

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ СИНТЕЗАТОРА AD9834

Кулаков Владимир Геннадьевич
SPIN РИНЦ: 2111-7702

Контакт с автором: kulakovvlge@gmail.com

Цифровой синтезатор AD9834, выпускаемый корпорацией Analog Devices, способен формировать сигналы синусоидальной формы с частотой от 0 до 37,5 МГц. Частота и фаза выходного сигнала AD9834 являются программируемыми: программирование осуществляется с внешнего микроконтроллера по интерфейсу SPI, причем можно использовать широко распространенные контроллеры линейки Arduino.

По сравнению с микросхемами AD9833 и AD9835, синтезатор сигналов AD9834 обладает большим количеством выводов, что, с одной стороны, расширяет область его применения, но, с другой стороны, затрудняет использование данной микросхемы в процессе создания макетов различных электронных устройств: усложняется процесс монтажа и появляется необходимость в использовании большого количества внешних вспомогательных радиоэлементов.

Имеется у AD9834 и явное преимущество по сравнению с AD9833 и AD9835: более высокая максимальная тактовая частота – 75 МГц (AD9833 имеет максимальную тактовую частоту 25 МГц, а AD9835 – 50 МГц).

На рисунке 1 в качестве примера показана схема высокочастотного генератора синусоидального сигнала, построенного на основе микросхемы AD9834BRUZ, контроллера Arduino и инкрементального энкодера. Частота сигнала на выходе генератора определяется информацией, поступающей с энкодера на контроллер Arduino, программой, загруженной в этот контроллер, а также частотой тактового сигнала, подаваемого на микросхему DA1 синтезатора сигнала AD9834 с кварцевого генератора DD1. Напряжение питания +5В, необходимое для работы кварцевого генератора и синтезатора, обеспечивает стабилизатор, встроенный в контроллер Arduino.

В данном примере используется тактовый сигнал с частотой 50 МГц. Код K выходной частоты F для синтезатора AD9834 в таком случае должен вычисляться по следующей формуле:

$$K = F \times 2^{28} / 50000000.$$

Результат вычислений должен быть округлен до 32-разрядного целого числа без знака и разделен на две части, которые затем поочередно следует загрузить в регистр синтезатора, хранящий код частоты.

