

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
«Пермский государственный национальный исследовательский университет»
Физический факультет
Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

Разработка одноканального цифрового фотоплетизмографа для оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека

Выполнил: студент 3 курса

Трясолобова А.А.

Направление: Радиофизика

Группа: РФЗ-2

Руководитель:

старший преподаватель кафедры
радиоэлектроники и защиты информации

Манцуров А.В.

Пермь, 2021

Что такое фотоплетизмография

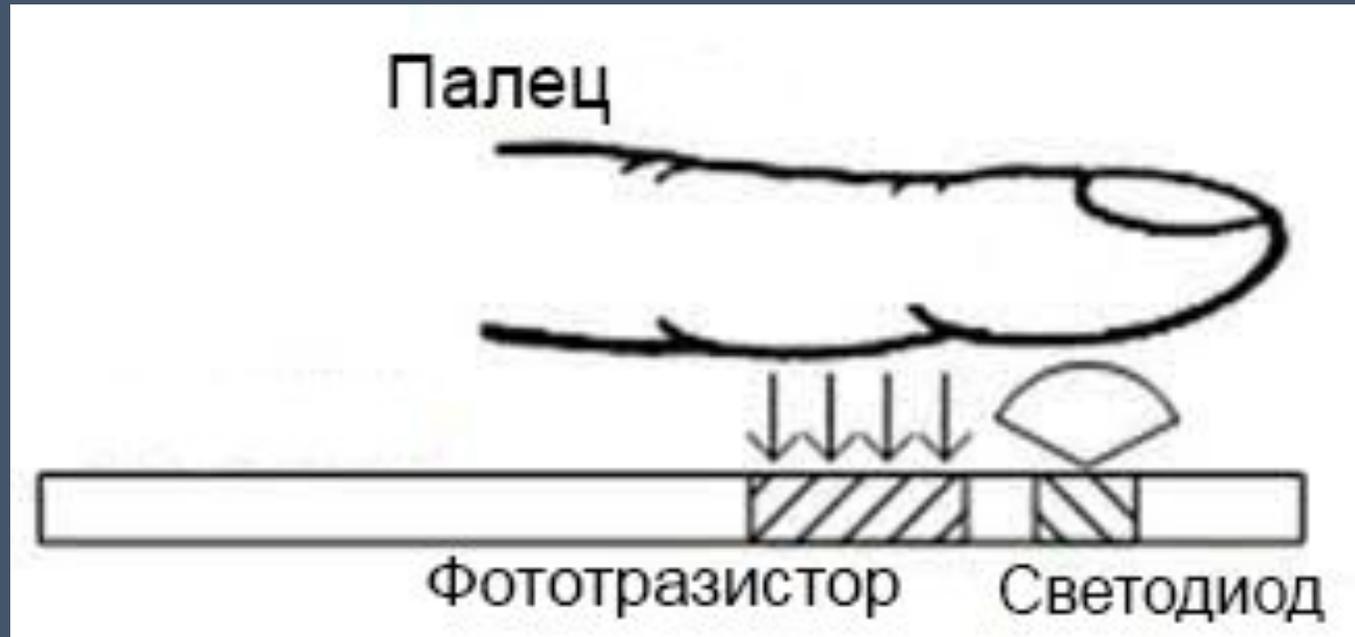
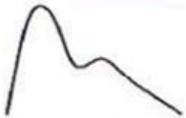
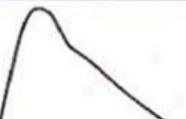


Схема работы фотоплетизмографа.

Что такое фотоплетизмография

Класс	Форма сигнала	Примечание	увеличение жёсткости артерии	увеличение возраста пациента
1		Отчётливо видна отдельная впадина на нисходящей части кривой ФПГ. Данный класс часто встречается у молодых пациентов.		
2		Впадина отсутствует, на её месте имеется горизонтальный участок.		
3a		Нет ни впадины, ни горизонтального участка, но имеется резкое изменение угла спадающей части ФПГ сигнала.		
3b		Нет ни впадины, ни горизонтального участка, имеется резкое изменение угла спадающей части ФПГ сигнала на нисходящей части, а также на восходящей части имеется изменение угла подъёма кривой.		
4		Нет ни впадины, ни горизонтального участка, ни скачка угла, кривая ФПГ имеет сглаженную форму. Данный класс часто встречается у пожилых пациентов.		

Классификация сигналов ФПГ

1)



1) Компьютерный фотоплетизмограф "Элдар";

2) Компьютерный фотоплетизмограф Pulse Lite

- регистрация фотоплетизмограммы;
- измерение мгновенной ЧСС;
- сохранение записи ФПГ в файл.

2)



Цели и задачи

Целью данной работы является разработка цифрового фотоплетизмографа с возможностью получения как самой фотоплетизмограммы, так и ее спектрограммы и усредненного спектра, который станет программно-аппаратной платформой для дальнейшего исследования нейросетевых алгоритмов.

