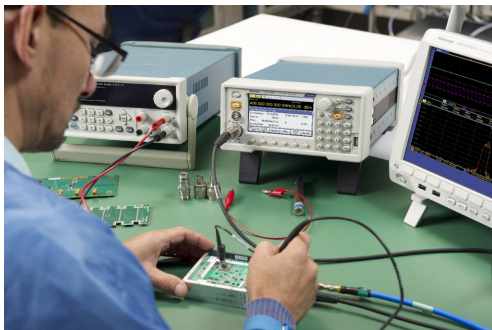


Программный генератор сигналов на основе микроконтроллера STM32

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

Алтайский государственный университет

2024



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

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

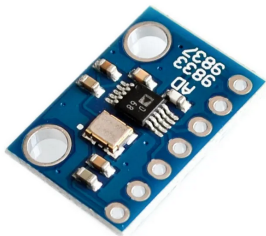
$$0x0000 + 0x0200 = 0x0200$$

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



Рис. 1: Алгоритм метода DDS.

Существующие генераторы



(a) Модуль AD9833.



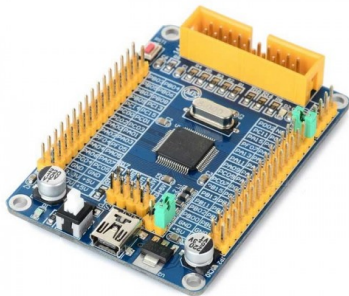
(b) АКТАКОМ AWG-4112.

Рис. 2: Генераторы сигналов.

Таблица 1: 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: STM32F103RCT6 на отладочной плате.

Среда разработки: VSCode + PlatformIO.

Язык программирования: C.

Библиотека: libopenstm3.

Программа для генерации сигналов

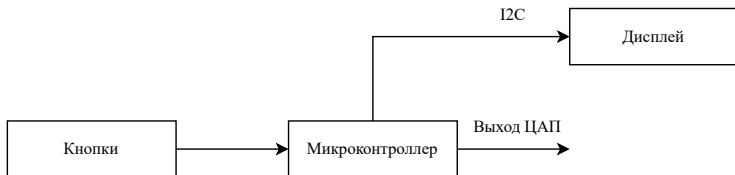


Рис. 4: Структурная схема генератора сигналов.

Программа должна выполнять три действия:

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

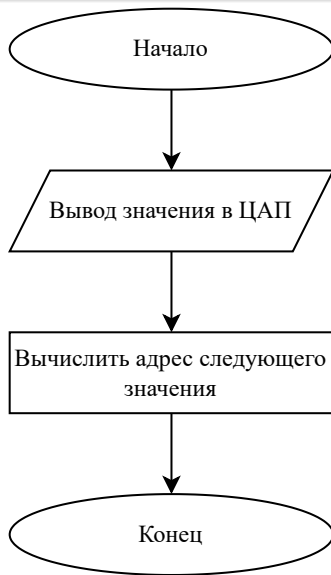


Рис. 5: Блок-схема алгоритма вывода отсчёта в ЦАП.

Программа для генерации сигналов

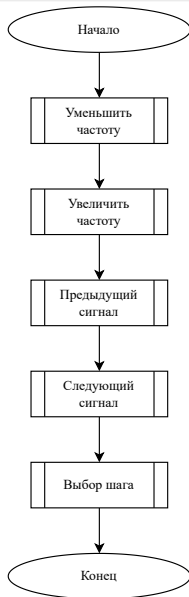
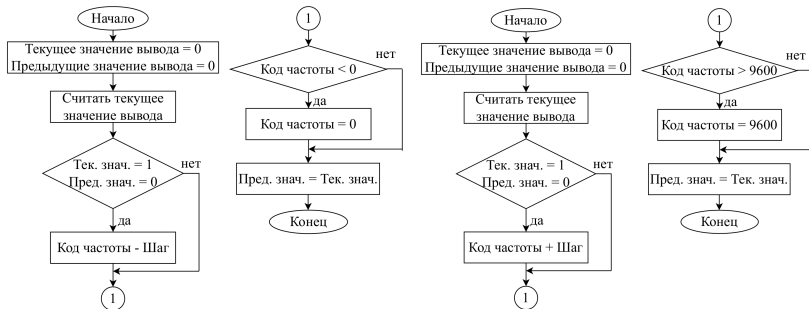


Рис. 6: Блок-схема алгоритма обработки кнопок.

Проектирование генератора сигналов



(а) Блок-схема алгоритма уменьшения частоты.