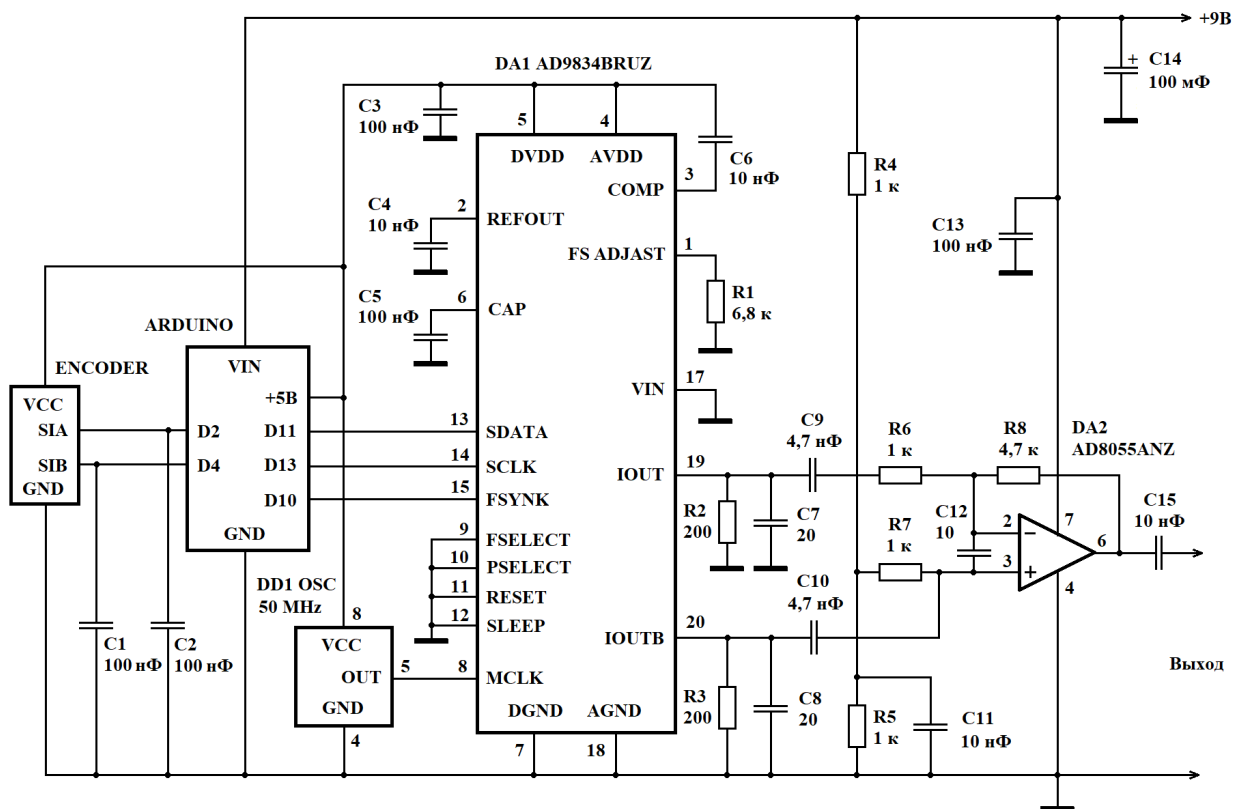


Рисунок 1. Схема высокочастотного генератора на микросхеме AD9834

Пример программы, позволяющей перестраивать частоту генератора с шагом 10 кГц в диапазоне от 1 до 5 МГц, приведен в листинге 1.

Листинг 1. Пример программы, предназначенной для управления работой цифрового синтезатора сигналов AD9834

```
#include <SPI.h>
#define pin_CLK 2 // Энкодер пин А
#define pin_DT 4 // Энкодер пин В
#define PosLim 200 // Ограничитель изменения положения

const float fgen = 5.0E7; // частота сигнала ГТИ, Гц
const float sf = 3.0E6; // начальное значение выходной частоты, Гц
const float df = 10000.0; // шаг приращения частоты, Гц

volatile long Position = 0; // текущее значение положения энкодера
long oldPosition = 0; // предыдущее положение энкодера
float ff; // код частоты в формате с плавающей точкой
unsigned long f; // двоичный код выходной частоты
unsigned long lf; // младшая часть значения выходной частоты
unsigned long hf; // старшая часть значения выходной частоты
unsigned int flsb; // младшее слово кода частоты с кодом регистра
unsigned int fmsb; // старшее слово кода частоты с кодом регистра
```

```

// Процедура для обработки прерывания от энкодера
void EncoderRotate() {
    if (digitalRead(pin_CLK) == digitalRead(pin_DT)) {
        if(Position < PosLim) Position++;
    } else {
        if(Position > -PosLim) Position--;
    }
}

// Процедура для передачи данных синтезатору AD9834
// через интерфейс SPI
void WriteAD9834(uint16_t Data){
    SPI.beginTransaction(SPI_Settings(SPI_CLOCK_DIV2,
        MSBFIRST, SPI_MODE2));
    digitalWrite(SS, LOW);
    delayMicroseconds(1);
    SPI.transfer16(Data);
    digitalWrite(SS, HIGH);
    SPI.endTransaction();
}

void setup() {
    pinMode(pin_CLK, INPUT);
    pinMode(pin_DT, INPUT);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin_CLK),
        EncoderRotate, RISING);

    // Вычисляем код частоты в формате с плавающей точкой
    ff = sf*((float)0x100000001/fgen);
    // Получаем двоичный код выходной частоты и делим его на
    // младшую и старшую две части
    f = (unsigned long)ff;
    lf = (f & 0x3ffff) | 0x40001;
    flsb = (unsigned int)lf;
    hf = (f >> 14) | 0x40001;
    fmsb = (unsigned int)hf;
    // Запускаем интерфейс SPI
    SPI.begin();
    // Сбрасываем генератор в исходное состояние
    WriteAD9834(0x2100);
    // Загружаем код частоты
    WriteAD9834(flsb);
    WriteAD9834(fmsb);
    // Задаем сдвиг по фазе равным нулю
    WriteAD9834(0xC000);
    // Запускаем генератор
    WriteAD9834(0x2000);
}