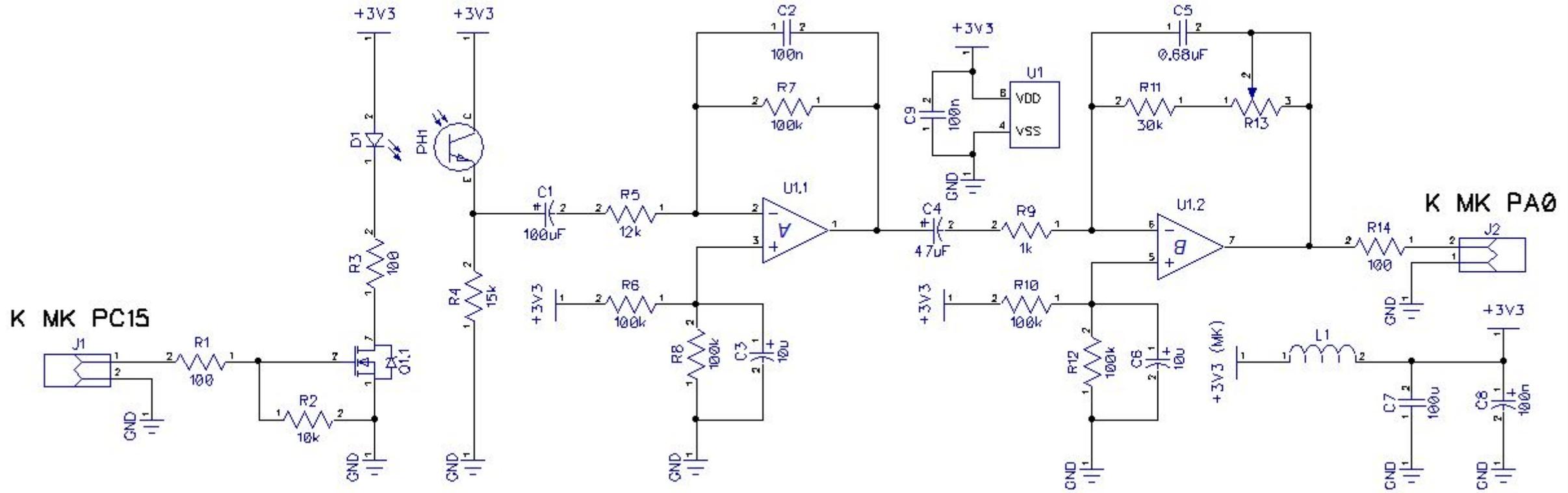
Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить соответствующую литературу;
- разработать функциональную и принципиальную схемы фотоплетизмографа;
- разработать макет фотоплетизмографа;
- разработать код для микроконтроллера STM32 на языке программирования C;
- разработать приложение на языке C# для управления фотоплетизмографом и обработки фотоплетизмограммы;
- провести испытания прибора.

Функциональная схема



Принципиальная схема



Расчет усилителя

Запишем законы Кирхгофа для схемы относительно узла А:

$$I_1 = I_2 + I_3 \quad (1); \quad U_{\text{ВХ}} - \varphi_n = I_1 \left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_5 \right) \quad (2)$$

$$\varphi_n - U_{\text{ВЫХ}} = I_2 \frac{1}{j\omega C_2} \quad (3); \quad \varphi_n - U_{\text{ВЫХ}} = I_3 R_7 \quad (4)$$

Подставив уравнение 1 в 2 получим $U_{\text{ВХ}} - \varphi_n = (I_2 + I_3) \left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_5 \right)$ (5).

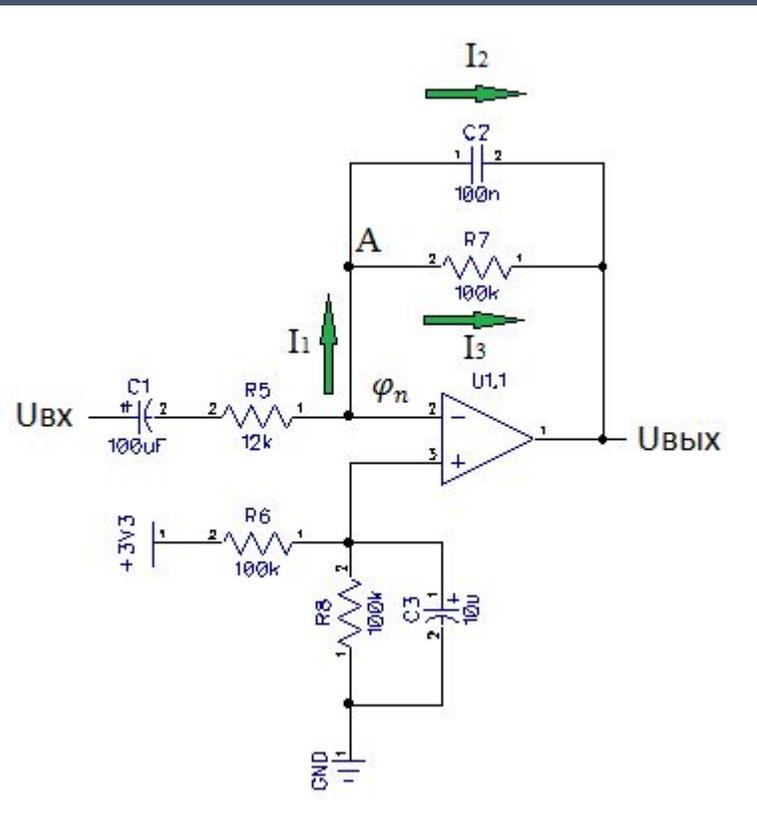
Выразив токи из уравнений 3 в 4 и подставив их в 5 получим

