

ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ СИНТЕЗАТОРА AD9850, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ФИЛЬТРОВ С РЕЗОНАТОРАМИ

Кулаков Владимир Геннадьевич
SPIN РИНЦ: 2111-7702

Контакт с автором: kulakovvlge@gmail.com

Данная статья продолжает тему об использовании цифровых синтезаторов сигналов для создания высокочастотных перестраиваемых генераторов. В статье рассматривается генератор синусоидального сигнала на основе контроллера Arduino и синтезатора AD9850, предназначенный для настройки фильтров с резонаторами. Генератор работоспособен на частотах до 30 МГц.

Цифровой синтезатор AD9850, выпускаемый корпорацией Analog Devices, способен формировать сигналы синусоидальной и прямоугольной формы с частотой от 0 до 62,5 МГц. Частота и фаза выходного сигнала AD9834 являются программируемыми: программирование осуществляется с внешнего микроконтроллера либо по параллельному, либо по последовательному интерфейсу.

На рисунке 1 в качестве примера показана простая схема высокочастотного генератора синусоидального сигнала, построенного на основе микросхемы AD9850BRSZ, 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 AD9850 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 80 МГц. Код K выходной частоты F для синтезатора AD9850 в таком случае должен вычисляться по следующей формуле:

$$K = F \times 2^{32} / 80000000.$$

Результат вычислений должен быть округлен до 32-разрядного целого числа без знака, а затем загружен в регистр синтезатора, хранящий код частоты.

Пример программы, позволяющей перестраивать частоту генератора с шагом 20 Гц в диапазоне от 9,996 до 10,004 МГц, приведен в листинге 1.

