

Анализатор загрязнения воды частицами микронного и субмикронного уровня

Команда: СУНЦ МГУ

Школа: СУНЦ МГУ

Титарь Игорь

Авдеев Владимир

Ковалевская Анжела

Цель :

Разработать анализатор загрязнения воды мелкими частицами.

Задачи :

Провести исследование зависимости рассеяния света от концентрации и количества частиц.

Выбрать нужные формулы и физические законы.

Определиться с необходимым оборудованием.

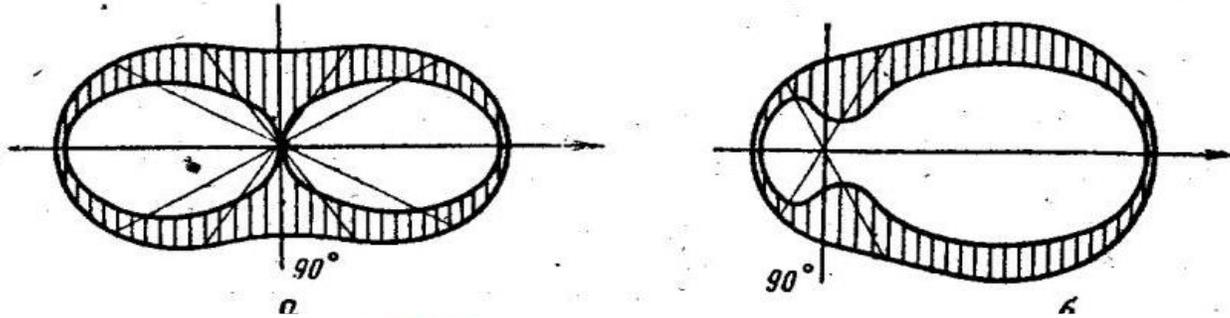
Создать принципиальную схему и плату.

Написать необходимое ПО.

Создать и напечатать корпус прибора.

Методы: статистический анализ, сравнение, эксперимент, обобщение.

Обоснование технических решений



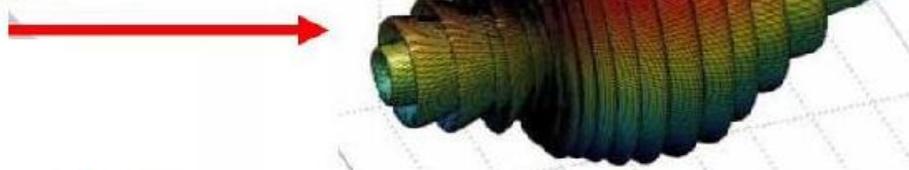
$$d \gg \lambda$$

Рассеяние Фраунгофера



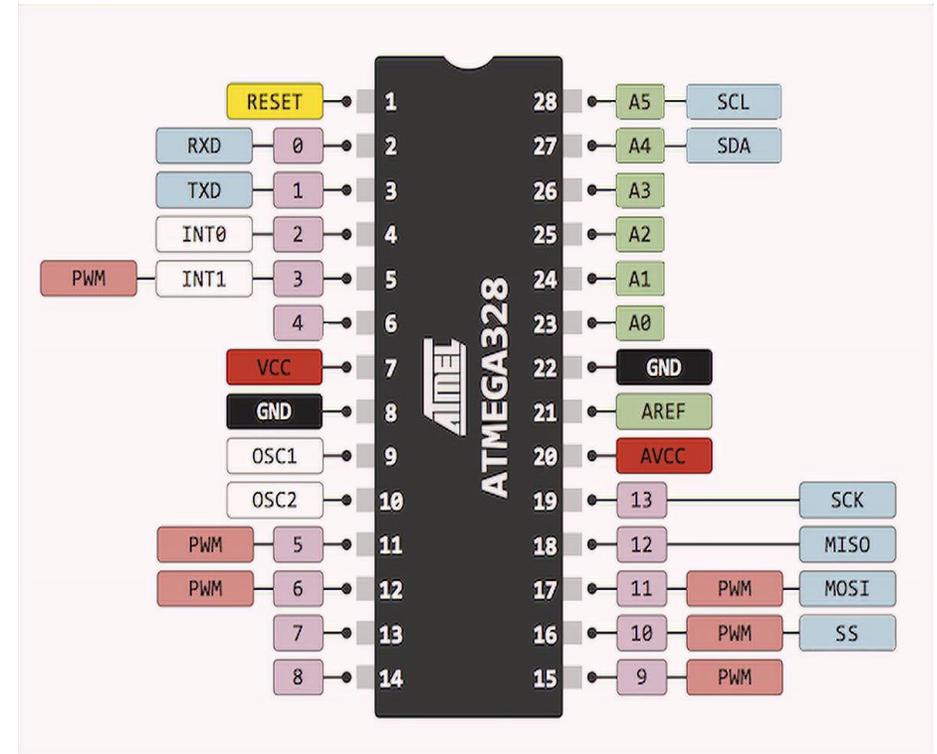
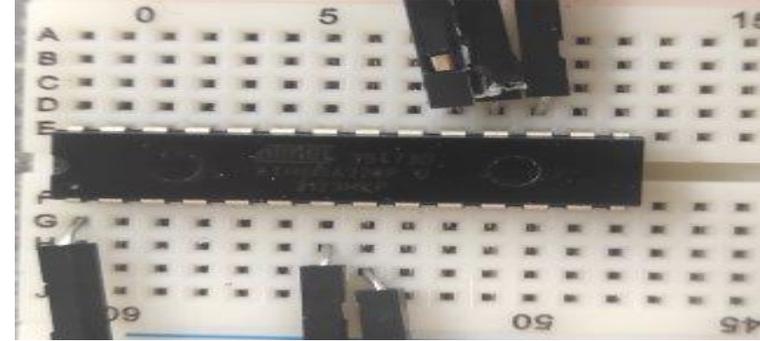
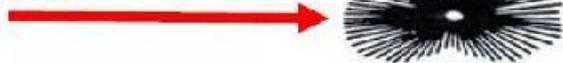
$$d \leq \lambda$$