$$U_{\text{ВХ}} - \varphi_n = (\varphi_n - U_{\text{ВЫХ}}) \left(\frac{1}{R_7} + j\omega C_2 \right) \left(\frac{1}{j\omega C_1} + R_5 \right)$$

ИЛИ

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}} - \varphi_n}{U_{\text{ВХ}} - \varphi_n} = - \frac{j\omega C_1 R_7}{(1 - \omega^2 C_1 C_2 R_5 R_7) + j\omega(C_1 R_5 + C_2 R_7)}$$

Принципиальная схема усилителя



Расчет усилителя

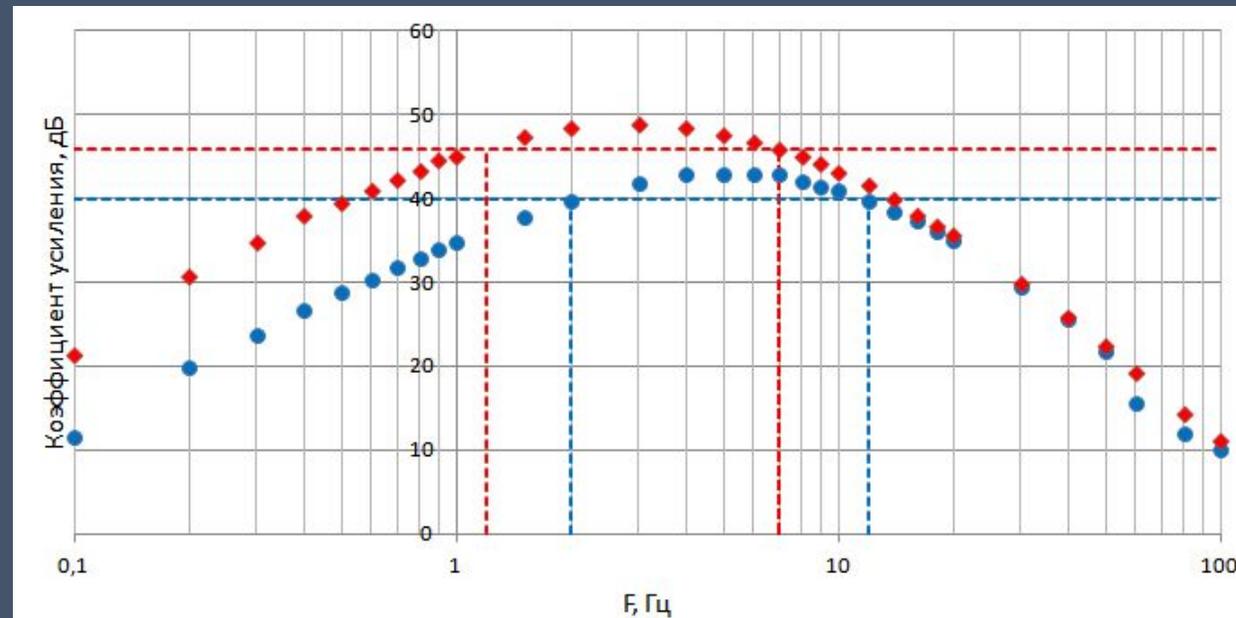
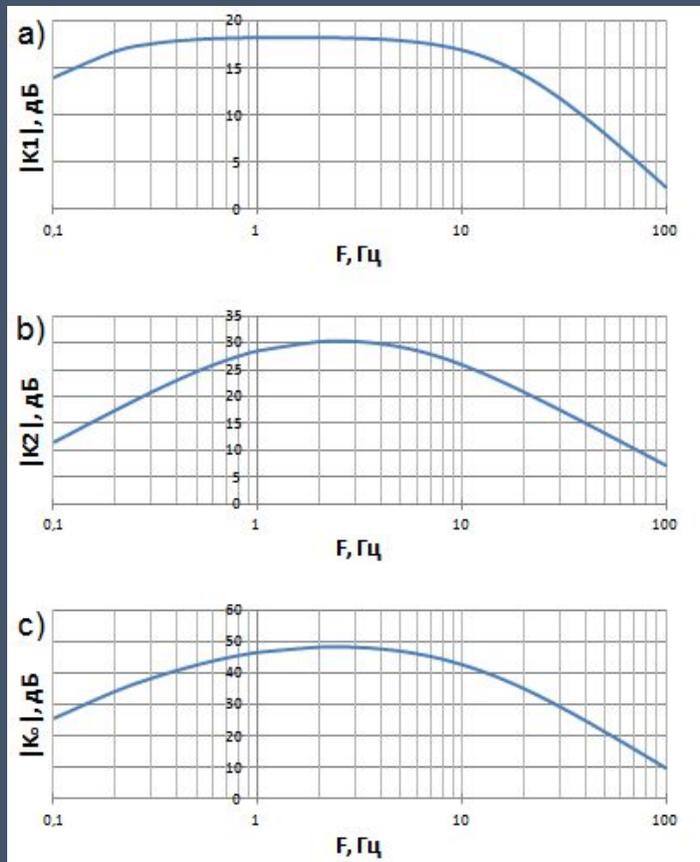
Поскольку в схеме присутствует ООС, то потенциалы инвертирующего и неинвертирующего входов стремятся быть равными друг другу. А потенциал неинвертирующего входа равен напряжению смещения в 1.65 В. Так как выходной сигнал будет усилен относительно этого уровня смещения для удобства примем его за нуль, а в таком случае и потенциал инвертирующего входа будет стремиться к нулю $\varphi_n \rightarrow 0$. Тогда