```

```

void loop() {
  if (oldPosition != Position)
  {
    // Запомнить текущую позицию
    oldPosition = Position;
    // Вычисляем код частоты в формате с плавающей точкой
    ff = ((sf + df*(float)Position)*(float)0x100000001)/fgen;
    // Получаем двоичный код выходной частоты и делим его на
    // младшую и старшую две части
    f = (unsigned long)ff;
    lf = (f & 0x3ffff) | 0x40001;
    flsb = (unsigned int)lf;
    hf = (f >> 14) | 0x40001;
    fmsb = (unsigned int)hf;
    // Загружаем новый код частоты в синтезатор
    WriteAD9834(0x2000);
    WriteAD9834(flsb);
    WriteAD9834(fmsb);
  }
}

```

При повороте ручки энкодера в ту или иную сторону генерируется прерывание и контроллер либо увеличивает, либо уменьшает значение переменной-счетчика положения энкодера Position. После любого изменения значения данной переменной контроллер заново вычисляет код частоты и загружает его в микросхему AD9834.

Форма сигнала на выходе генератора при частоте колебаний 2 МГц показана на рисунке 2. Амплитуда выходного сигнала – 2 В.

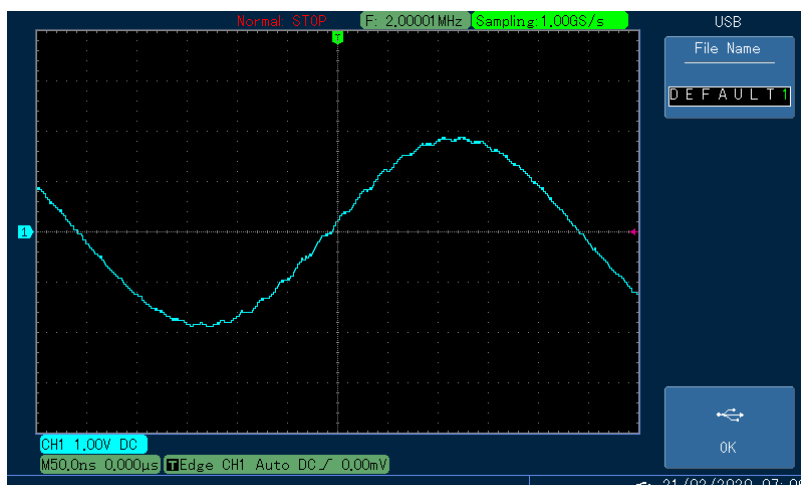


Рисунок 2. Осциллограмма сигнала на выходе генератора при частоте 2 МГц

Список использованной литературы

1. 20 mW Power, 2.3 V to 5.5 V, 75 MHz Complete DDSAD9834, Rev. D – Analog Devices, Inc., 2014.
2. AN-1070 application note. Programming the AD9833/AD9834 by Liam Riordan – Analog Devices, Inc., 2010.
3. Low Cost, 300 MHz Voltage Feedback Amplifiers AD8055/AD8056, Rev. E – Analog Devices, Inc., 2001.
4. Кулаков В.Г. Генератор на микросхеме AD9833 с инкрементальным энкодером. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200810082331.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).
5. Кулаков В.Г. Высокочастотный генератор на микросхеме AD9833 с многозвенным RC-фильтром. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200820074529.pdf> (дата обращения: 20.08.2020).
6. Кулаков В.Г. Генератор на основе контроллера Arduino и синтезатора AD9835, предназначенный для настройки фильтров с резонаторами. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/210311201517.pdf> (дата обращения: 11.03.2021).

© В.Г. Кулаков, 2021