Рассеяние Ми



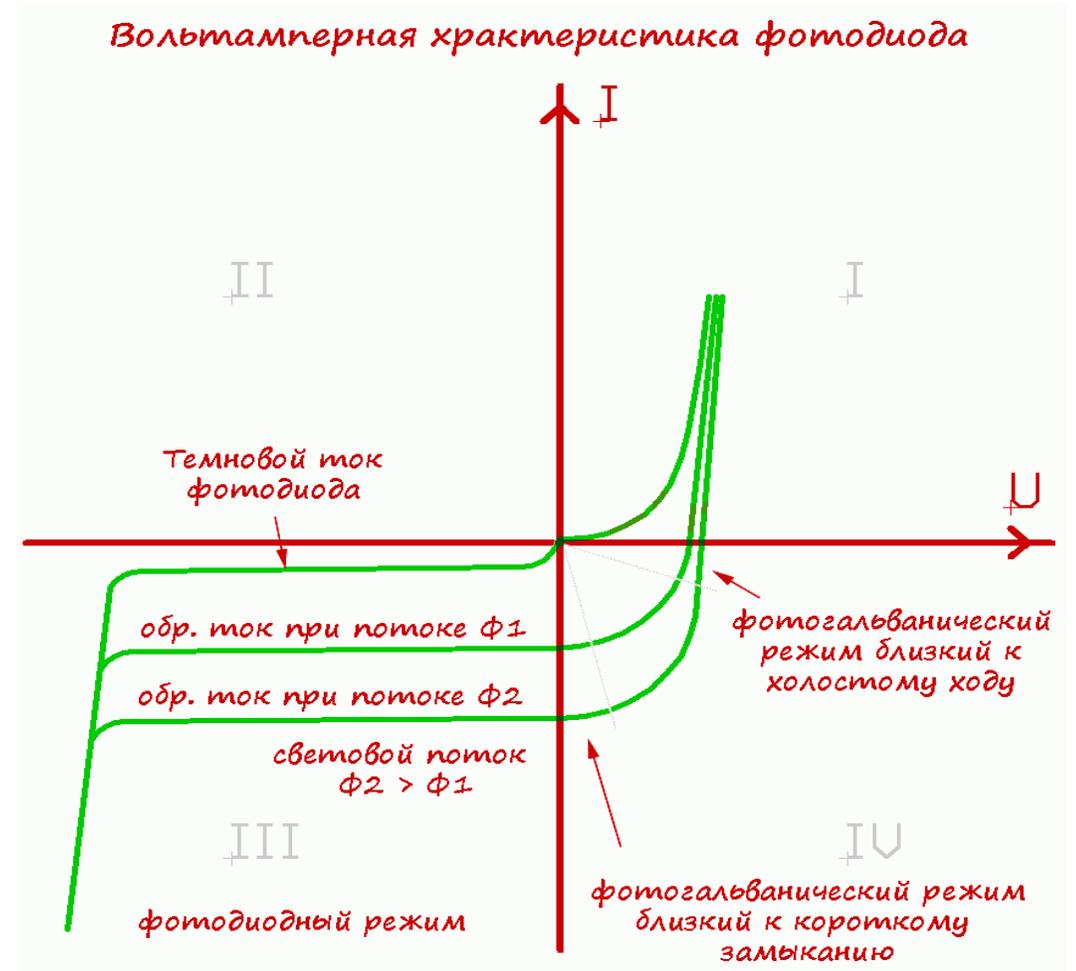
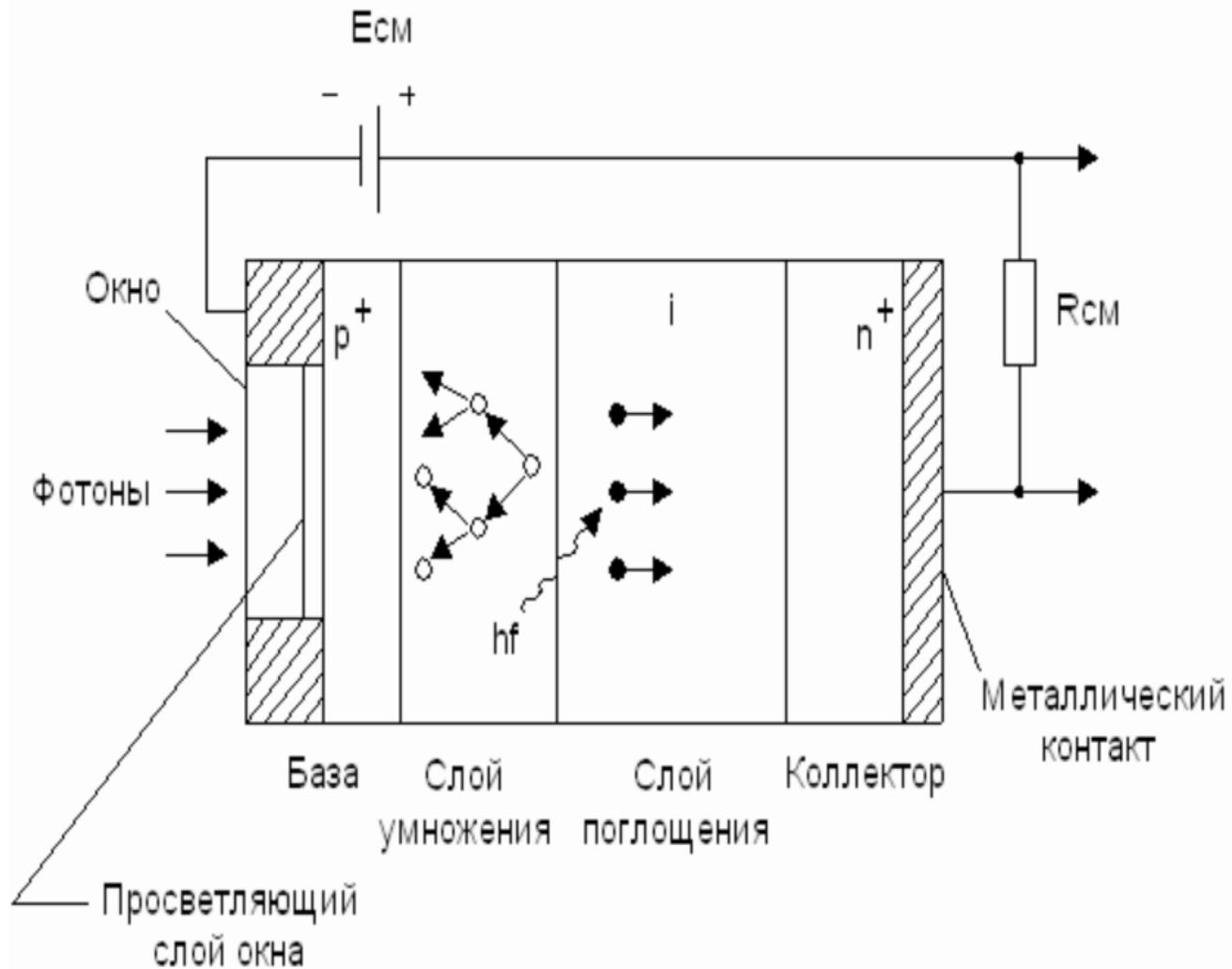
$$d \ll \lambda$$

Рассеяние Рэлея



λ – длина волны света лазера; d – диаметр частицы

Обоснование технических решений



Основные формулы:

$$(1) \quad I_r = \frac{16\pi^4}{\lambda^4 \chi^2} \alpha^2 n I_o K(\phi)$$

$$(2) \quad D = \frac{k_0 T}{3\pi \eta d}$$

$$(3) \quad I(\nu) = \frac{\frac{DK^2}{2\pi}}{(\nu - \nu_0)^2 + \left[\frac{DK^2}{2\pi}\right]^2}$$

$$(4) \quad |\vec{K}| = \frac{4\pi}{\lambda} \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