$$\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = - \frac{j\omega C_1 R_7}{(1 - \omega^2 C_1 C_2 R_5 R_7) + j\omega(C_1 R_5 + C_2 R_7)}.$$

Отношение комплексного выходного напряжения к комплексному входному напряжению является комплексным частотным коэффициентом передачи $|K(j\omega)|$, модуль которого является амплитудно-частотной характеристикой усилителя. Вычислив модуль получаем выражение для АЧХ:

$$|K(j\omega)| = \left| \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} \right| = \frac{\omega C_1 R_7}{\sqrt{(1 - \omega^2 C_1 C_2 R_5 R_7)^2 + \omega^2 (C_1 R_5 + C_2 R_7)^2}}.$$

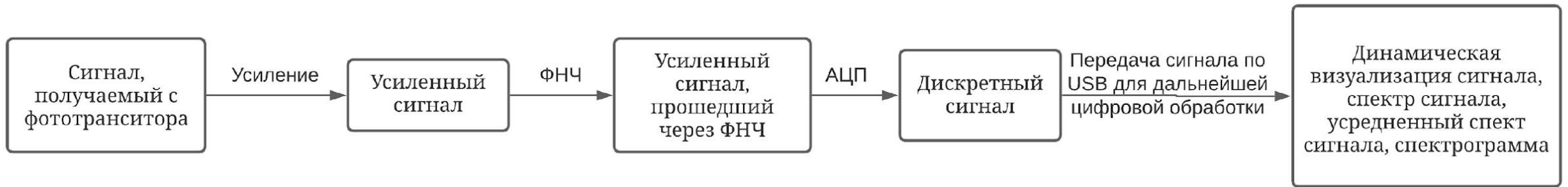
Расчет АЧХ



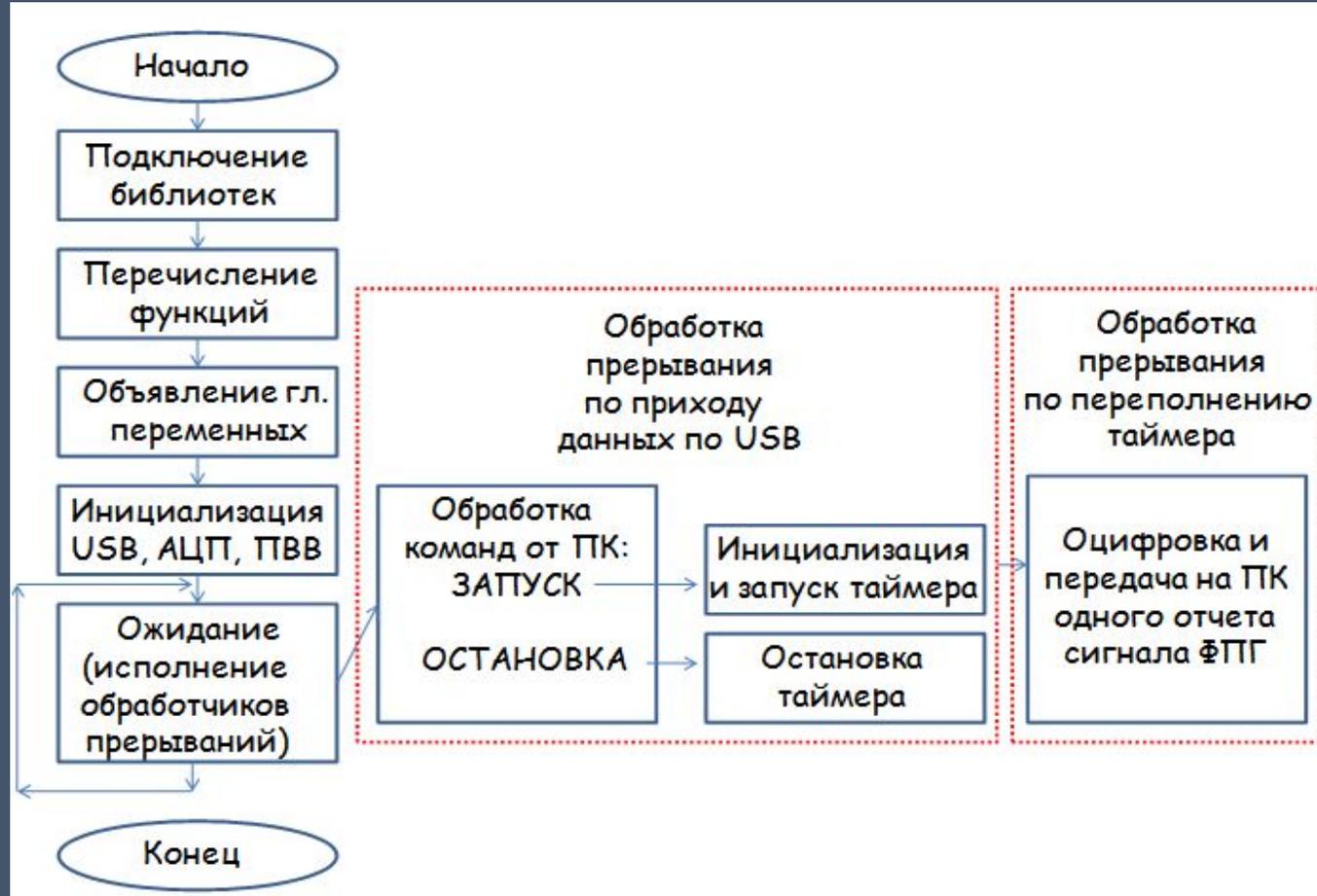
АЧХ усилителя, полученная во время эксперимента.

