



# **Разработка модуля сопряжения панорамного измерителя и ПК для оцифровки аналоговых данных**

Студент – Романов А.Э.

Руководитель – Крутских В.В.

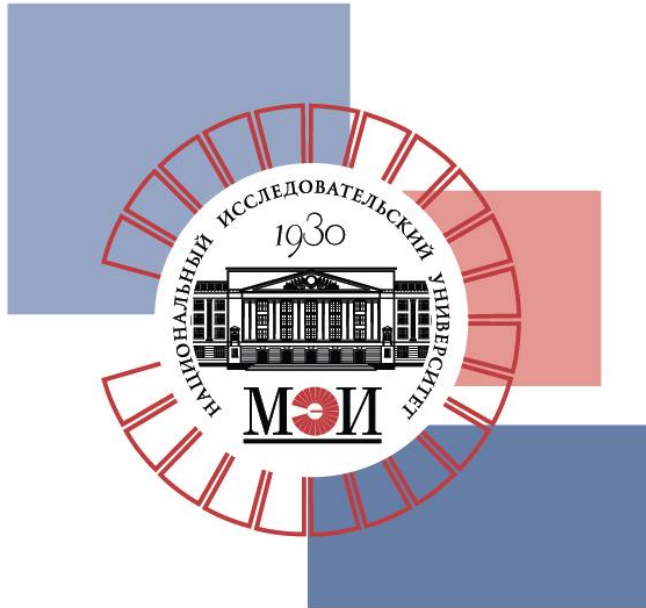
19.06.2024

# Содержание:

**Цель:** модернизация панорамного измерителя Р2-65.

**Задачи:**

1. Провести анализ существующих прототипов
2. Разработать модуль оцифровки
3. Разработать программное обеспечение для работы с модулем
4. Провести анализ работы разработанного устройства



# Анализ прототипов



**Таблица 1 – Прототипы анализаторов цепей**

Название	Agilent	Rohde & Schwarz	Планар	Измеритель КСВН
Модель	N5222A	ZNB-40	C1420	Я2Р-65
Тип АЦ	Векторный	Векторный	Векторный	Скалярный
Частотный диапазон	30 Гц – 26.5 ГГц	100 кГц – 40 ГГц	100 кГц – 20 ГГц	25.86 – 37.5 ГГц
Динамический диапазон, дБ	127	140	145	35
Подключение к ПК	Есть	Есть	Есть	–
ПО	PNA-L	R&S ZNB FW	S4VNA	–
Стоимость, р	17 486 475	20 900 000	8 253 000	250 000

# Структурная схема устройства

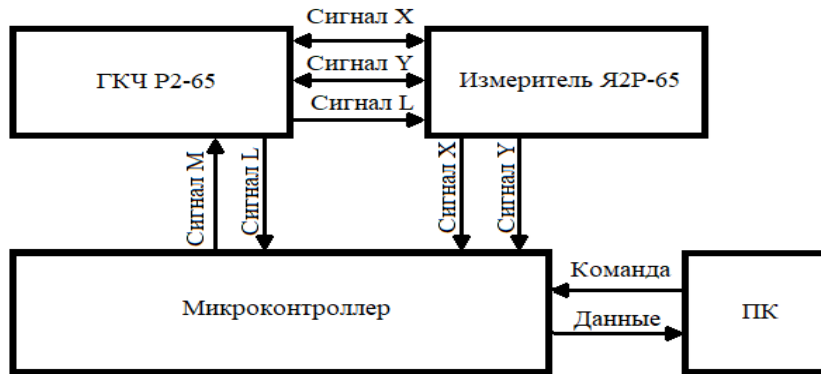


Рисунок 1. Обобщенная структурная схема

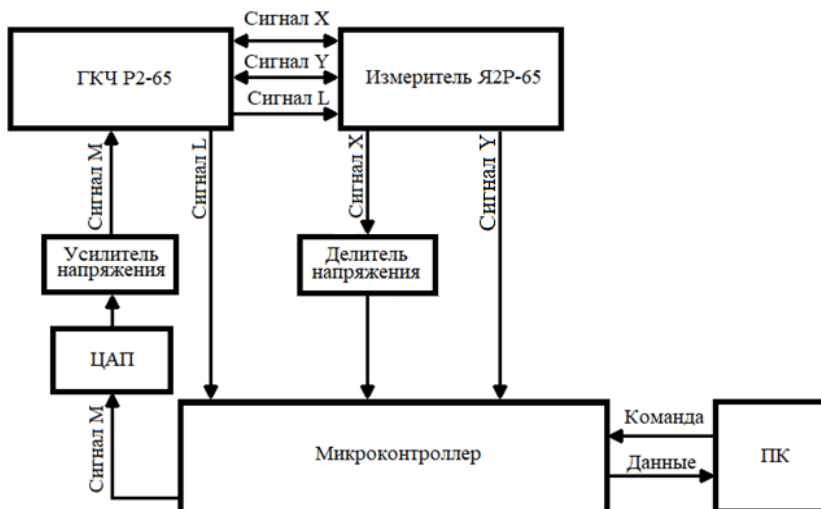


Рисунок 2. Итоговая структурная схема

Сигналы, проходящие внутри системы:

1. Сигнал X – сигнал развертки ГКЧ
2. Сигнал Y – сигнал КСВН измерителя
3. Сигнал L – сигнал метки развертки ГКЧ
4. Сигнал M – управляющий разверткой сигнал МК