(б) Блок-схема алгоритма увеличения частоты.

Рис. 7: Блок-схемы алгоритмов регулировки частоты.

Программа для генерации сигналов

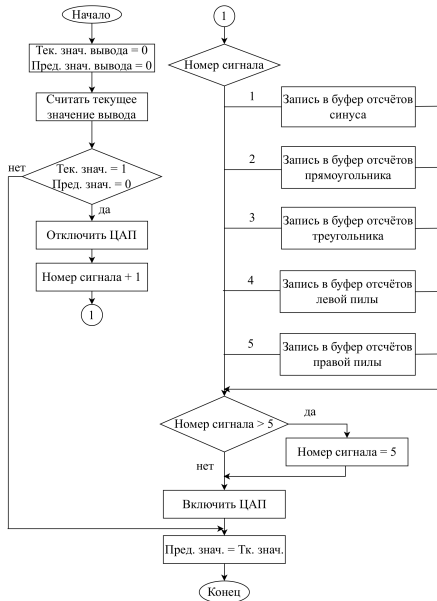


Рис. 8: Блок-схема алгоритма выбора следующего сигнала.

Программа для генерации сигналов

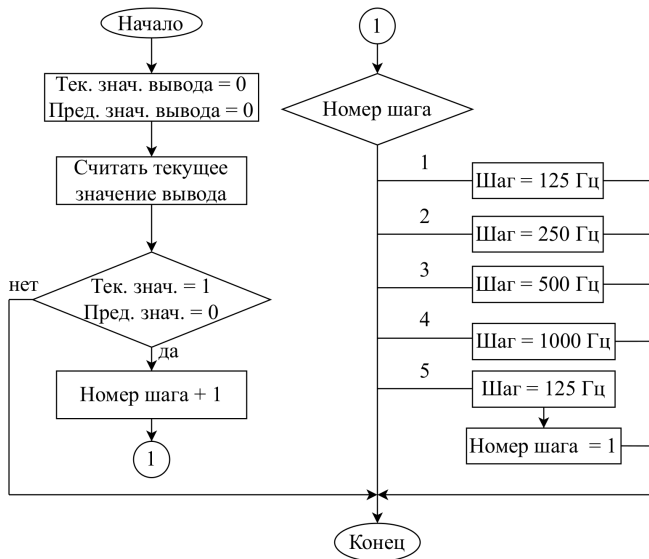


Рис. 9: Блок-схема алгоритма выбора шага.

Программа для генерации сигналов

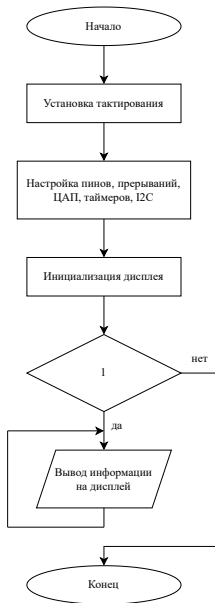


Рис. 10: Блок-схема алгоритма главной функции.

Программа для генерации сигналов

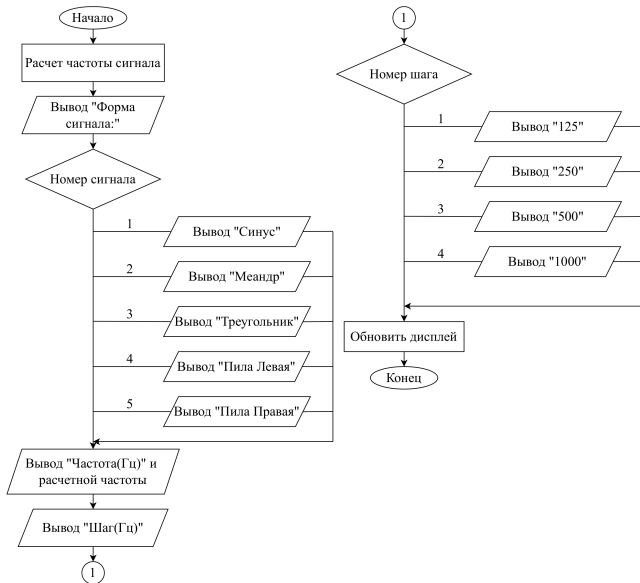


Рис. 11: Блок-схема алгоритма работы дисплея.