а) АЧХ первого усилителя, б) АЧХ второго усилителя, в) общая АЧХ усилителей.

Оцифровка сигнала



Программная часть



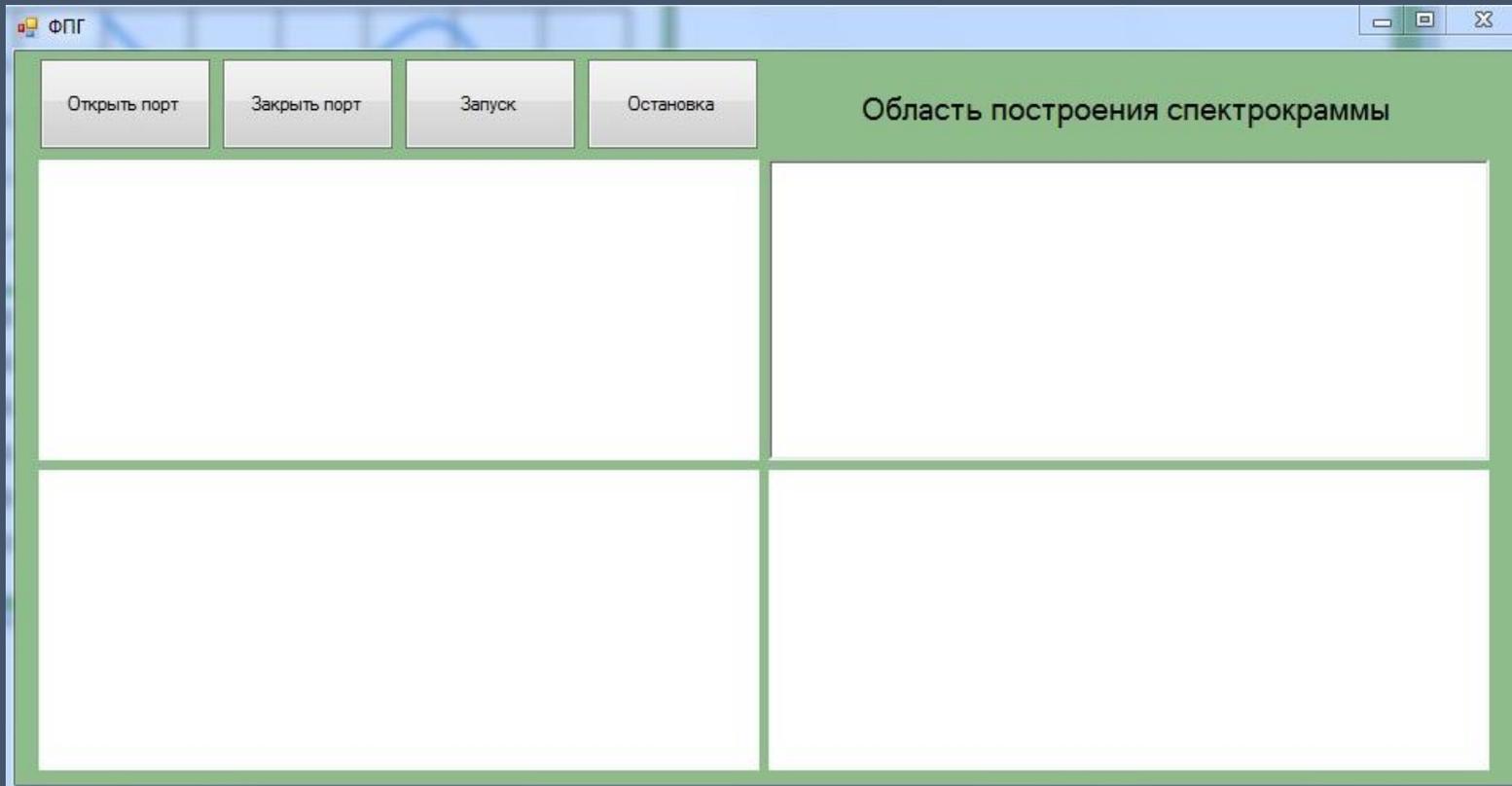
Блок-схема программы микроконтроллера.

```
// Подключение библиотек
#include "stm32f10x.h"
#include "stm32f10x_gpio.h"
#include "stm32f10x_rcc.h"
#include "stm32f10x_usart.h"
#include "stm32f10x_tim.h"
#include "stm32f10x_adc.h"
#include "misc.h"
#include "hw_config.h"
#include "usb_lib.h"
#include "usb_desc.h"
#include "usb_pwr.h"
```

```
// Объявление глобальных переменных и структур для
