell          equ    H'0D'
FREQUENCY    equ    H'FF'
READCOUNT   equ    H'0F'
Start        bsf     STATUS, RP0
             clr     TRISB
             bcf     STATUS, RP0
READEEPROM   movf    READCOUNT, 0
             movwf   EEADR
             bsf     STATUS, RP0
             bsf     EECON1, RD
             bcf     STATUS, RP0
             movf    EEDATA, 0
             movwf   PORTB
             call    Timer
             decfsz  READCOUNT, 1
             goto    READEEPROM
             movf    READCOUNT, 0
             movwf   EEADR
             bsf     STATUS, RP0
             bsf     EECON1, RD
             bcf     STATUS, RP0
             movf    EEDATA, 0
             movwf   PORTB
             call    Timer
             movlw   H'3F'
```

Листинг 1 (продолжение).

```

Timer      movwf  READCOUNT
           goto  READEEPROM
           movlw  FREQUENCY
           movwf  Cell
Loop       nop
           nop
           decfsz Cell, f
           goto  Loop
           return
END

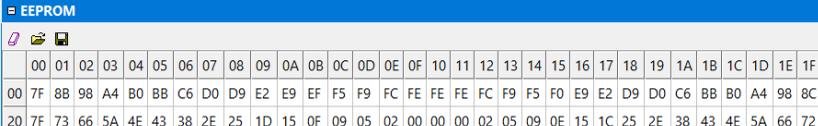
```

Работа схемы основана на считывании кодов, отображающих мгновенные значения, из внутреннего постоянного запоминающего устройства микроконтроллера (EEPROM). Коды передаются в порт В, к выходам которого подключен цифроаналоговый преобразователь. Эти коды должны быть предварительно записаны в EEPROM. Панель для записи в EEPROM открывается в меню MCU – PIC16F84A – Memory View [5].

Для выполнения расчета шестнадцатеричных кодов необходим Excel. Задать столбец от 0 до 63 (например, с ячейки В2), т. к. объем EEPROM 64 байта. Вычислить десятичные значения по формуле (2) [6]:

$$C2 = 127,5 * \sin\left(6,28 * \frac{B2}{64}\right) + 127,5. \quad (2)$$

Минимальное значение кода – 00, максимальное – FF, начальное значение – 80, конечное значение – 73. Полученные коды записываются в EEPROM (рис. 2).



	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
00	7F	8B	98	A4	B0	BB	C6	D0	D9	E2	E9	EF	F5	F9	FC	FE	FE	FC	F9	F5	F0	E9	E2	D9	D0	C6	BB	B0	A4	98	8C	
20	7F	73	66	5A	4E	43	38	2E	25	1D	15	0F	09	05	02	00	00	00	02	05	09	0E	15	1C	25	2E	38	43	4E	5A	66	72

Рис. 2. Значения EEPROM



Рис. 3. Осциллограмма выходных сигналов

При включении режима эмуляции на экране XSC1 должна появиться осциллограмма как на рис. 3. Второй канал осциллографа отображает логический уровень старшего разряда D0 [7].

## Выводы

Достоинством предложенного генератора синусоидальных сигналов является низкая стоимость. Это позволяет очень просто перейти от модели *Multisim* к практической реализации устройства. Также полученные результаты планируется использовать на кафедре «Электротехника» в курсах «Электроника» и «Микропроцессоры и системы управления аппаратами на их основе».

## Список литературы

1. Шестеркин, А. Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10 / А. Н. Шестеркин. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 360 с.
2. Штин, А. А. Электротехнические дисциплины в среде моделирования Multisim: лабораторный практикум : учеб. пособие для вузов / А. А. Штин. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2016. – 220 с.
3. Дьяконов, В. П. Современные измерительные генераторы сигналов / В. П. Дьяконов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 384 с.
4. Штин, А. А. Моделирование аналого-цифровых преобразователей в среде моделирования Multisim : материалы науч. исследований / А. А. Штин // САПР и моделирование в современной электронике : сб. науч. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 24–25 окт. 2019 г.). – Брянск : Брянский гос. техн. ун-т, 2019. – С. 332–335.
5. Кохц, Д. Измерение, управление и регулирование с помощью PIC-микроконтроллеров : пер. с нем. / Д. Кохц. – Киев : МК-Пресс, 2007. – 304 с.

6. *Никамин, В. А.* Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи : справочник / В. А. Никамин. – Санкт-Петербург : КОРОНА принт ; Москва : Альтекс-А, 2003. – 224 с.

7. *Безруков, П. Е.* Трехфазный генератор для лабораторных работ / П. Е. Безруков // Приборостроение в XXI веке – 2016. Интеграция науки, образования и производства: сб. материалов XII Междунар. науч.-техн. конф. (Ижевск, 23–25 нояб. 2016 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2017. – С. 415–418.

*A. A. Shtin*, CSc in engineering, associate professor

E-mail: [shtin\\_a\\_a@mail.ru](mailto:shtin_a_a@mail.ru)

*R. Z. Akhatov*, master's degree student

E-mail: [ramis.ahatov@gmail.com](mailto:ramis.ahatov@gmail.com)

Department of Electrical Engineering

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russian Federation

## **Simulation of a Sinusoidal Signal Generator on the PIC16F84A Microcontroller in Multisim**

*The report discusses a circuit of a sinusoidal signal generator based on a PIC16F84A microcontroller, a resistive matrix R-2R is used as a digital-to-analog converter. The text of the program in the assembly language for the microcontroller has been created. This circuit is intended for use in laboratory work in electrical disciplines.*

**Keywords:** signal generator, modeling, microcontrollers, Microchip, MCU, assembler.