

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО»  
Институт машиностроения, материалов и транспорта  
Высшая школа автоматизации и робототехники

**Курсовой проект**  
по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование»  
**«Разработка системы автоматического мониторинга  
вертикальной скорости и высоты на бвзе платформы esp32»**

Выполнил  
студент гр.  
3331506/20401

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Травин А.Ю.

Работу принял

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Ананьевский М.С.

Санкт-Петербург  
2025

## **Техническое задание**

### **Тема:**

Разработка системы автоматического мониторинга вертикальной скорости и высоты на базе платформы esp32.

### **Цель проекта:**

Создать программно-аппаратный комплекс, способный в реальном времени отслеживать высоту и вертикальную скорость, а также производить визуальную индикацию высоты по средством дисплея, а скорости по средствам звукового сигнала.

### **Задачи:**

- Реализовать Электрическую схему устройства.
- Реализовать связь по низкоуровневым протоколам между всеми компонентами устройства.
- Реализовать алгоритм фильтрации данных, поступающих с датчика давления.
- Обеспечить индикацию полученных данных.

### **Ожидаемый результат:**

Прибор должен автономно работать и определять свою высоту и вертикальную скорость.

## **1. Введение**

Современное приборостроение активно развивается в направлении автономных систем малого размера, способных взаимодействовать с человеком как визуально, так и акустически для обеспечения большей наглядности поступающих данных.

В данной работе рассматривается разработка системы автономного мониторинга высоты, применяемого в авиации (барометр - вариометр) В качестве технической основы используется микроконтроллера: ESP32 C6.

Актуальность проекта обусловлена необходимостью создания простого и недорогого вариометра на распространённых компонентах.

## 2. Теоретическая часть

Основной проблемой при обработке данных высоты являются значительные шумы. В связи с этим перед расчётом высот и скоростей был реализован алгоритм фильтрации входных данных. В качестве возможных вариантов предложенных в литературе [1,2] алгоритмов были рассмотрены:

- Растянутая выборка
- Бегущее среднее
- Экспоненциальное бегущее среднее
- Фильтр Калмана

В качестве наиболее подходящего был выбран фильтр Калмана. Его реализацию можно посмотреть в колде (см приложение).

## 1. Описание аппаратной части

В данном проекте для создания системы автоматического трекинга используется роботизированная плата «esp xiao», и дополнительные компоненты:

- Модуль oled дисплея;
- Модуль датчика давления;
- Пьезо динамик;
- Юстарея питания;
- Пассивные компоненты.

Фото компонентов и фото в спящем виде изображены на рисунках 1, 2.

