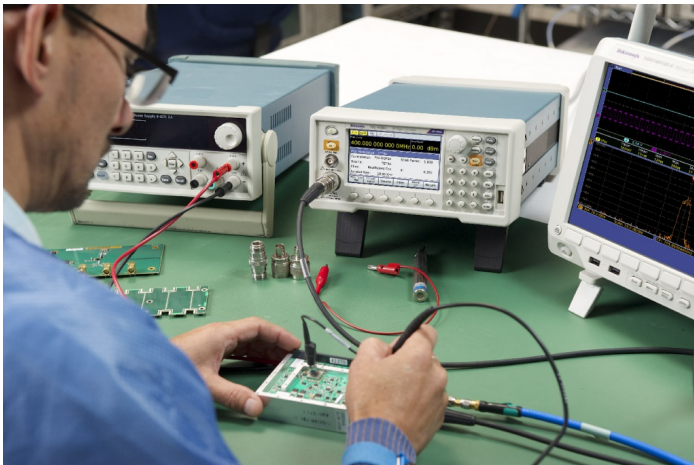


# Программный генератор сигналов на основе микроконтроллера STM32

Студент гр. 506: Вебер Данил Сергеевич  
Руководитель: ст.пр. Уланов Пётр Николаевич

Алтайский государственный университет

2024



Тестирование и отладка устройства.

**Цель:** разработка программного генератора сигналов на микроконтроллере.

**Задачи:**

- 1 Исследовать методы генерации сигналов и осуществить выбор;
- 2 Рассмотреть семейства микроконтроллеров и осуществить выбор;
- 3 Выбрать среду разработки;
- 4 Разработать программу;
- 5 Спроектировать устройство;
- 6 Протестировать генератор.

# Методы цифровой генерации сигнала

- ❶ Метод аппроксимации.
  - +: Малый объем памяти, так как хранятся только параметры сигнала.
  - : Высокие вычислительные затраты, что ограничивает максимальную частоту сигнала.
- ❷ CORDIC.
  - +: Быстродействие и высокая точность системы, благодаря итерационному методу.
  - : Сложность алгоритма и потребность в специализированных вычислениях.
- ❸ Табличный метод.
  - +: Возможность генерации сигналов с более высокой частотой из-за отсутствия вычислений.
  - : Необходимость хранения больших объёмов данных в памяти.
- ❹ Метод DDS.
  - +: Гибкость, простота реализации и высокая точность регулирования частоты.
  - : Потребность в дополнительных вычислениях для генерации сигнала.

Для адресации используется аккумулятор фазы и код частоты.

Старшая часть аккумулятора фазы отвечает за адресацию ячейки в таблице отсчётов, а младшая за шаг в этой таблице. Размером же шага является код частоты.

Аккумулятор фазы + Код частоты = Адрес отсчёта

$$0x0000 + 0x0100 = 0x0100$$

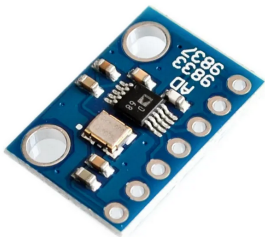
$$0x0000 + 0x0200 = 0x0200$$

$$0x0000 + 0x0080 + 0x0080 = 0x0100$$



Алгоритм метода DDS.

# Существующие генераторы



Модуль AD9833.



АКТАКОМ AWG-4112.

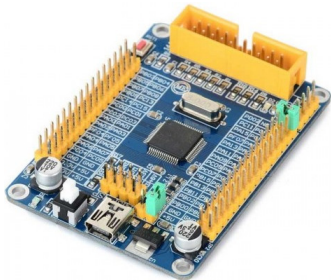
+: компактность, возможность интеграции с другими компонентами.  
—: необходимость в управляющем устройстве.

+: высокая точность, широкий диапазон частот.  
—: большие размеры, высокая стоимость.

## Параметры микроконтроллеров

Параметр	ATtiny10	ATmega32	STM32L010F4	STM32F103xC
Частота	20 МГц	20 МГц	32 МГц	72 МГц
FLASH	1 Кбайт	32 Кбайт	16 Кбайт	256 Кбайт
RAM	64 байт	2 Кбайт	2 Кбайт	48 Кбайт
SPI	-	+	+	+
I2C	-	+	+	+
Питание	1,8 — 5,5 В	1,8 — 5,5 В	1,8 — 3,6 В	1,8 — 3,6 В

# Выбор микроконтроллера и среды разработки



Микроконтроллер



IDE

Микроконтроллер: STM32F103RCT6 на отладочной плате.