Напряжения сигналов:

$$U_x \in [0; 6] \text{ В}$$

$$U_y \in [0; 3] \text{ В}$$

$$U_L \in [0; 3] \text{ В}$$

$$U_M \in [0; -9] \text{ В}$$

# Алгоритм работы МК

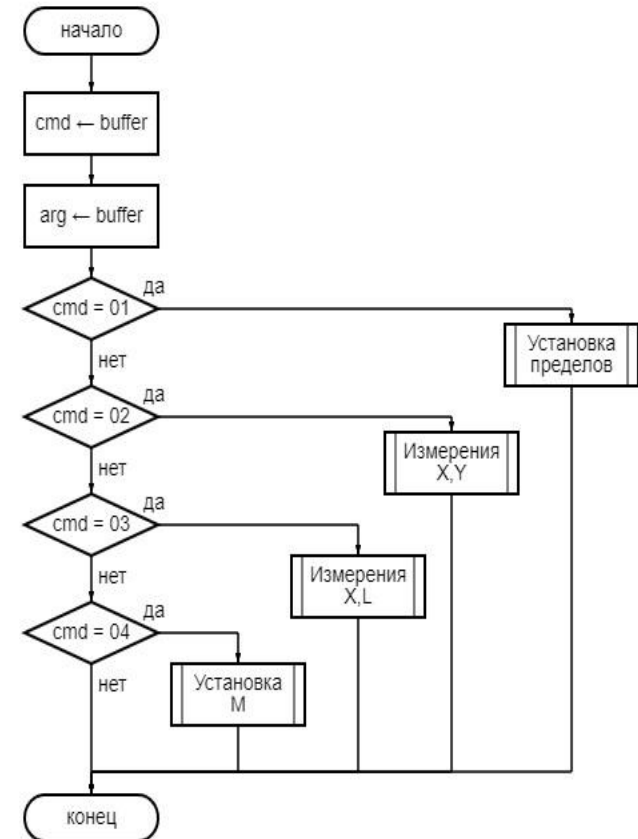
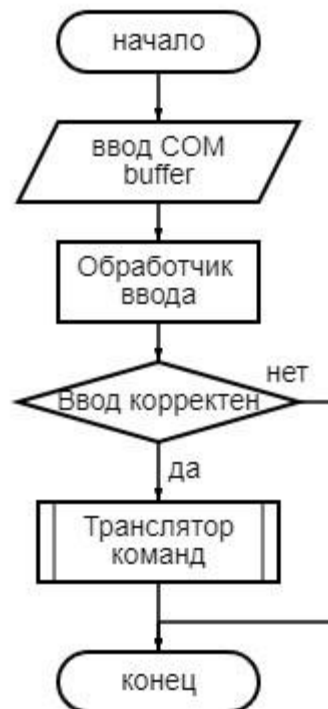


Рисунок 3. Алгоритм работы МК

Таблица 2. – Список зарегистрированных команд МК

Входное воздействие	Код команды	Операция	Аргументы
01, 0, 5	01	Установка пределов измерений	0, 5 (В)
02	02	Измерение сигнала по каналам X и Y	—
03	03	Измерение сигнала по каналам X и L	—
04, 5	04	Установка напряжения по каналу M	5 (В)

Формулы используемые в алгоритме:

$R(x) = \min(U_m, \max(0, x))$  – ограничение напряжения

$V(x) = \frac{x}{U_m} \cdot A_m$  – преобразование напряжения

Где:

$U_m$  – наибольшее напряжение (5 В)

$A_m$  – разрядность ЦАП (АЦП)

# Схемотехническое решение

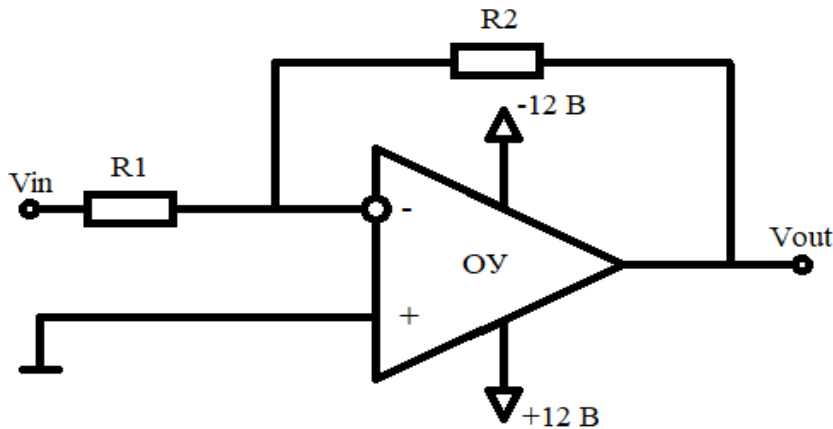


Рисунок 4. Схема усиления

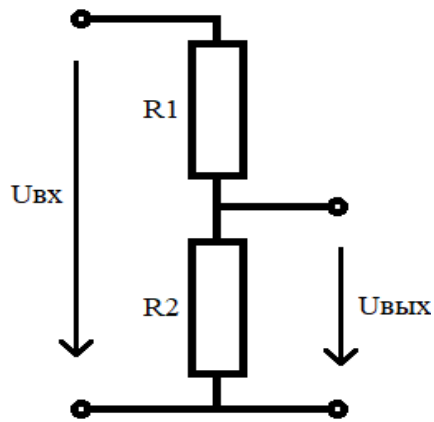


Рисунок 5. Делитель напряжения

Расчет коэффициента усиления:

$$K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = 1.8$$

$$R_1 = 5.1 \text{ кОм}$$

$$R_2 = 10 \text{ кОм}$$

$$K_U = \frac{R_2}{R_1} = 1.96$$

$$U_{\text{ВХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{K_U} = 4.59 \text{ В}$$