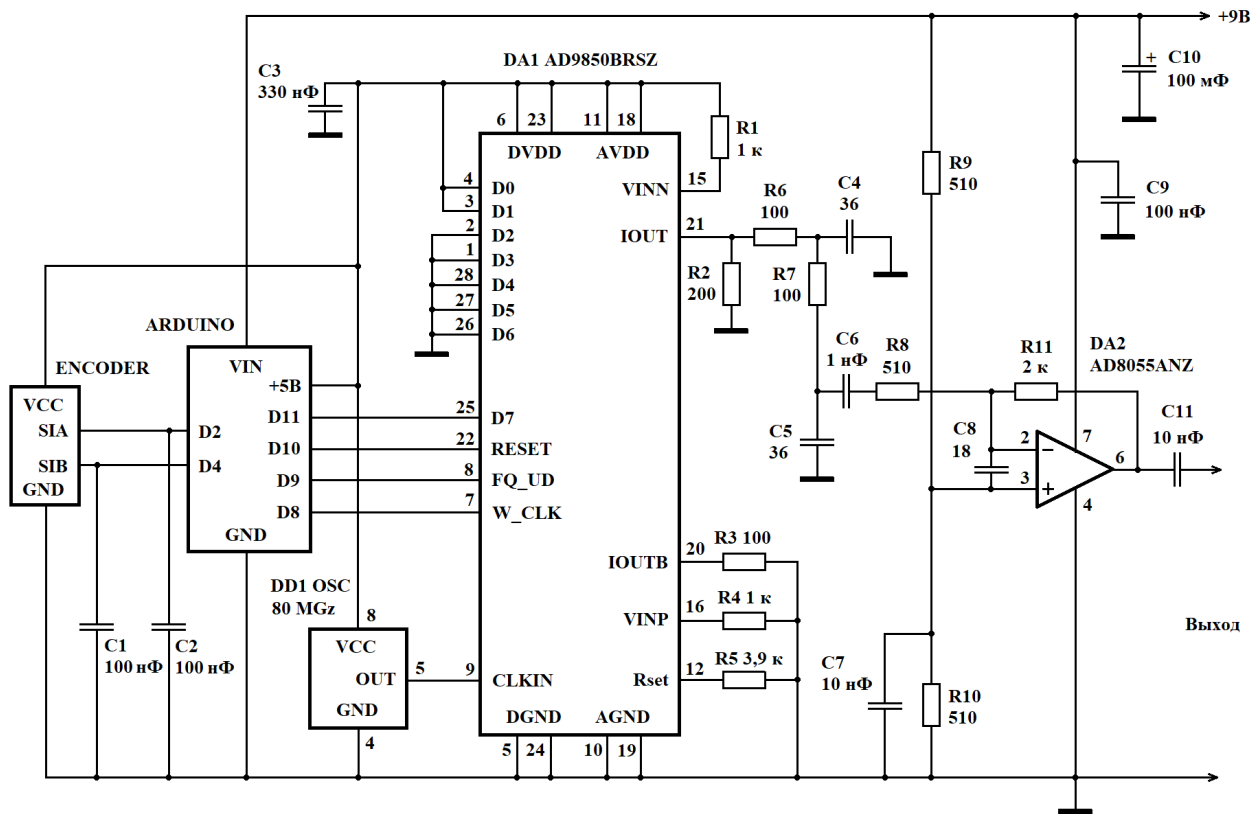


Рисунок 1. Схема высокочастотного генератора на микросхеме AD9850

Листинг 1. Пример программы, предназначенной для управления работой цифрового синтезатора сигналов AD9850

```
#include <Arduino.h>
#define W_CLK      8 // AD9850: W_CLK
#define FQ_UD     9 // AD9850: FQ_UD
#define RESET     10 // AD9850: RESET
#define DATA     11 // AD9850: Serial data
#define pin_CLK   2 // Энкодер: пин А
#define pin_DT    4 // Энкодер: пин В
#define PosLim 200 // Ограничитель изменения положения энкодера

const float fgen = 80.0E6; // Частота сигнала ГТИ, Гц
const float sf = 10.0E6; // Начальное значение выходной частоты
const float df = 50.0; // 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

// 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 инициализации AD9850
void AD9850init(){
    digitalWrite(RESET, HIGH);
    digitalWrite(RESET, LOW);
    digitalWrite(W_CLK, HIGH);
    digitalWrite(W_CLK, LOW);
    digitalWrite(FQ_UD, HIGH);
    digitalWrite(FQ_UD, LOW);
}

// Процедура для передачи кода частоты синтезатору AD9850
// по последовательному интерфейсу
void AD9850setfreq(unsigned long Freq){
    int i;
    unsigned long d;
    d = Freq;
    // Загрузка кода частоты
    for(i=0; i<32; i++)
    {
        if(d & 1 != 0) digitalWrite(DATA, HIGH);
        else digitalWrite(DATA, LOW);
        digitalWrite(W_CLK, HIGH);
        digitalWrite(W_CLK, LOW);
        d = d >> 1;
    }
    // Загрузка управляющего байта, заполненного нулями
    digitalWrite(DATA, LOW);
    for(i=0; i<8; i++)
    {
        digitalWrite(W_CLK, HIGH);
        digitalWrite(W_CLK, LOW);
    }
    // Завершение загрузки данных
    digitalWrite(FQ_UD, HIGH);
    digitalWrite(FQ_UD, LOW);
}

void setup() {
    int i;
    pinMode(W_CLK, OUTPUT);
    pinMode(FQ_UD, OUTPUT);
    pinMode(DATA, OUTPUT);
    pinMode(RESET, OUTPUT);
    pinMode(pin_CLK, INPUT);
    pinMode(pin_DT, INPUT);

    // Вычисляем начальный код частоты в формате с плавающей точкой
    ff = sf*(float)0x100001*(float)0x100001/fgen;
}

```

```

// Получаем двоичный код выходной частоты
f = (unsigned long)ff;
// Инициализируем микросхему AD9850
AD9850init();
// Загружаем код начального значения частоты
AD9850setfreq(f);

// Подключаем обработчик прерывания энкодера
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pin_CLK),
    EncoderRotate, RISING);
}

void loop() {
    if (oldPosition != Position)
    {
        // Запоминаем текущую позицию
        oldPosition = Position;
        // Вычисляем код частоты в формате с плавающей точкой
        ff=(sf+df*(float)Position)*(float)0x100001*(float)0x100001/fgen;
        // Получаем двоичный код выходной частоты
        f = (unsigned long)ff;
        // Загружаем код частоты
        AD9850setfreq(f);
    }
}
}

```

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 AD9850.