Проектирование генератора сигналов

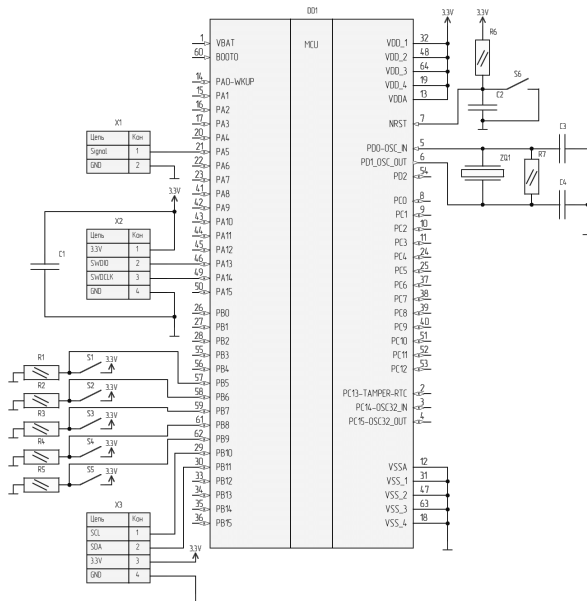
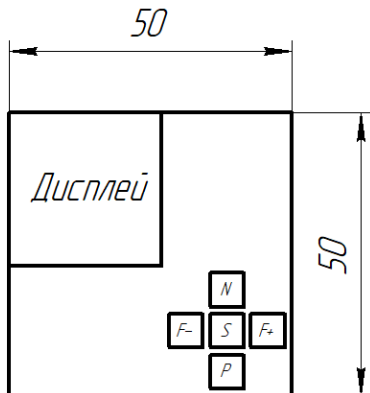
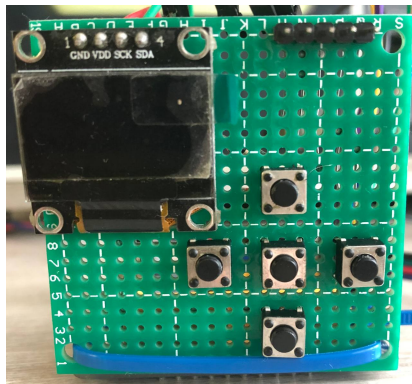


Рис. 12: Фрагмент схемы электрической принципиальной.



(a) Схема расположения периферии



(b) Полученная плата периферии

Рис. 13: Конструирование платы периферии.

Проектирование генератора сигналов

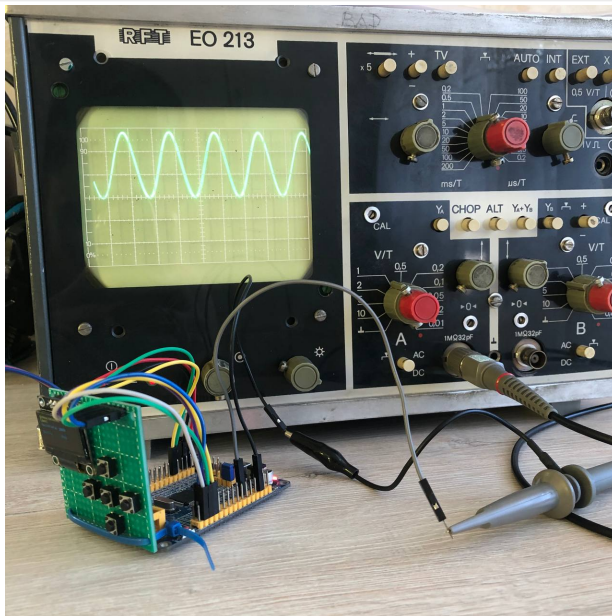
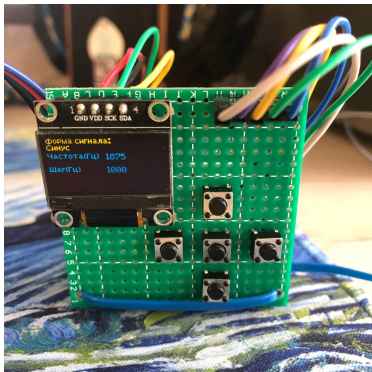


Рис. 14: Макет устройства.