- λ – длина волны
- χ – расстояние от пробы до прибора
- α – коэффициент поляризации
- n – концентрация
- K – коэффициент формы
- D – коэффициент диффузии (см ф-лу Стокса-Эйнштейна)
- η – вязкость
- d – диаметр
- K – волновой вектор

(1) - уравнение Релея

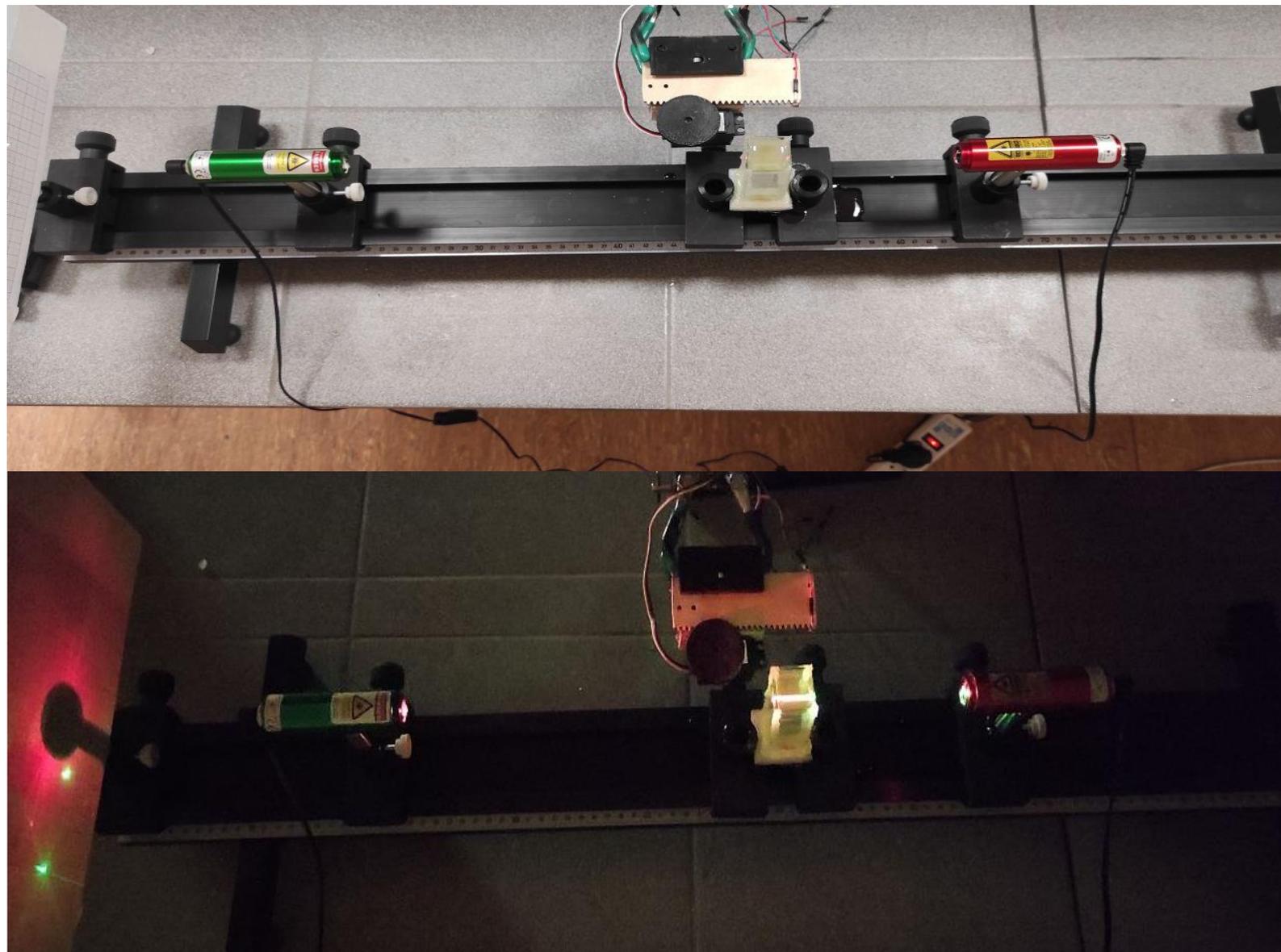
(2) - формула Стокса-Эйнштейна

(3) - уравнение динамического рассеяния

(4) - модуль изменения волнового вектора

Исследовательская часть

На оптической скамье закрепили лазеры с разной длиной волны и собрали специальную установку для измерения величины светового потока рассеянного света от кюветы с жидкостью.



Исследовательская часть

Интенсивность света (I) можно определять при помощи закона Бугера-Ламберта : $I = I_0 e^{-k_\lambda x}$, где k_λ натуральный

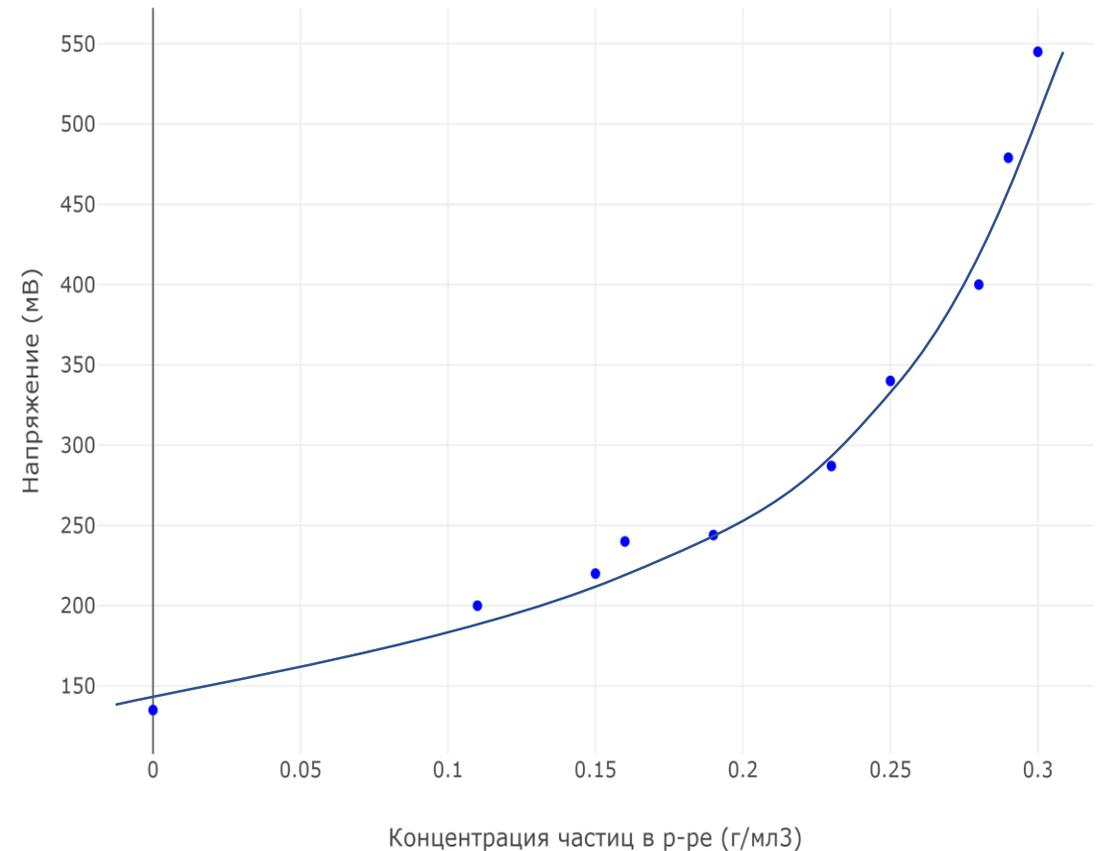
Нами были получены следующие данные: $U(C) = ke^{\alpha C}$, т.е $I(C) = \frac{1}{k} e^{\alpha C}$, показатель преломления среды.