Расчет коэффициента деления:

$$K = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ}}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.83$$

$$R_1 = 200 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 100 \text{ кОм}$$

# Создание кабеля

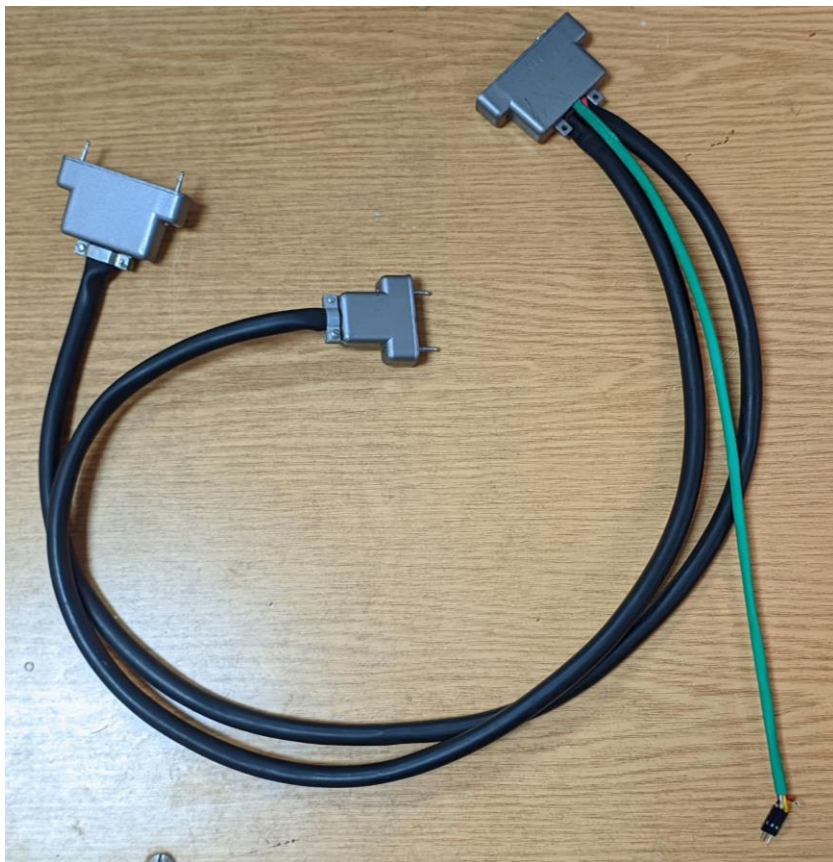


Рисунок 6. Внешний вид кабеля

