

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
Физико-технический институт

ОТЧЕТ  
по учебной практике,  
эксплуатационной

обучающегося Мазлова Ивана Денисовича

Физико-технический институт  
Кафедра компьютерной инженерии и моделирования  
Направление подготовки/специальность 09.03.01  
«Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль)/специализация АСУ (Устройство дальномер на Arduino).

Курс 2

Группа ИВТ-б-о-201

Форма обучения очная

Руководитель практики от  
КФУ

\_\_\_\_\_

(подпись)

В.В.Милюков

(ФИО руководителя)

Руководитель практики от  
Профильной организации

\_\_\_\_\_

(подпись)

А.Ю. Корниенко

(ФИО руководителя)

Отчет защищен с оценкой **95 баллов.**

## 1. Введение

Темой моей эксплуатационной учебной практики было создание дальномера на основе микроконтроллера Arduino. Необходимо было подобрать все компоненты, собрать устройство («в железе») и написать код для его корректной работы. По теме практики необходимо было сделать дальномер с использованием **инфракрасного модуля измерения** дистанции.

По согласованию с руководителем практики, дополнительно к инфракрасному модулю был ещё использован **модуль ультразвукового приемопередатчика** для измерения расстояния при помощи ультразвука. Таким образом, получился в какой-то степени уникальный прибор, включающий в себя **две разных по принципу действия системы измерения** расстояния, приведенных к единой системе отсчета, что позволило, кроме практической части – изготовления прибора, провести ещё и **экспериментальную часть** по реакции разных дальномерных систем на разные типы поверхностей и выработать рекомендации по их использованию при проектировании робототехнических устройств.

### Аппаратная часть

В основе устройства лежит микроконтроллер **Arduino pro mini** (ATmega328p) с базовым напряжением 5 В.

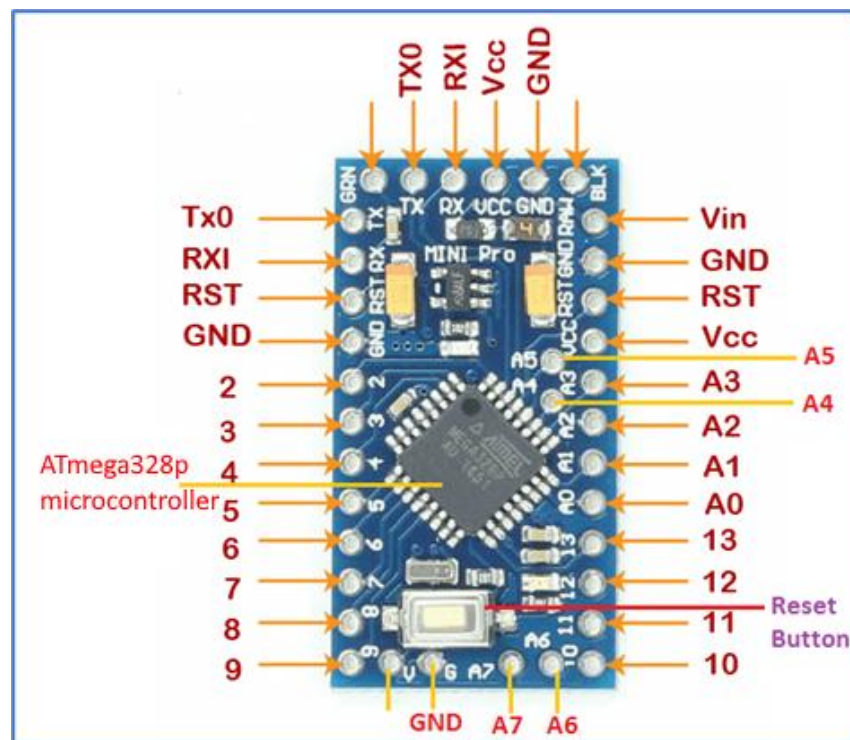


Рис. 1 Arduino Pro Mini.

- Микроконтроллер – АТmega328;
- Рабочее напряжение – 5 В;
- Напряжение питания – 5 – 12 В;
- Цифровые входы/выходы – 14;
- Аналоговые входы – 8;
- Flash-память – 32 Кб;
- SRAM – 2 Кб;
- EEPROM – 512 байт;
- Тактовая частота – 16 МГц;
- Размеры – 33×18 мм;
- Вес – 5 г.

Для прошивки микроконтроллера используется прошивочный модуль (на основе микросхемы CH340G) – он обычно располагается на той же плате, что и микроконтроллер, но была использована модификация платы Pro, на которой прошивочного модуля нет и его необходимо подпаивать на время прошивки отдельно. Зато сама плата микроконтроллера получается очень небольших размеров.