а так как фототок пропорционален световому потоку, то: $I_\nu \approx I_{\nu_0} e^{\alpha C}$

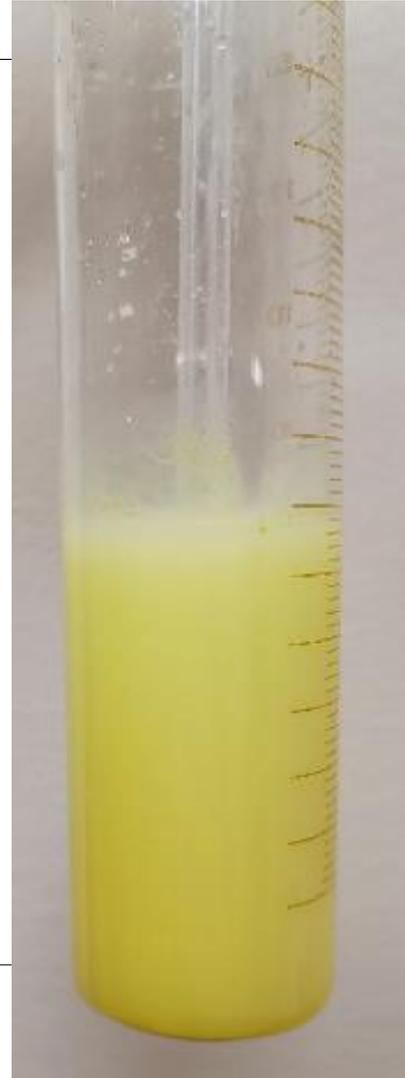
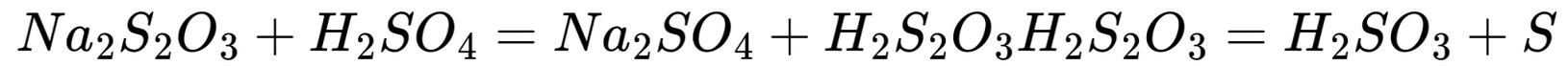
Произведем замеры и построим график зависимости напряжения от концентрации.

График зависимости напряжения на датчике от концентрации частиц

| Концентрация р-ра (мг/мл) | Напряжения (mV) |
|---------------------------|-----------------|
| 0 | 135 |
| 0.11 | 200 |
| 0.15 | 220 |
| 0.16 | 240 |
| 0.19 | 244 |
| 0.23 | 287 |
| 0.25 | 340 |
| 0.28 | 400 |
| 0.29 | 479 |
| 0.3 | 545 |



Исследовательская часть



Исследовательская часть

При помощи нашего прибора мы измерили под разными углами поток рассеянного света через разные вещества. Было установлено, что он прямо пропорционален концентрации. Также в зависимости от оптических свойств и размера частиц менялись показания прибора. Например: CuSO_4 и $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ плохо пропускают свет с длиной волны 850 нм, и напротив, FeCl_3 и наночастицы пропускают его хорошо (при одинаковой концентрации).

| | | | | | |
|---------------|-----------------|-----|---------------|----------------------------|-----|
| Вещ-во: | FeCl_3 | | Вещ-во: | $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ | |
| Длина волны | 532 | 850 | Длина волны | 532 | 850 |
| Угол(градусы) | ЭДС (мВ) | | Угол(градусы) | ЭДС (мВ) | |
| 90 | 2 | 15 | 90 | 11 | 3 |
| 45 | 15 | 76 | 45 | 17 | 5 |
| 2 | 37 | 171 | 2 | 47 | 19 |
| Вещ-во: | CuSO_4 | | Вещ-во: | Наночастицы кремния | |
| Длина волны | 532 | 850 | Длина волны | 532 | 850 |
| Угол(градусы) | ЭДС (мВ) | | Угол(градусы) | ЭДС (мВ) | |
| 90 | 12 | 2 | 90 | 9 | 14 |
| 45 | 24 | 9 | 45 | 21 | 36 |
| 2 | 56 | 17 | 2 | 51 | 192 |