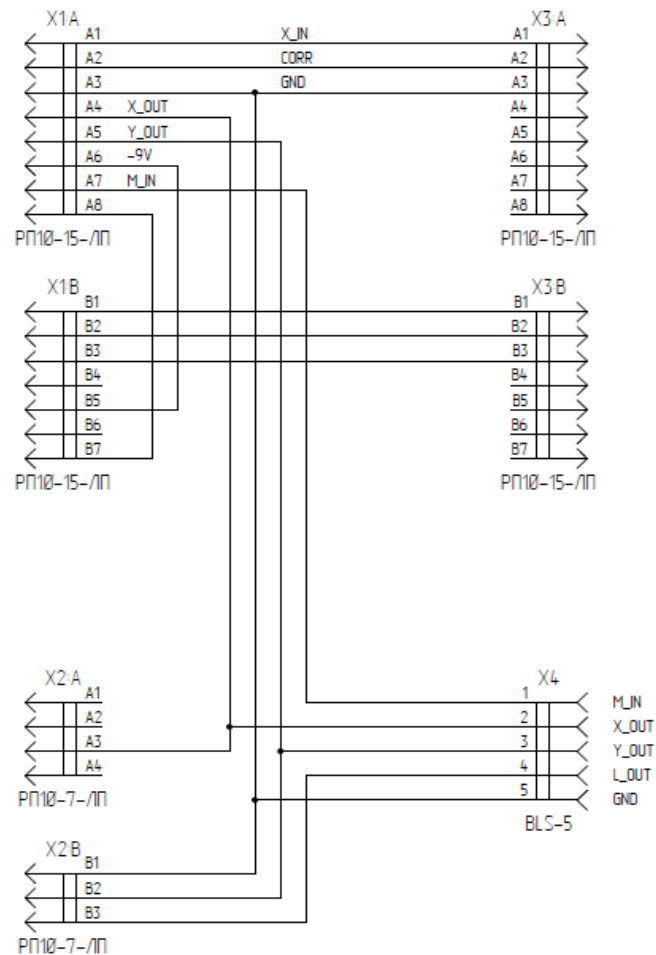


Рисунок 7. Схема кабеля



# Принципиальная электрическая схема

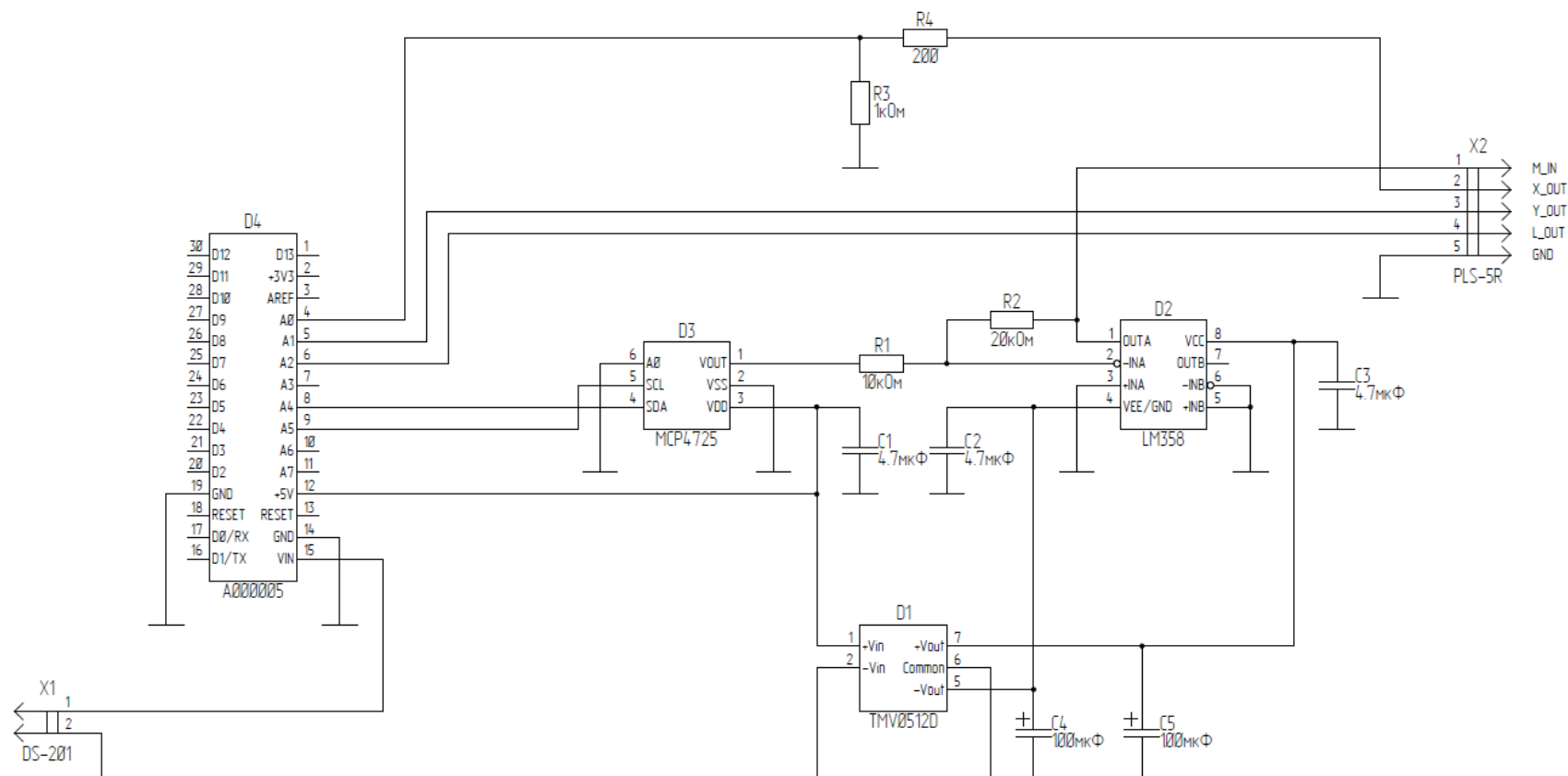


Рисунок 8. Принципиальная электрическая схема устройства

# Разводка печатной платы

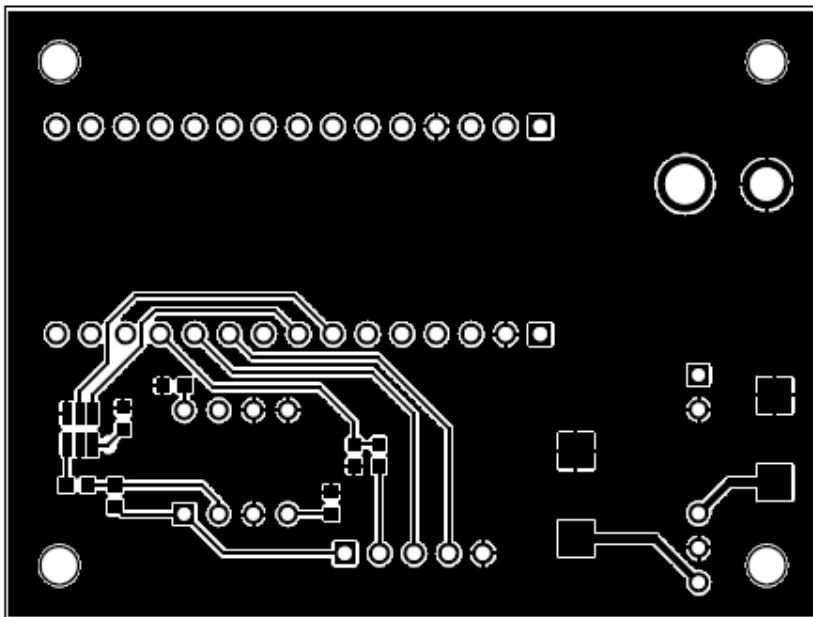


Рисунок 9. Верхний слой

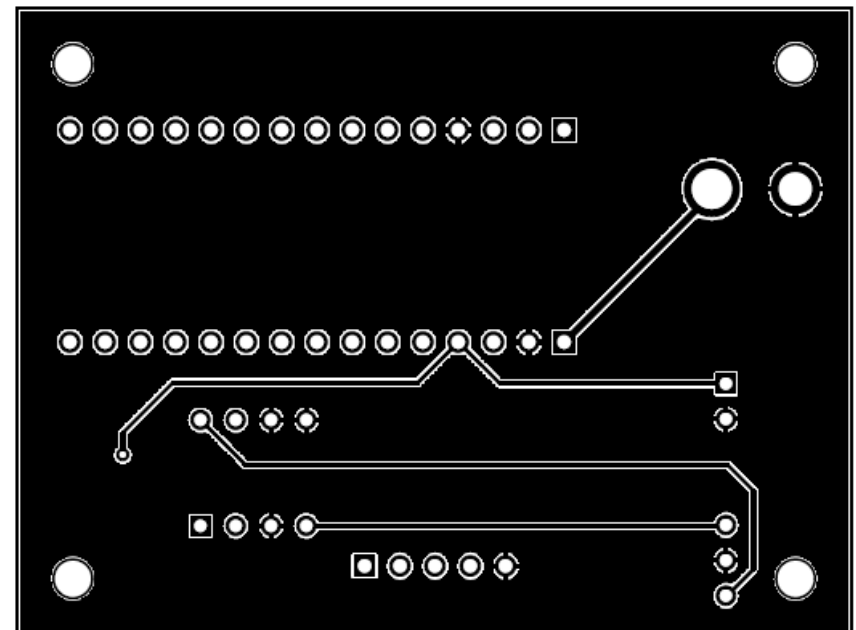