(a) 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
```



(b) Состояние в отладчике.

Рис. 15: Работа устройства.

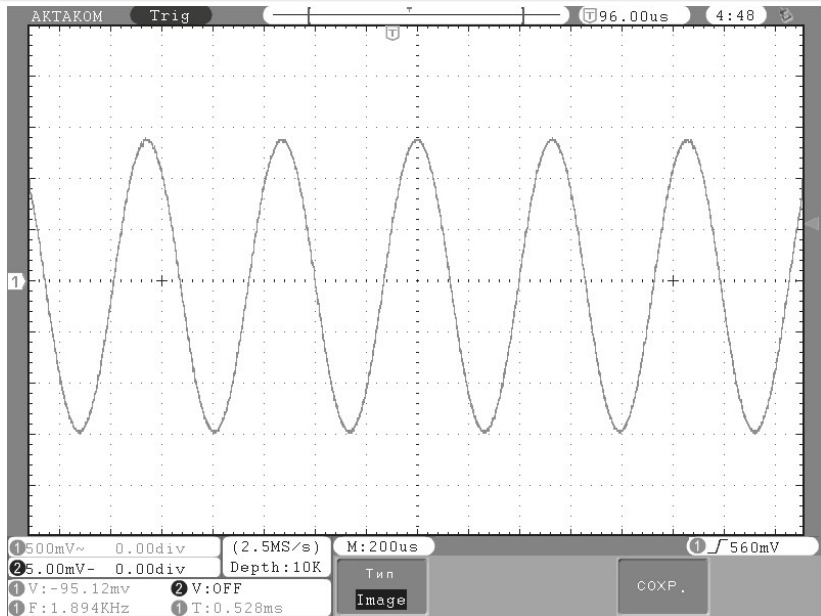


Рис. 16: Синусоидальный сигнал с частотой 1875 Гц.

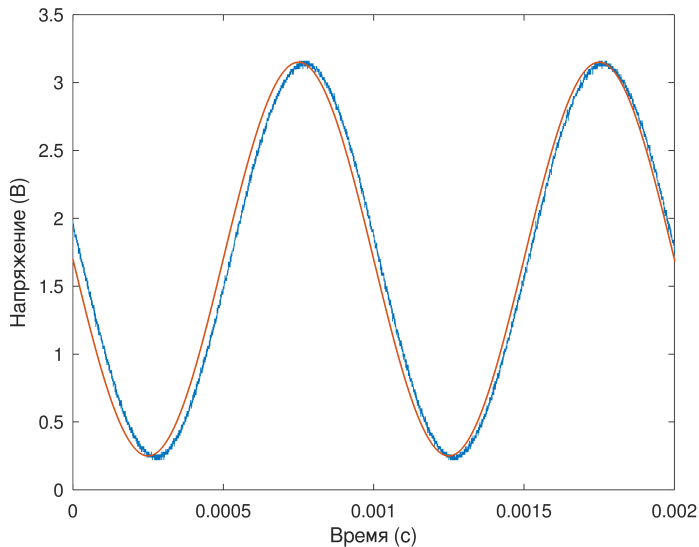


Рис. 17: Сравнение записанного (синий) и идеального (оранжевый) сигналов.

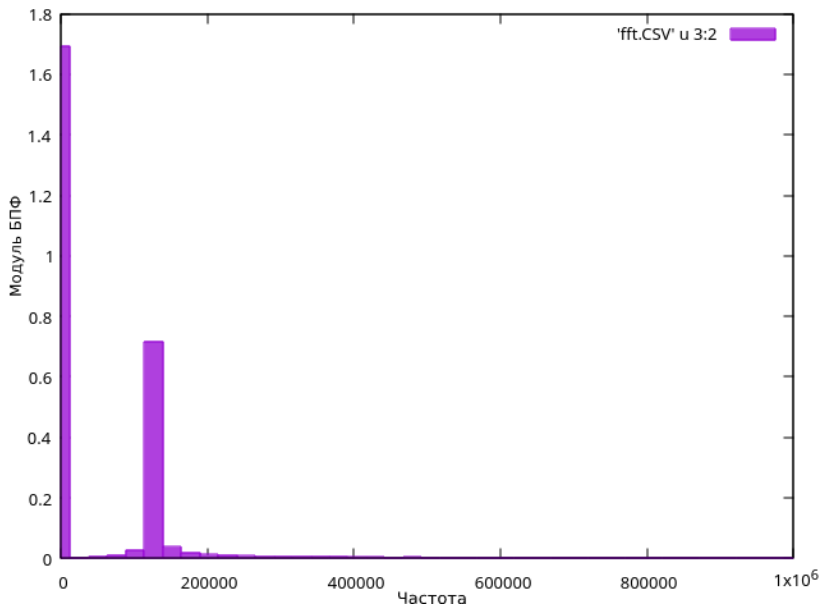


Рис. 18: Спектр сигнала.

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

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!