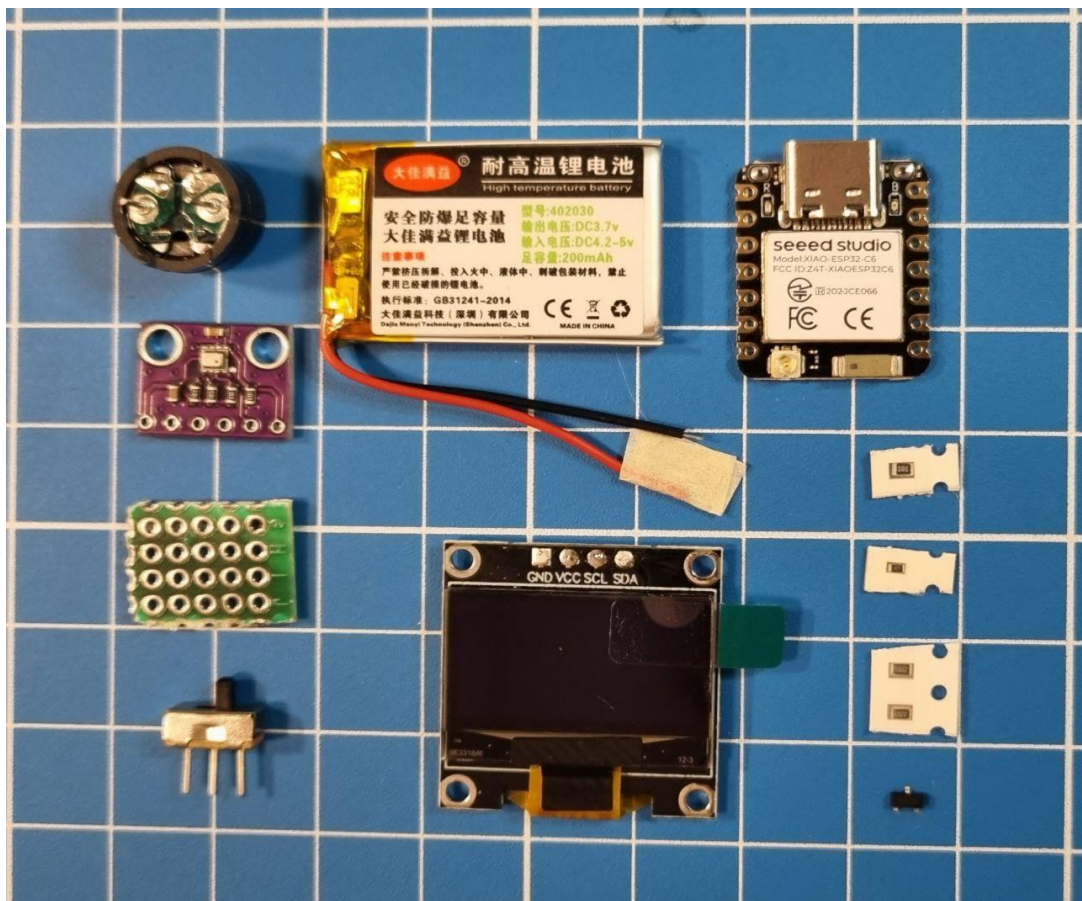


Рисунок 1 – компоненты устройства

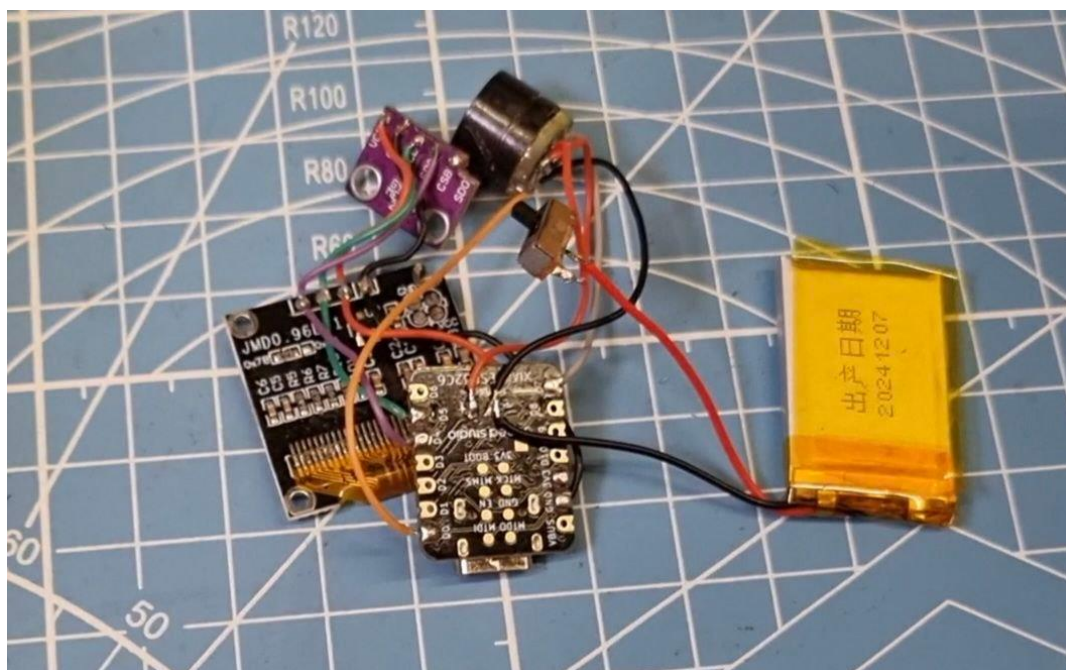


Рисунок 2 — компоненты в спянном виде.

## 2. Результат

В результате была разработана система, реализована электрическая схема устройства, связь по низкоуровневым протоколам между всеми компонентами устройства, написан алгоритм фильтрации данных, поступающих с датчика давления, обеспечена индикация полученных данных.

Физически реализованный прибор изображен на рисунке 3



Рисунок 3 – реализованный вариометр.