Рисунок 10. Нижний слой

# Сборочный чертеж устройства

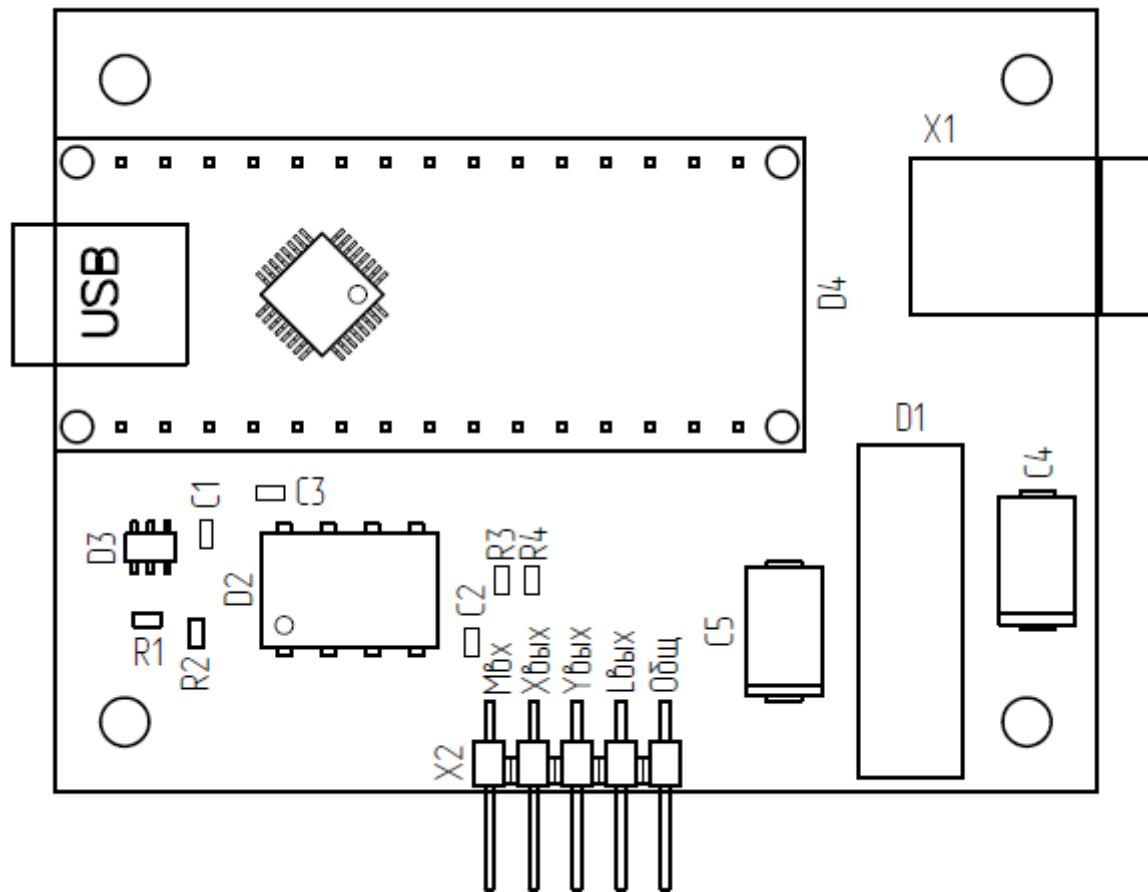


Рисунок 11. Чертеж сборки готового устройства

# Интерфейс программного обеспечения

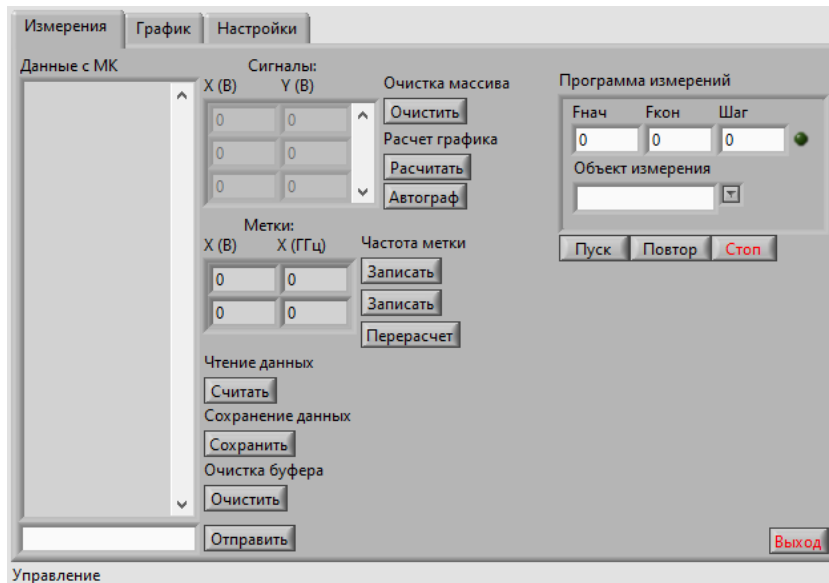


Рисунок 12. Интерфейс главной страницы

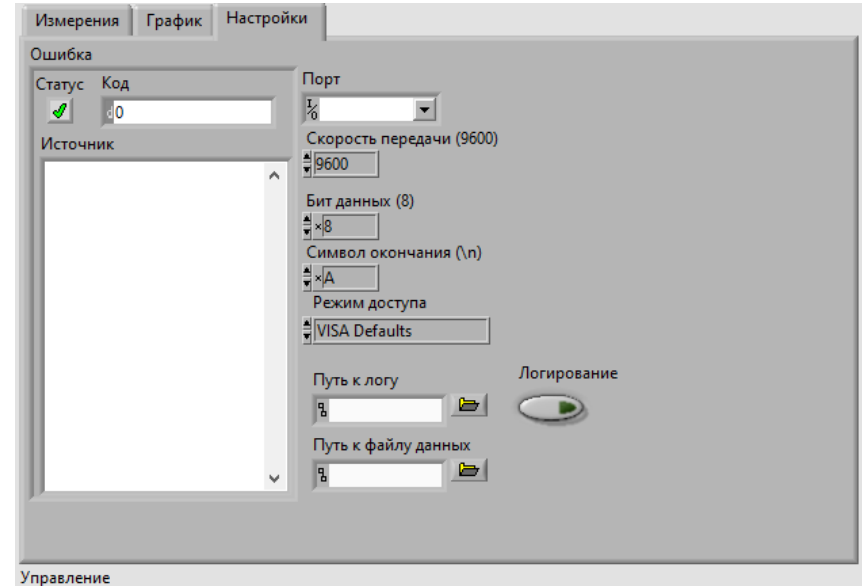


Рисунок 13. Интерфейс страницы настроек