Исследовательская часть

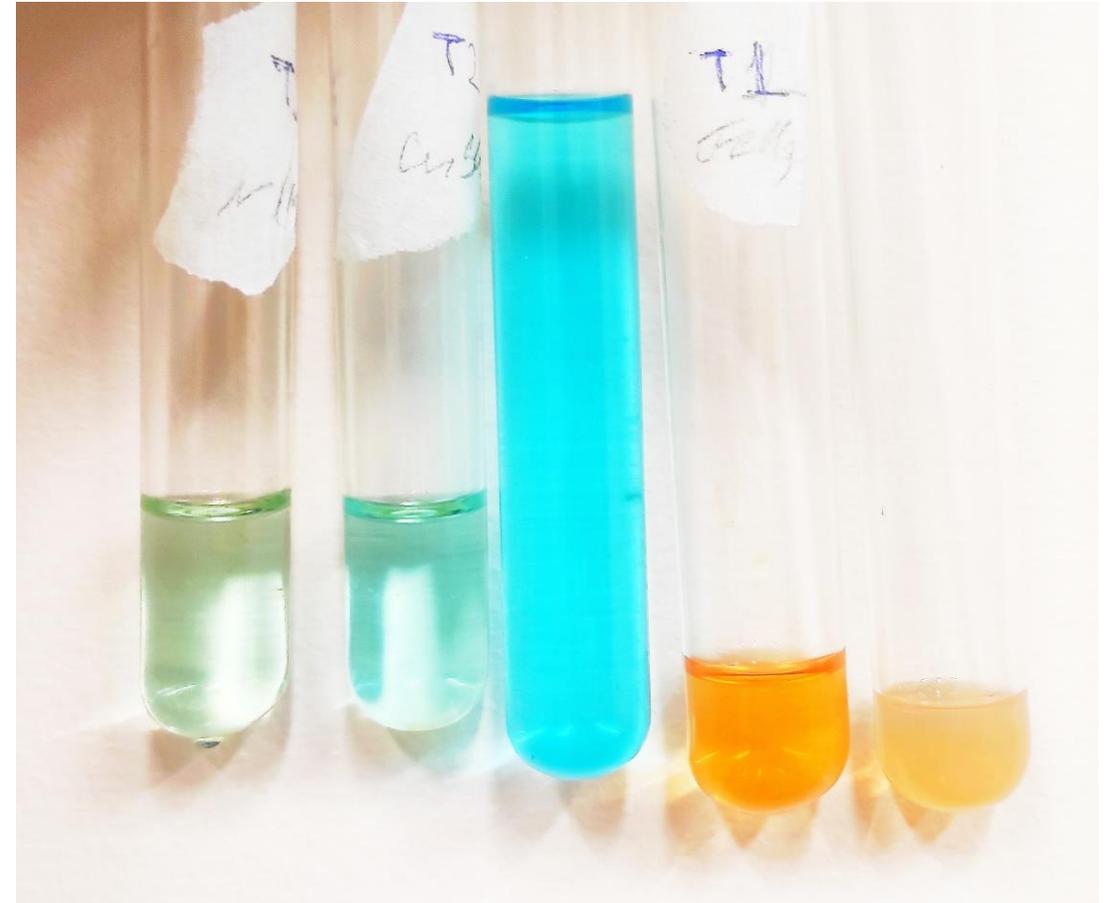
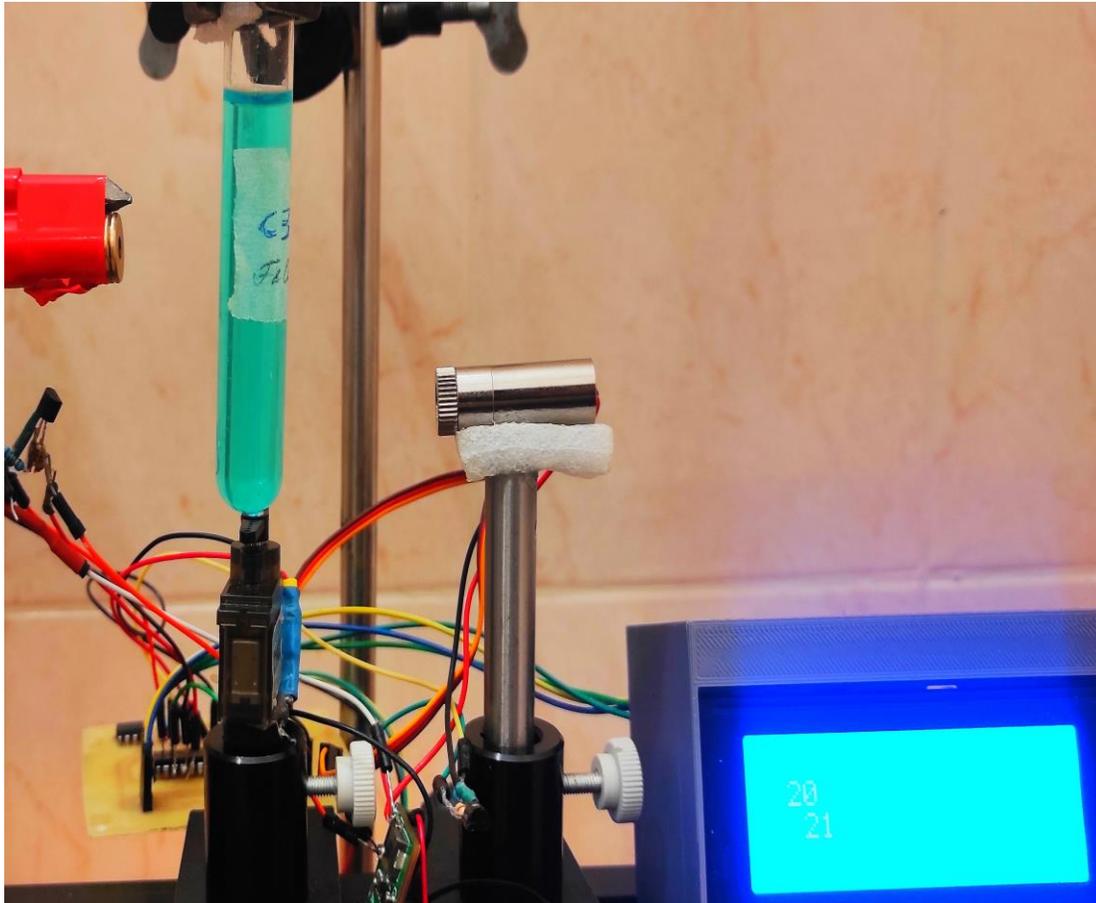
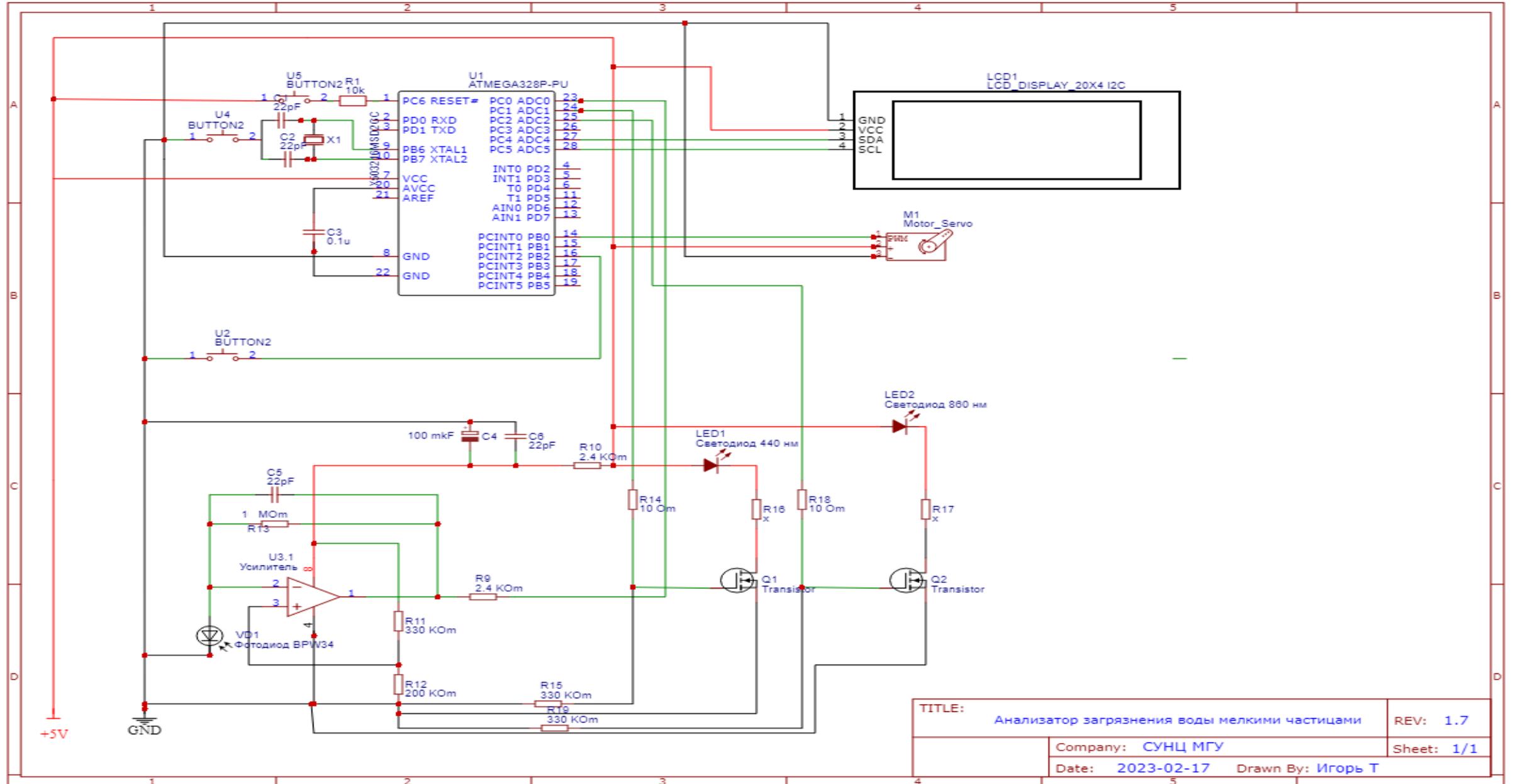