инициализации АЦП, ПВВ и таймера
ADC_InitTypeDef      ADC_InitStructure;
GPIO_InitTypeDef     InitStruct;
TIM_TimeBaseInitTypeDef timer;
uint16_t res = 0;

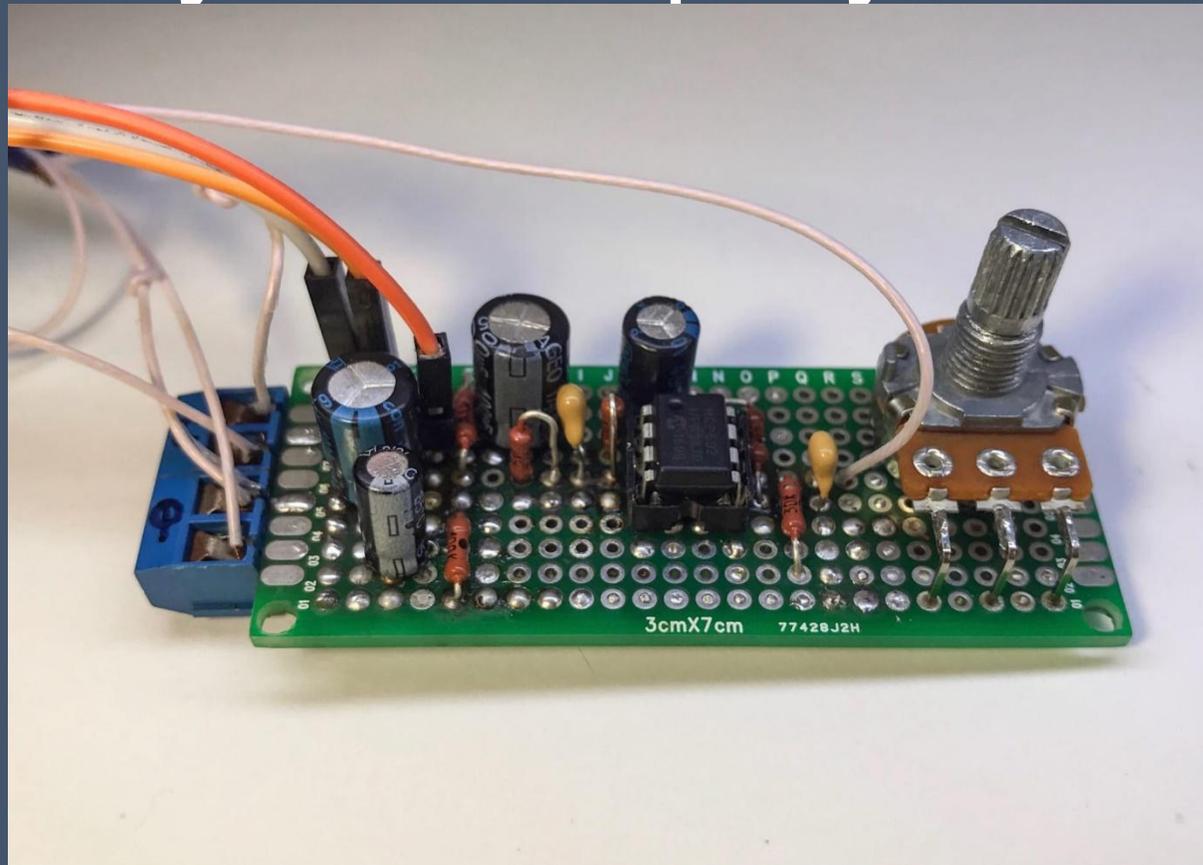
// Список реализованных функций
void USB_Init_Function();      // Инициализация USB
void ADC_Initialization();     // Инициализация АЦП
void Green_LED_Init();        // Инициализация пина для
управления светодиодом
void TIM2_IRQHandler();       // Обработчик прерывания
таймера
uint16_t readADC1(uint8_t channel); // Запуск АЦП и
возврат результата преобразования
```