Формулы преобразования:

$$u = u_{min} + \frac{f - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} (u_{max} - u_{min})$$

$$f = f_{min} + \frac{u - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} (f_{max} - f_{min})$$

# Прототип устройства

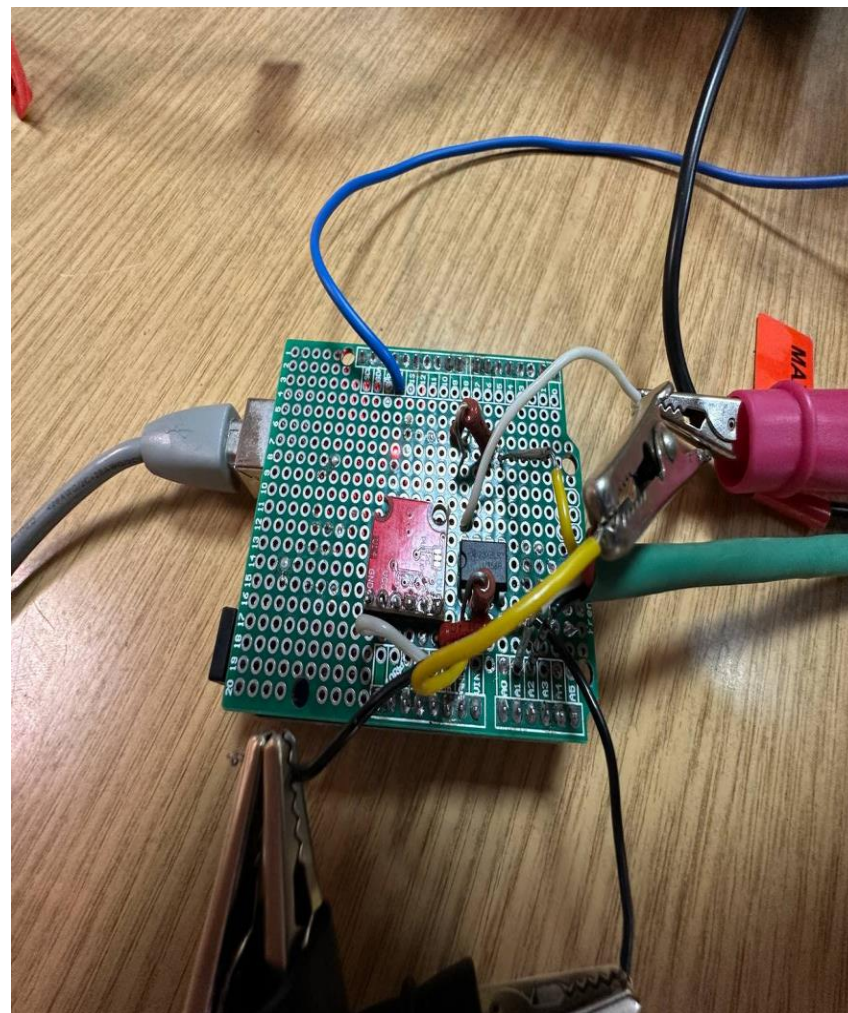
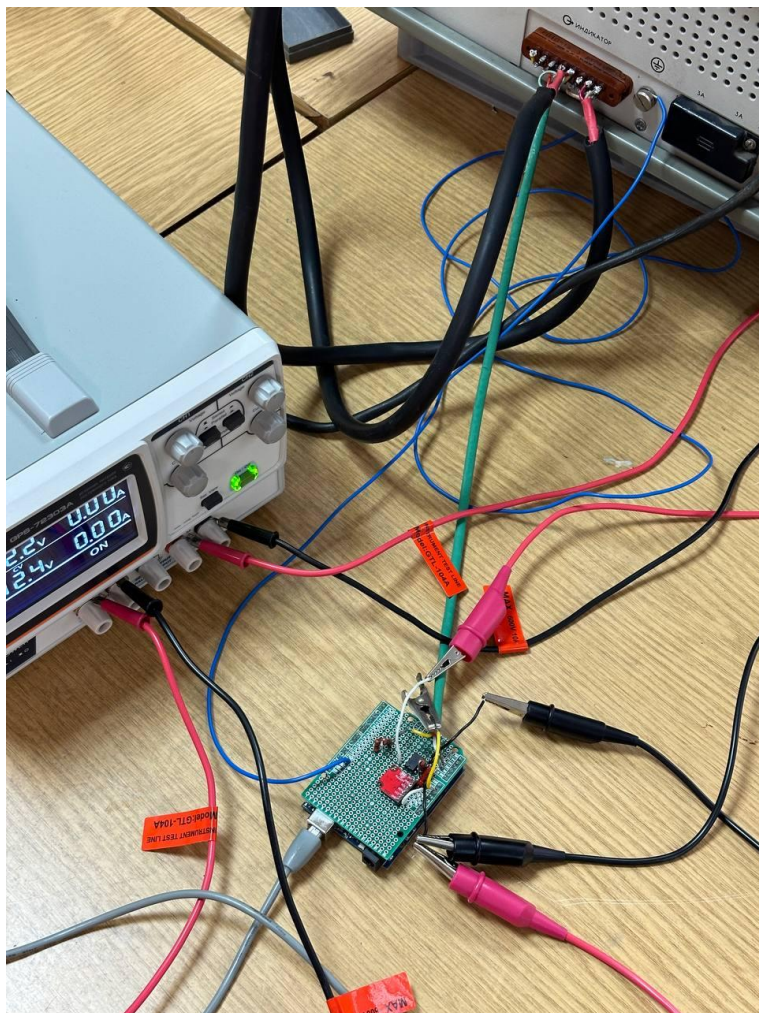