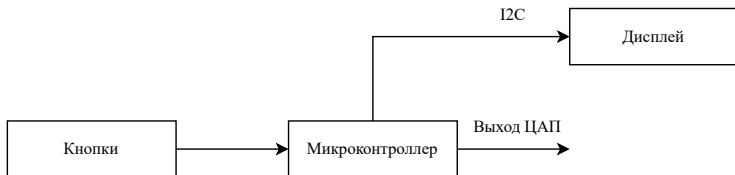
Среда разработки: VSCode + PlatformIO.

Язык программирования: C.

Библиотека: libopenstm3.



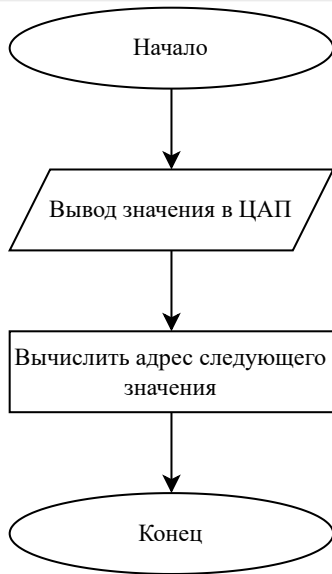
# Программа для генерации сигналов



Структурная схема генератора сигналов.

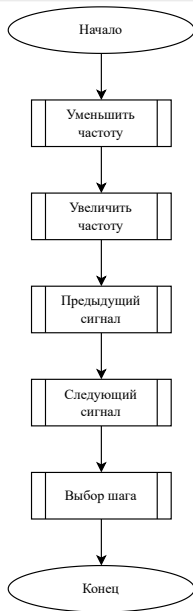
Программа должна выполнять три действия:

- 1 Вывод отсчёта в ЦАП;
- 2 Обработка кнопок;
- 3 Вывод информации на дисплей.



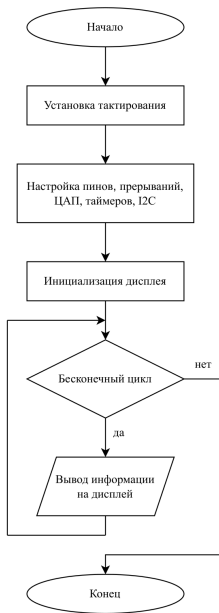
Блок-схема алгоритма вывода отсчёта в ЦАП (прерывание таймера 2).

# Программа для генерации сигналов



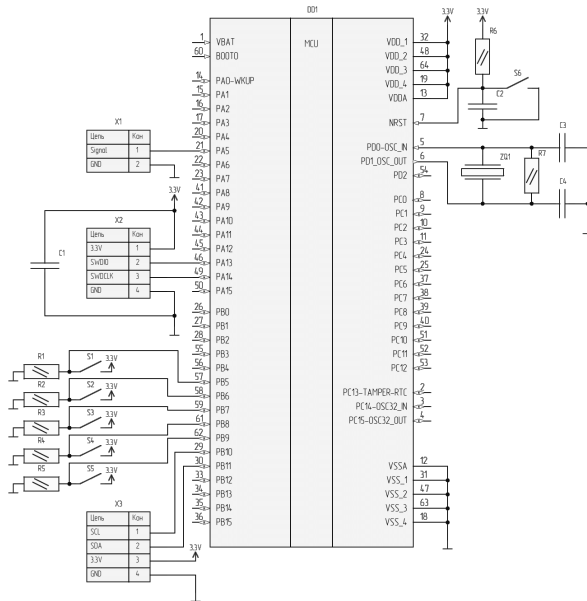
Блок-схема алгоритма обработки кнопок (прерывание таймера 3).

# Программа для генерации сигналов



Блок-схема алгоритма главной функции.

# Проектирование генератора сигналов



Фрагмент схемы электрической принципиальной.