Форма сигнала на выходе генератора при частоте колебаний 10 МГц показана на рисунке 2. Амплитуда выходного сигнала составляет 2 В.

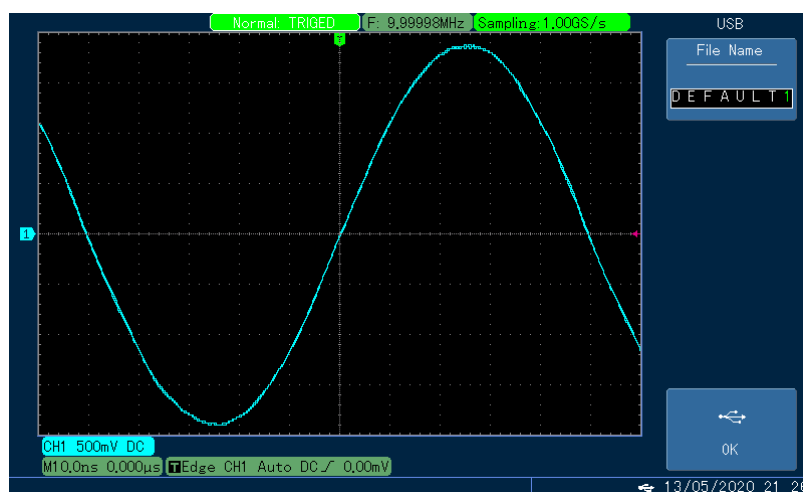


Рисунок 2. Осциллограмма сигнала на выходе генератора при частоте 10 МГц

Осциллограмма, демонстрирующая результат применения быстрого преобразования Фурье к сигналу на выходе генератора, приведена на рисунке 3.

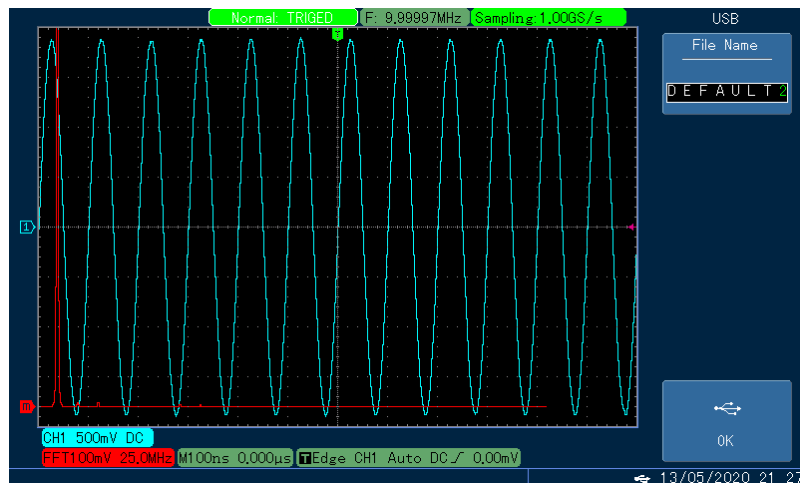


Рисунок 3. Результат применения быстрого преобразования Фурье

Список использованной литературы

1. CMOS, 125 MHz Complete DDS Synthesizer AD9850, Rev. H – Analog Devices, Inc., 2004.
2. 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).
3. 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).
4. 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).
5. Кулаков В.Г. Высокочастотный генератор на основе синтезатора AD9834. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/210319091654.pdf> (дата обращения: 19.03.2021).

© В.Г. Кулаков, 2021