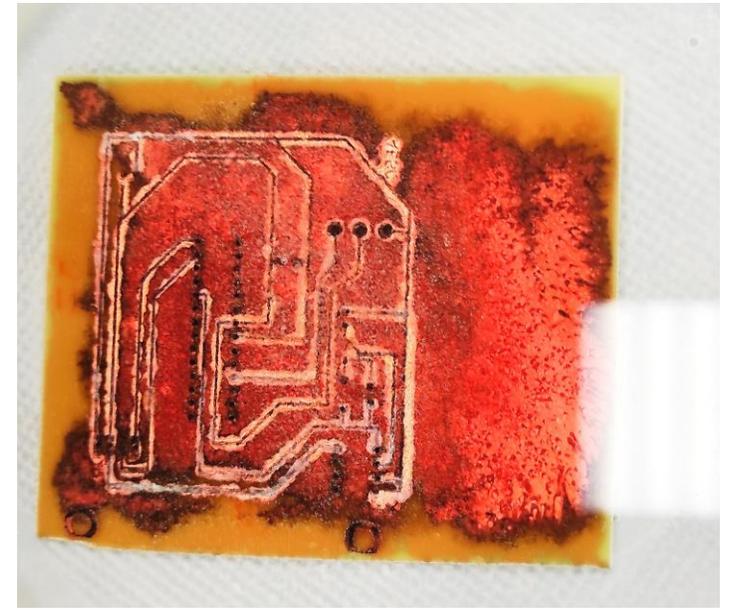
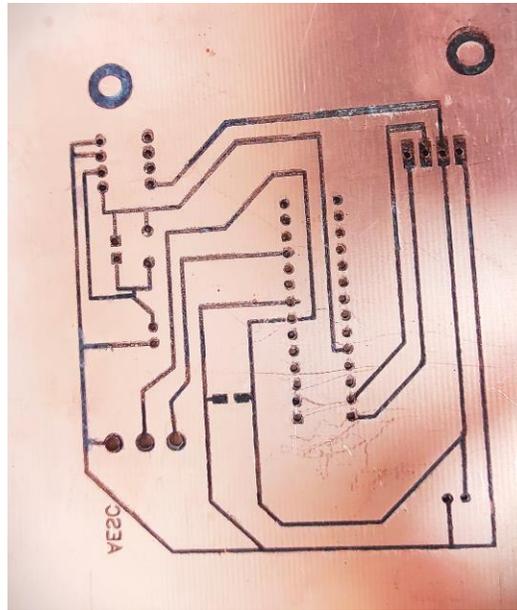
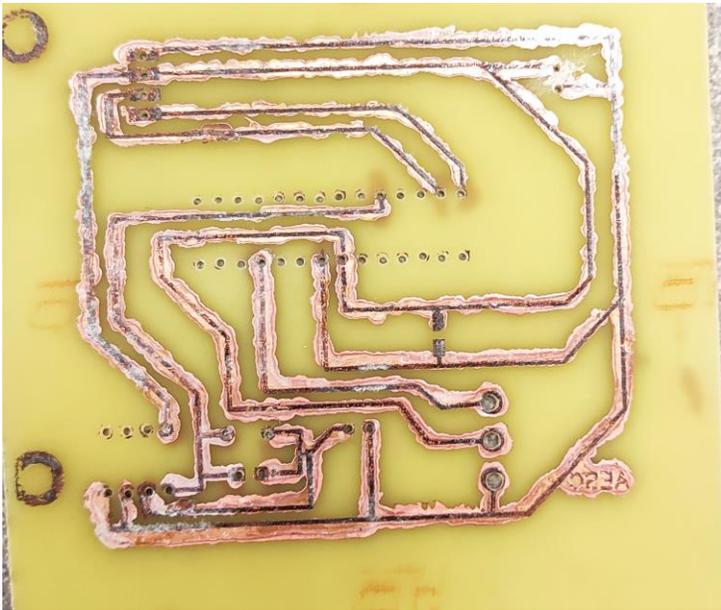
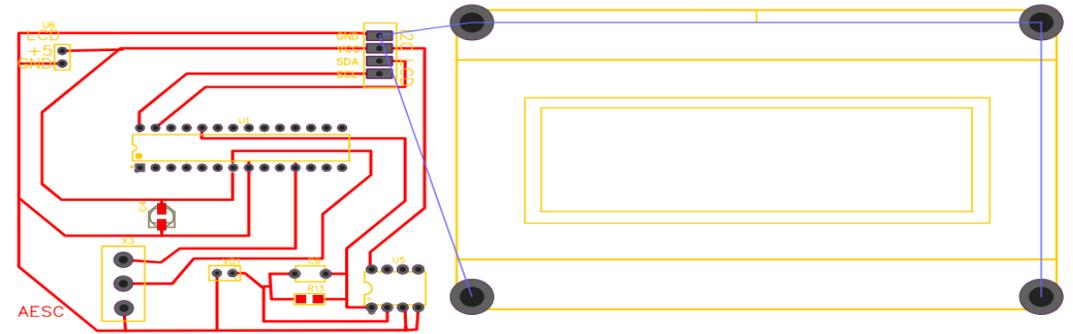
Схема устройства



| | | |
|--------|---|-------------------|
| TITLE: | Анализатор загрязнения воды мелкими частицами | REV: 1.7 |
| | Company: СУНЦ МГУ | Sheet: 1/1 |
| | Date: 2023-02-17 | Drawn By: Игорь Т |

Плата

По созданной принципиальной схеме был разработан и напечатан (вытравлен вручную) эскиз платы. Усовершенствованная версия будет предствалена позднее.