# Проектирование генератора сигналов

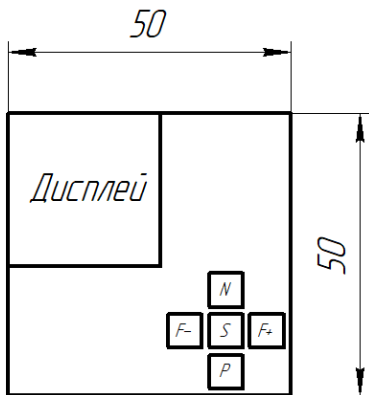
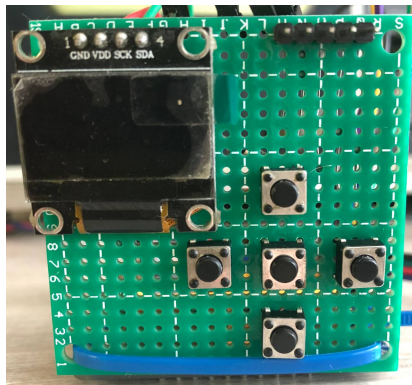
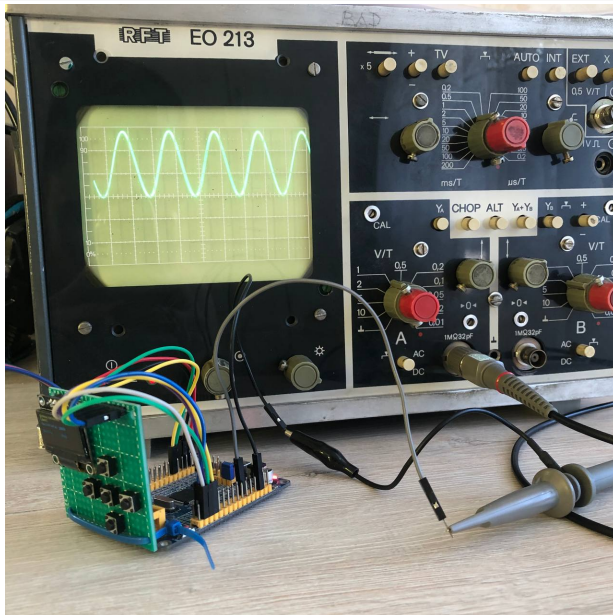


Схема расположения периферии

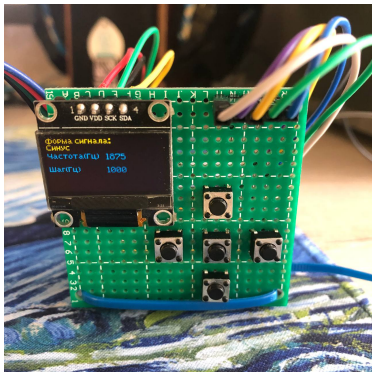


Полученная плата периферии

# Проектирование генератора сигналов



Макет устройства.



Состояние устройства.

## ▼ КОНТРОЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

f: 1875

p\_step: 360

step: 192

num\_step: 4 '\004'

num\_sig: 1 '\001'

## ▼ signal: [256]

0: 2048

1: 2092

2: 2136

3: 2180

4: 2224

5: 2268

6: 2312

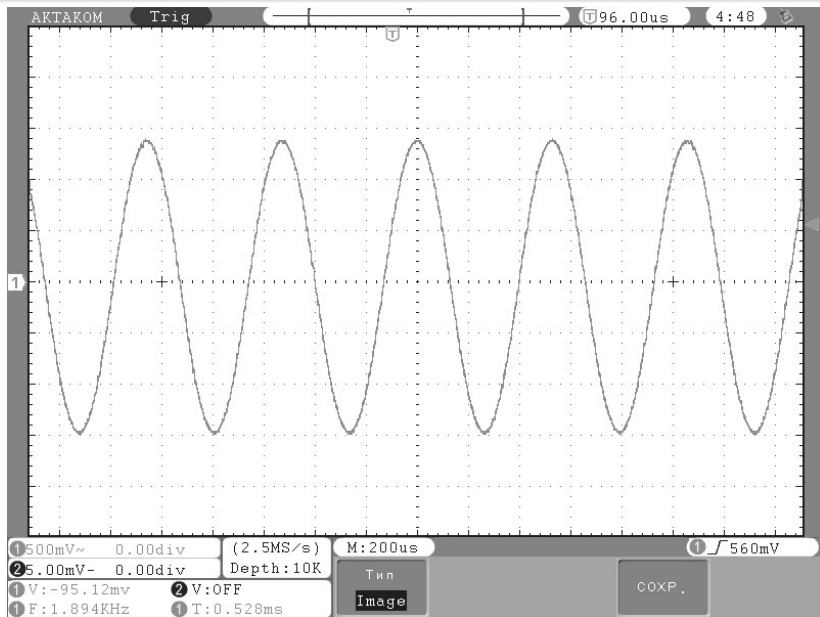
7: 2355



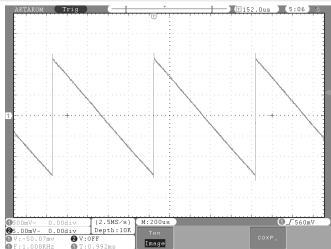
Состояние в отладке.