Рисунок 14. Внешний вид прототипа

# Проведение эксперимента

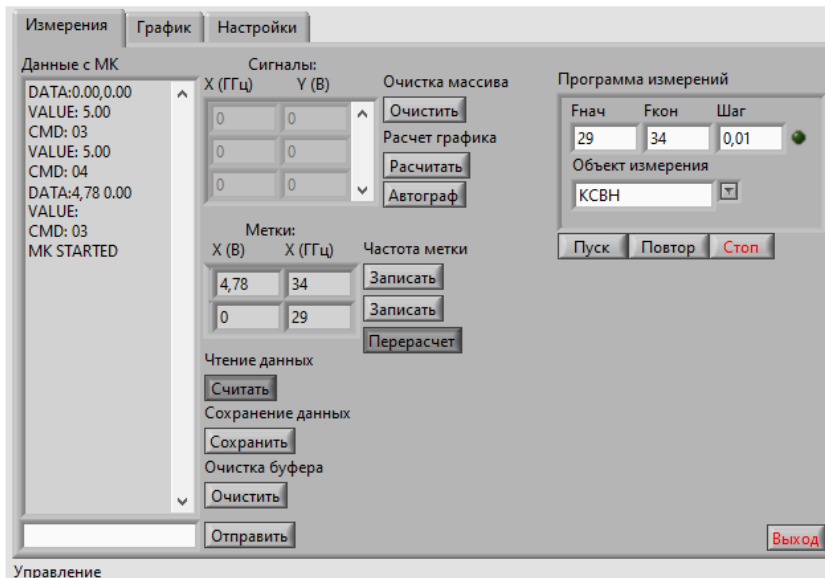


Рисунок 15. Установка экспериментальных параметров

Используемые команды:

- 03 Измерение сигнала метки
- 04 Установка напряжения развертки

Калибровка (снятие меток):

$$\begin{aligned}U_{xmin} &= 0 \text{ В} \\F_{xmin} &= 29 \text{ ГГц} \\U_{xmax} &= 4.78 \text{ В} \\F_{xmax} &= 34 \text{ ГГц}\end{aligned}$$

Параметры эксперимента:

$$\begin{aligned}F_{min} &= 29 \text{ ГГц} \\F_{max} &= 34 \text{ ГГц} \\F_s &= 0.01 \text{ ГГц}\end{aligned}$$