Place Component

Components

- Con Rect Headers p2.00mm THT Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Shrouded
- Con Rect Headers p2.00mm THT Angled Receptacle
- Con Rect Headers p2.50mm THT Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Angled Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm SMD Angled Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Non-Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Shrouded
- Con Rect Headers p2.54mm THT Vertical Receptacle
- Con Rect Headers p2.54mm THT Angled Non-Shrouded

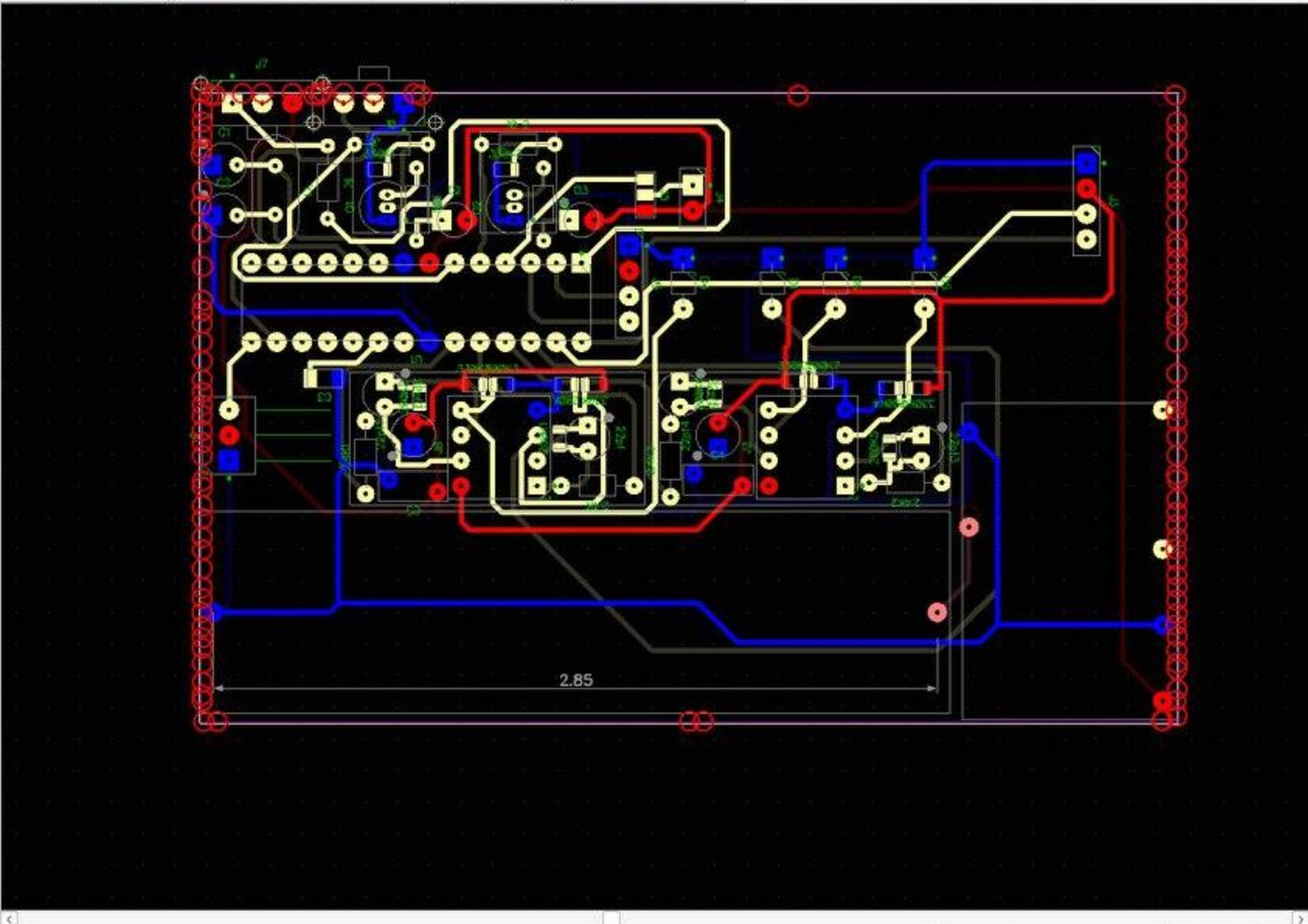
Library Tools

Filter Off

- PPTC021LFBN-RC
- PPTC031LFBN-RC
- PPTC041LFBN-RC
- PPTC051LFBN-RC
- PPTC061LFBN-RC
- PPTC071LFBN-RC
- PPTC081LFBN-RC
- PPTC091LFBN-RC
- PPTC101LFBN-RC
- PPTC111LFBN-RC
- PPTC121LFBN-RC
- PPTC131LFBN-RC
- PPTC141LFBN-RC
- PPTC151LFBN-RC
- PPTC161LFBN-RC
- PPTC171LFBN-RC
- PPTC181LFBN-RC
- PPTC191LFBN-RC
- RHDRV4W80P254_4X1_1066X250H875_AP1



Price and Availability



Layers Objects Properties

- Top Silk
- Top Mask
- Top Paste
- Top
- Bottom
- Bottom Paste
- Bottom Mask
- Bottom Silk
- Board Cutout

Show All Layers ...