### **3. Заключение**

В процессе выполнения проекта мы получили опыт в области обработки данных и микроконтроллерного управления. Научились работать с библиотекой несколькими низкоуровневыми библиотеками на языке C++, разбираться в принципах фильтрации

В дальнейшем планируются следующие улучшения для более стабильной работы системы:

- Добавление функции ухода в режим энергосбережения при заряде менее 15%;
- Добавление кнопок и меню для ручной настройки без использования компьютера;



## Список литературы

1. В. Г. Коберниченко Основы цифровой обработки сигналов Учебное пособие – URL:  
[https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65261/1/978-5-7996-2464-4\\_2018.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/65261/1/978-5-7996-2464-4_2018.pdf)
2. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления : учебник для вузов / А.А. Ерофеев. — Санкт-Петербург : Политехника, 2021. — 416 с. — ISBN 978-5-7325-1204-3.
3. Полный справочник по C++ 4-е издание Издательский дом «Вильямс» ISBN 5-8459-0489-7  
[https://sharpened.ucoz.ru/lib/polnyj\\_spravochnik\\_po\\_c-gerbert\\_shildt-2006.pdf](https://sharpened.ucoz.ru/lib/polnyj_spravochnik_po_c-gerbert_shildt-2006.pdf)
4. Документация на библиотеку использования дисплея Gyver Oled  
<https://github.com/GyverLibs/GyverOLED>
5. Электронные проекты на основе ESP8266 и ESP32: Нил Кэмерон ISBN978-5-93700-141-2

## Приложения

### Приложение 1. Программа управления вариометра

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <GyverOLED.h>
```

```
#include <Adafruit_BMP085.h>
```

```
GyverOLED<SSD1306_128x64, OLED_NO_BUFFER> oled;
```

```
chars and 2 line display
```

```
float vario_down = -1.2;          // Установка СНИЖЕНИЯ
```

```
float vario_up = 0.45;
```

```
float alt[51];
```

```
float tim[51];
```

```
float beep;
```

```
float Beep_period;
```

```
float mux;
```

```
float Altitude;
```

```
const float p0 = 101325;
```

```
float old_sample = 0;
```

```
float old_altitude = 0;
```

```
long Pressure = 101325;
```

```
unsigned long bounseInput4P = 0UL;
```

```

int samples=40;
int maxsamples=50;
int countPressVal = 0;

bool tmp1 = 0;
bool countPress = 0;
bool bounseInput4S = 0;
bool bounseInput4O = 0;
boolean thermalling = false;
int p = 3;

Adafruit_BMP085 bmp;

void setup()
{
  pinMode(D7, OUTPUT);
  bmp.begin();
  oled.init();
  oled.clear();
}

void loop()
{

  float tempo=millis();

  if ((millis() - old_semple)> 400){
    oled.setScale(10);

```

```

old_altitude = bmp.readAltitude();
oled.invertText(false);
oled.setCursor(8, 2);
oled.print(old_altitude);
old_semple = millis() ;
};

```

```

float vario=0;
float N1=0;
float N2=0;
float N3=0;
float D1=0;
float D2=0;

```

```

for(int cc=1;cc<=maxsamples;cc++){           // Фильтр
    alt[(cc-1)]=alt[cc];
    tim[(cc-1)]=tim[cc];
};
alt[maxsamples]=bmp.readAltitude();
tim[maxsamples]=tempo;
float stime=tim[maxsamples-samples];
for(int cc=(maxsamples-samples);cc<maxsamples;cc++){
    N1+=(tim[cc]-stime)*alt[cc];
    N2+=(tim[cc]-stime);
    N3+=(alt[cc]);
    D1+=(tim[cc]-stime)*(tim[cc]-stime);
    D2+=(tim[cc]-stime);
};

```

```

vario=1000*((samples*N1)-N2*N3)/(samples*D1-D2*D2); // расчёт звук
if ((tempo-beep)>Beep_period)
{
    beep=tempo;
    if (vario>vario_up && vario<15 )
    {
        Beep_period= 450-(vario*5);
        tone(D7,(1500+(120*vario)),300-(vario*6)); // звук на подъёме
        //tone(D7,(1003+(100*vario)),300-(vario*5));
        thermalling = true;
    }
    else if ((vario < 0.1 ) && (thermallng == true))
    {
        thermalling = false;
        // tone(200, 800); // звук предпоток (по-желанию )
        noTone(D7);

    }
    else if (vario< vario_down){          // звук на сливе
//    Beep_period=200;
//    tone(D7,(300-(vario)),340);
//    tone(D7,(303-(vario)),340);
        noTone(D7);

        thermalling = false;
    }
}
}

```