Программная часть

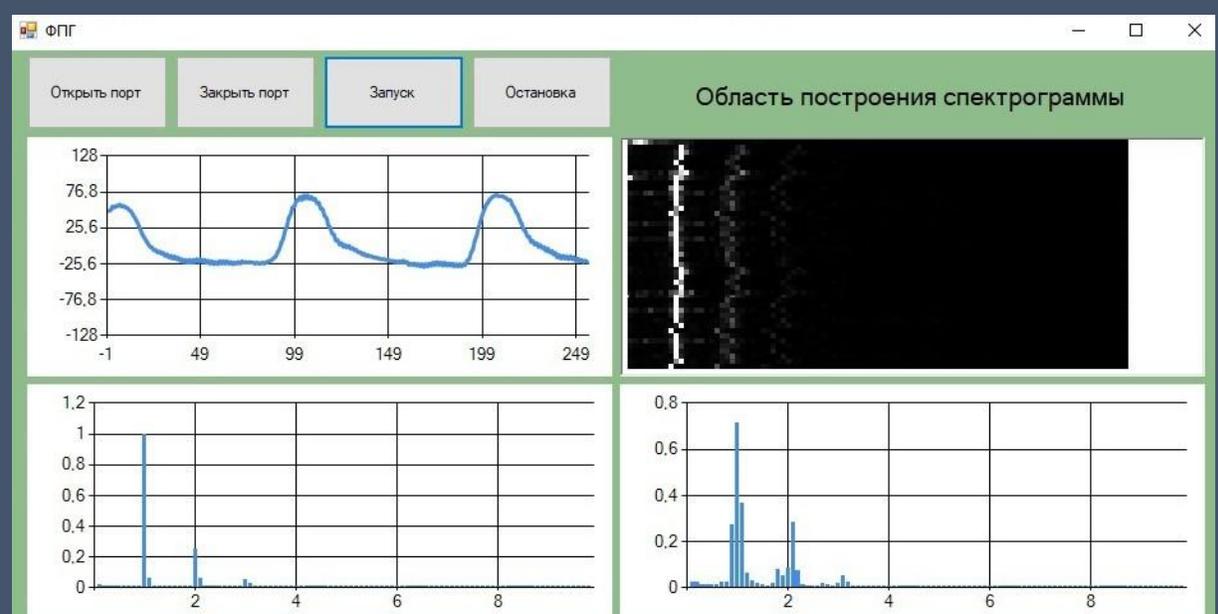
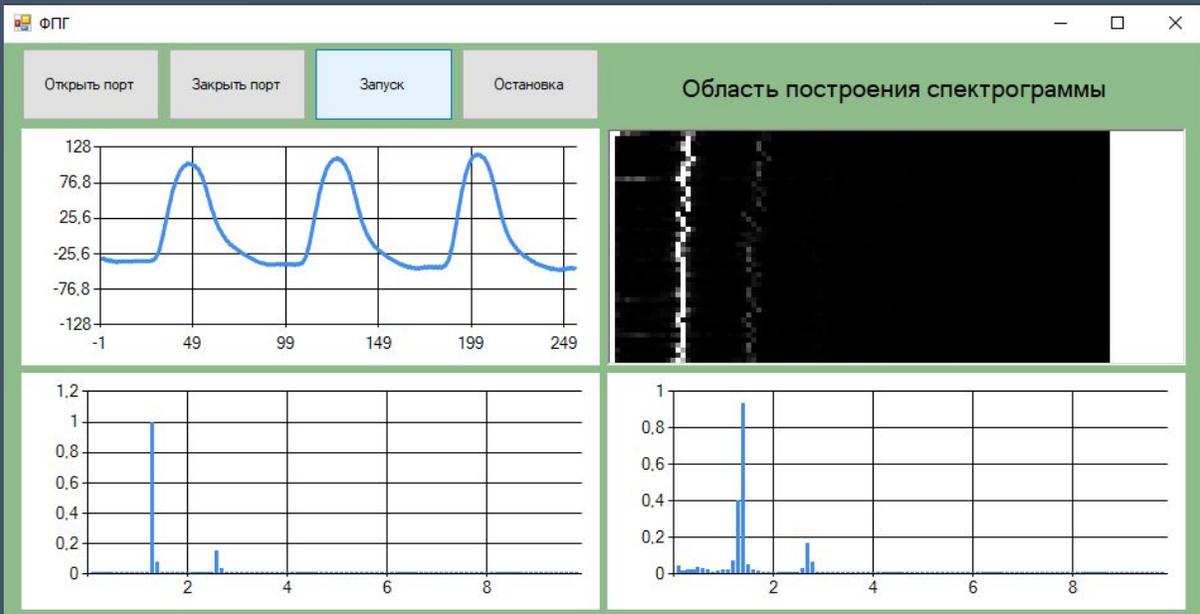
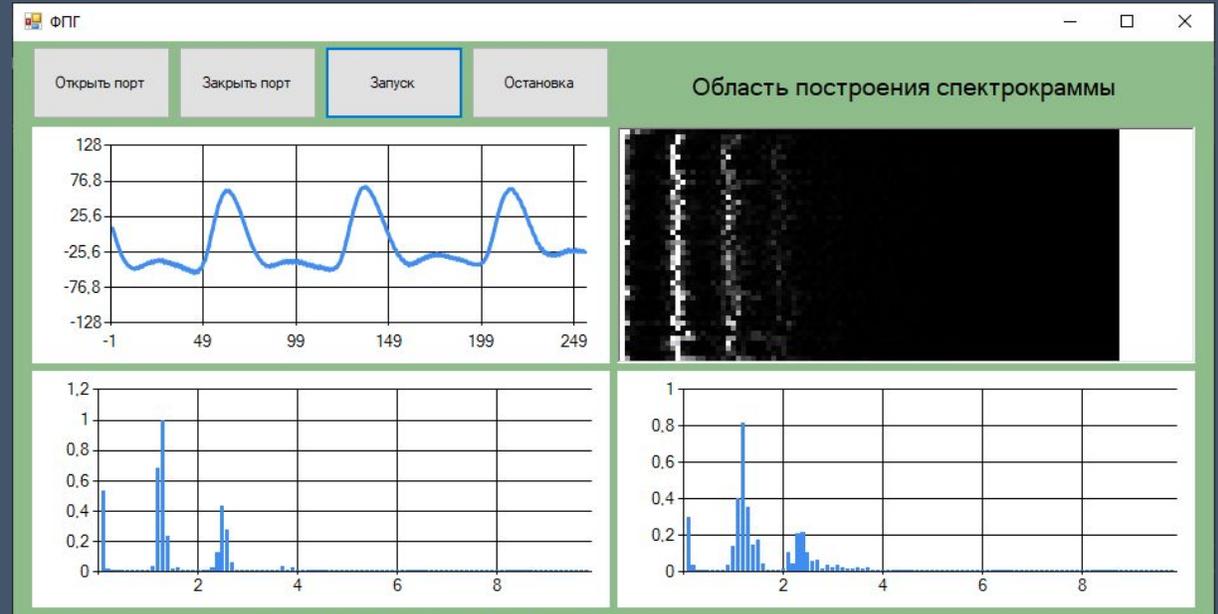
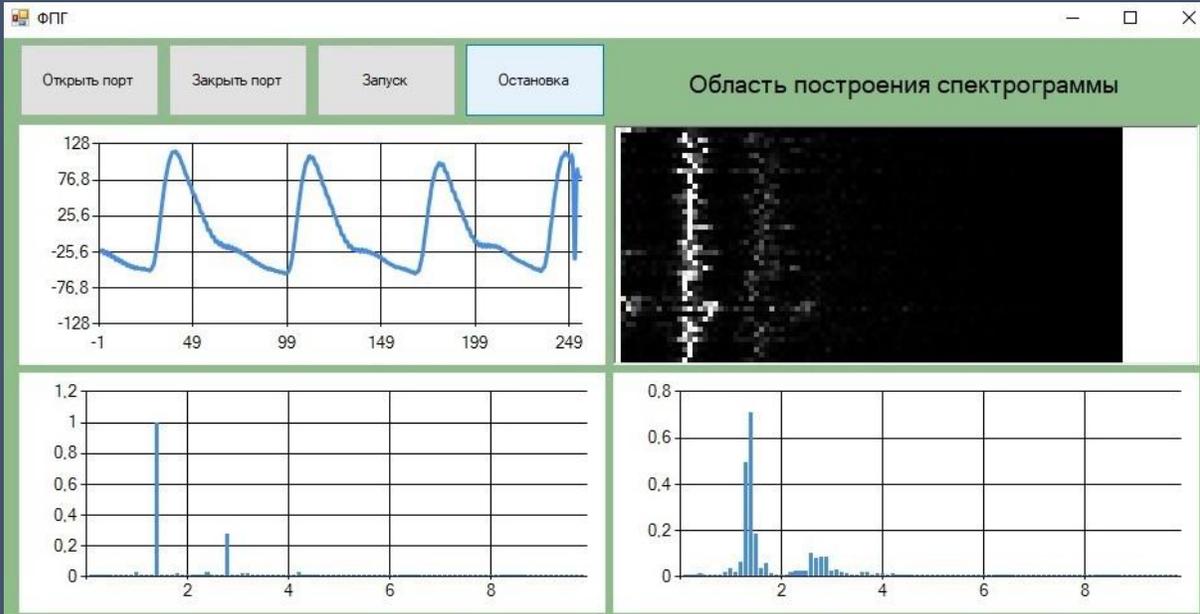


Интерфейс программы.

Полученные результаты



Готовое
устройство



Выводы

- построена функциональная схема, которая послужила основой для разработки отдельных блоков фотоплетизмографа;
- построены принципиальная схема и макет фотоплетизмографа;
- в среде программирования CoCoX разработана программа для микроконтроллера на языке C;
- разработано приложение на языке C# для управления фотоплетизмографом, а также обработки данных, получаемых в ходе работы устройства.

Спасибо за внимание