Contrast

Design Manager

- Net 5
- Net 0
- Net 1
- Net 2
- Net 3
- Net 4
- Net 5
- Net 6
- Net 7
- Net 9
- Net 10
- Net 11
- Net 12
- Net 14
- Net 15
- Net 16
- Net 17

Net Pins:

- J8: 8 (8)
- J2: 8 (8)
- 22pF1: 2 (2)
- 22pF4: 2 (2)
- 330K: 1 (1)
- 330K3: 1 (1)
- 330K4: 1 (1)
- 330K5: 1 (1)
- D2: 2 (A)
- D3: 2 (A)
- J1: 2 (P2)
- J3: 2 (P2)
- J4: 2 (P2)
- J5: 3 (3)
- Pad6: 1
- U1: 7 (VCC)
- J7: 3 (P3)
- C4: 2 (2)

Программный код

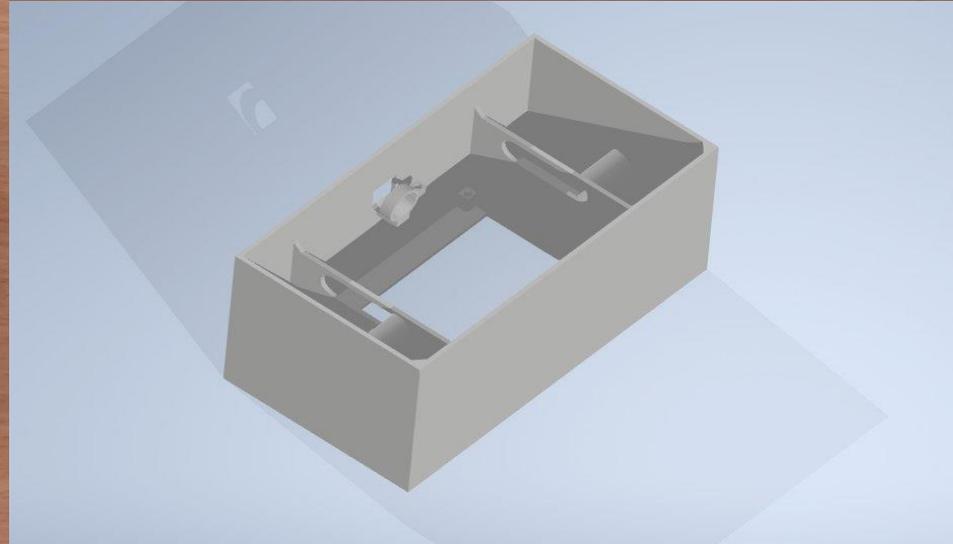
Мы написали ПО для работы с выбранным нами МК и всеми необходимыми датчиками, а также LCD дисплеем и сервоприводом.

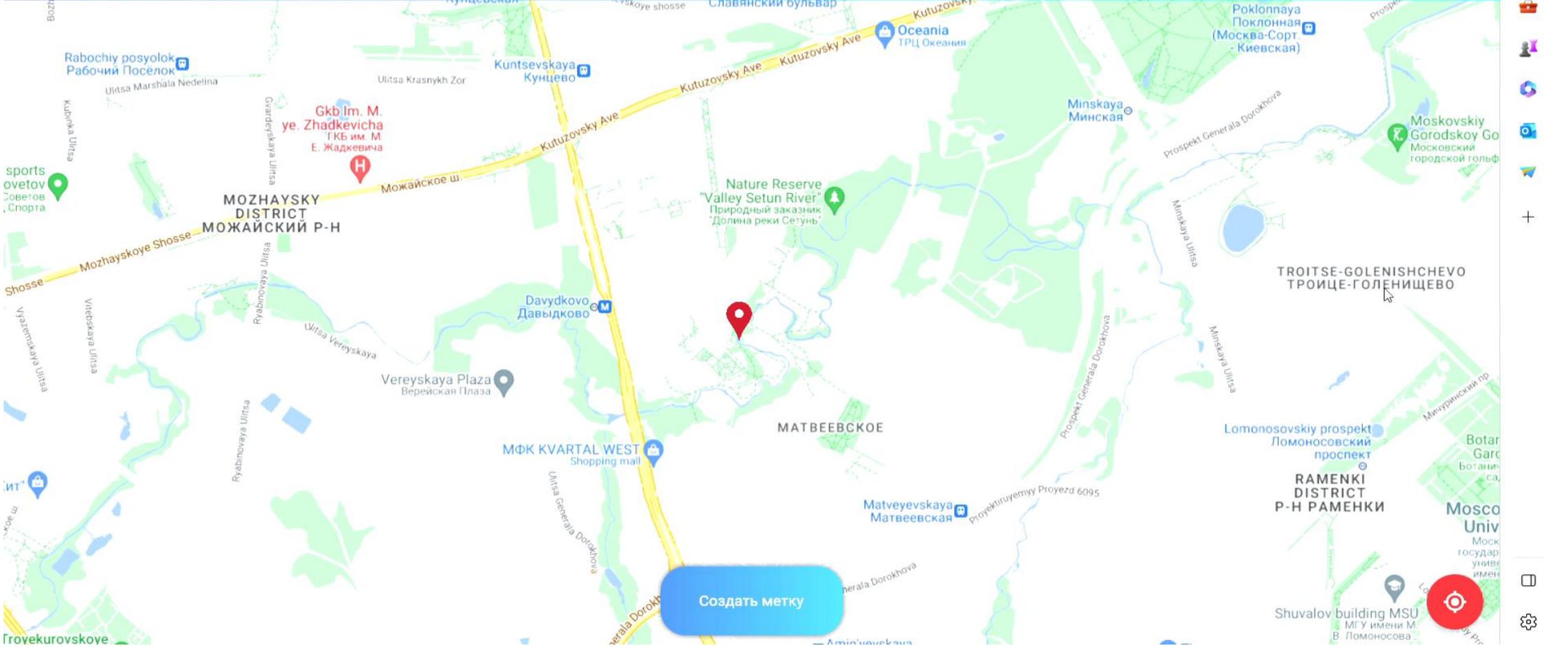
Также мы используем автокорреляционную функцию — зависимость взаимосвязи между функцией (сигналом) и её сдвинутой копией от величины временного сдвига.

Таким образом, удалось попеременно светить лазерами с разной длиной волны, проводить замеры с фотодиода, расположенного на сервоприводе, и усиливать полученный сигнал.

```
DisplayWith12c.cpp X
C:\Users\Игорь\Desktop> DisplayWith12c.cpp
1 #include <LibForTESTIDE>
2 #include <MLibForProject>
3 #include "DisplayWith12C.h"
4 #include <LibTyp>
5
6
7 DisplayWith12C::DisplayWith12C(uint8_t lcdx, uint8_t lcdcolumns, uint8_t lcdrows, uint8_t charsizе){
8     x = lcdx;
9     columns = lcdcolumns;
10    rows = lcdrows;
11    tmpchr = charsizе;
12    tmplight = LCD_BACKLIGHT;
13 }
14
15 void DisplayWith12C::begin() {
16     Wire.begin();
17     _displayfunction = LCD_4BITMODE | LCD_1LINE | LCD_5x8DOTS;
18     if (rows > 1) {
19         _displayfunction |= LCD_2LINE;
20     }
21
22     if ((tmpchr != 0) && (rows == 1)) {
23         _displayfunction |= LCD_5x10DOTS;
24     }
25     delay(50);
26     expanderWrite(tmplight);
27     delay(1000);
28     write4bits(0x03 << 4);
29     delayMicroseconds(4500);
30 }
```

Корпус прибора







Итоги

- Мы считаем, что поставленные цели достигнуты.
- Таким образом, был создан и разработан корпус, плата, а также написано необходимое ПО для работы с прибором по анализу загрязнения воды мелкими частицами. Прибор был откалиброван на частицах различного размера и растворах разной концентрации.



Благодарим за внимание!