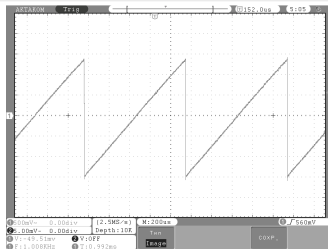
# Тестирование



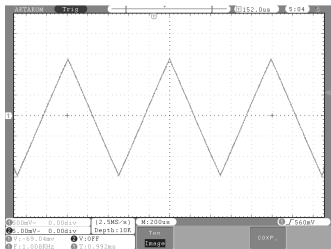
Синусоидальный сигнал с частотой 1875 Гц.



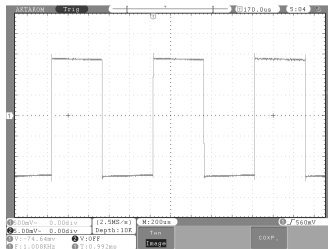
Обратная пилообразная



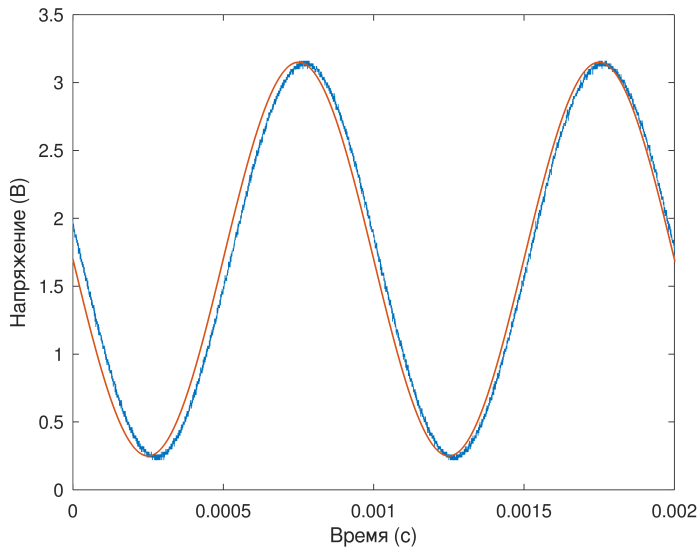
Пилообразная



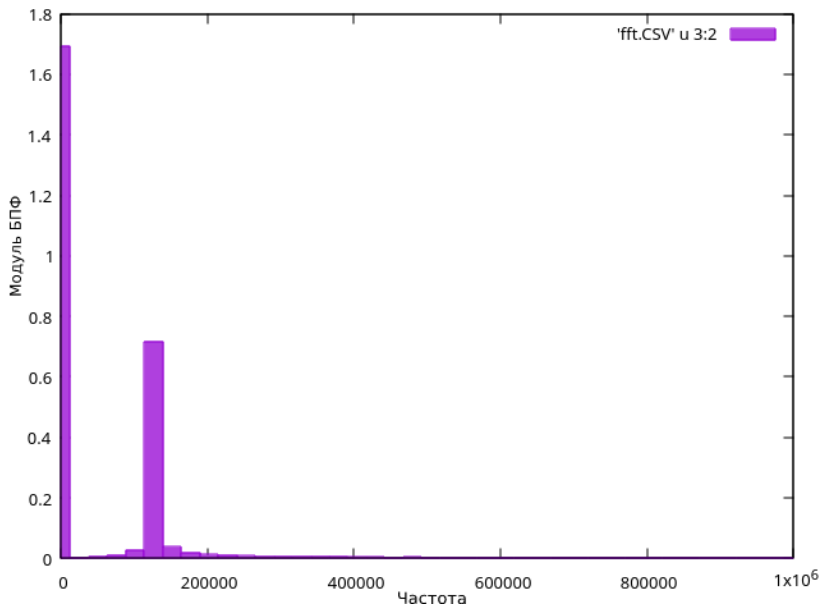
Треугольная



Прямоугольная



Сравнение записанного (синий) и идеального (оранжевый) сигналов.



Спектр сигнала.

В ходе выполнения работы цель была достигнута: разработан программный генератор сигналов на микроконтроллере STM32F103RCT6, позволяющий генерировать сигналы разной формы со следующими характеристиками:

- Формы сигналов: синус, треугольник, прямоугольник, пилообразная, обратная пилообразная.
- Частота сигнала: 125 — 50000 Гц.
- Шаг по частоте: 125, 250, 500, 1000 Гц.

Были выполнены все поставленные задачи, а именно:

1. Выбран метод генерации сигналов;
2. Выбран микроконтроллер;
3. Выбрана среда разработки;
4. Разработана программа;
5. Спроектировано устройство;
6. Протестирован генератор.

Спасибо за внимание!