# Демонстрация работы устройства

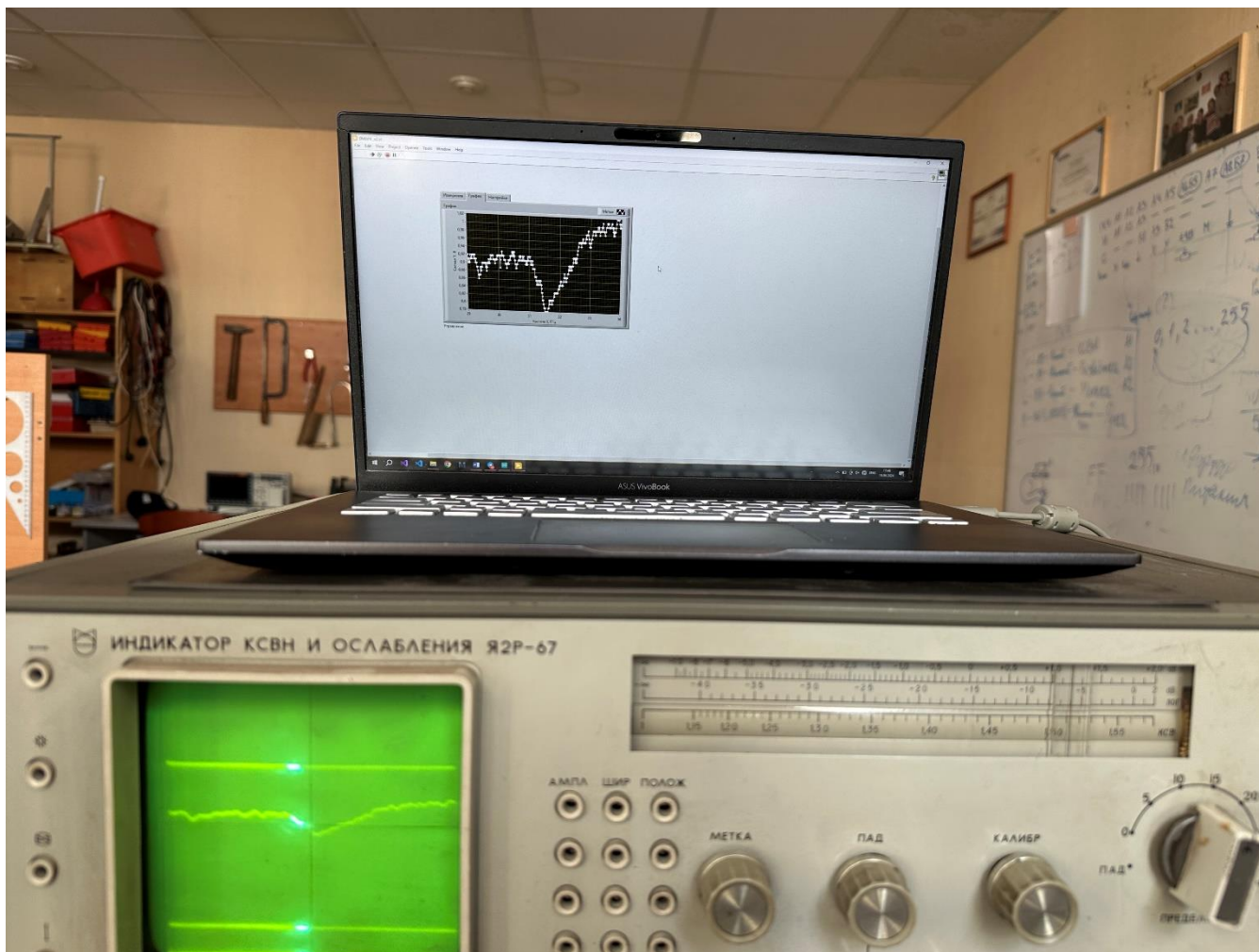


Рисунок 16. Результаты эксперимента

# Демонстрация работы устройства

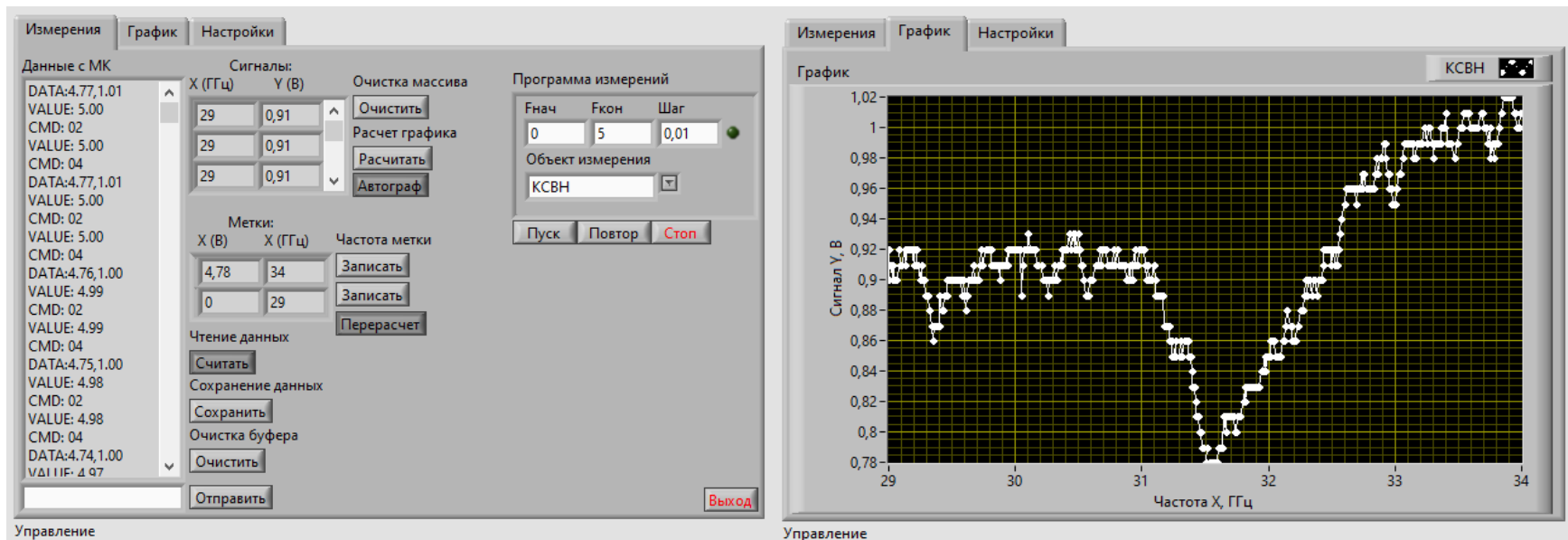


Рисунок 17. Результаты эксперимента в ПО





**Спасибо за внимание!**