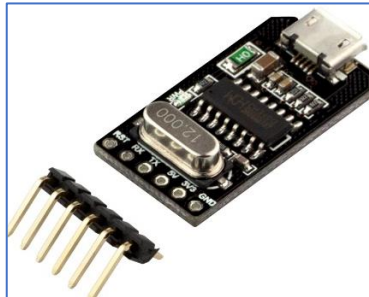


Рис. 2 Прошивочный модуль CH340G.



Рис. 3 Arduino Pro Mini и CH340G в корпусе прибора.

**Ультразвуковой дальномер HC-SR04** состоит из излучателя и приемника. По команде с Arduino модуль генерирует пучок ультразвука, ультразвук отражается от препятствия и принимается приемником модуля. Скорость распространения ультразвука зависит от запыленности, разреженности атмосферы и относительной влажности воздуха. Модуль рассчитан на средние значения этих показателей и возвращает (при помощи стандартной библиотеки) уже готовое рассчитанное значение расстояния.



Рис. 4 Ультразвуковой дальномер HC-SR04.

Базовое напряжение питания ультразвукового дальномера составляет 5 В, а значит, для состыковки его с Arduino Pro Mini не требуется конвертор уровней. На его плате есть выводы: питание (VCC), земля (GND), триггер начала передачи сигнала (Trigger) и ответный вывод приема сигнала (Echo). Ультразвуковой приемопередатчик подключается к двум цифровым выводам Arduino.

**Инфракрасный (лазерный) дальномер VL53L0X** использует инфракрасный лазер для определения расстояния до препятствия. На микросхеме модуля расположены излучатель и приемник инфракрасного излучения.

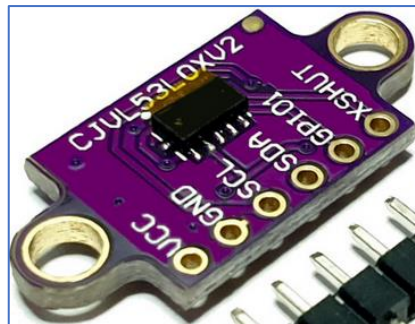


Рис. 5 Инфракрасный (лазерный) дальномер VL53L0X.

Напряжение питания инфракрасного дальномера составляет 3,3 В. На

плате инфракрасного дальномера сразу расположен конвертор уровней, который позволяет работать как с 3-вольтовыми, так и с 5-вольтовыми логическими сигналами. Поэтому конвертор уровней напряжения при передаче логических сигналов при подключении к Arduino не потребовался. Дальномер обменивается данными с микроконтроллером Arduino по протоколу I2C. Данные передаются с помощью библиотеки Onewire через вывод SDA, а вывод SCL используется для синхронизации тактовой частоты передачи данных. VCC и GND используются для питания. Выводы GPIO01 и XSHUT не используются для целей настоящего проекта.

Результаты измерений выводятся на **TFT-монитор**. Монитор получает данные от микроконтроллера Arduino по протоколу SPI: CS (Cabel Select), SCL (синхронизация тактовой частоты), MOSI (Master out, slave in). (MISO (Master in, slave out) не был задействован, следовательно, TFT-монитор не имеет обратной связи с Arduino).

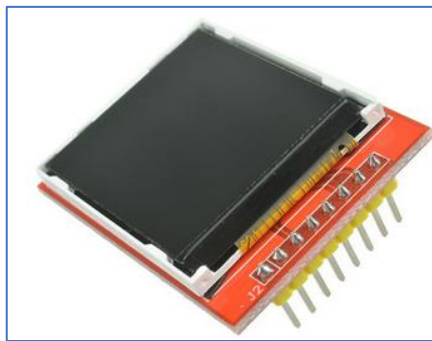


Рис. 6 1,44-дюймовый TFT-монитор.

Базовое напряжение TFT-монитора такое же, как у лазерного дальномера – 3,3 В. Для подключения логических выводов монитора к Arduino был использован самодельный **конвертор уровней** на основе резистивного делителя напряжения. Монитор работает с цветовой палитрой RGB565 и воспроизводит 65536 цветов на TFT-матрице с разрешением 128×128 пиксел.

Отдельно на мониторе подключается питание светодиодной подсветки экрана – 3,3 В.

В качестве **источника питания** прибора используется **аккумулятор 18650** (мини-версия в  $\frac{1}{2}$  обычного размера и емкости) с напряжением 3,7 В. К нему подключен повышающий **DC-DC-преобразователь**, преобразующий 3,7 В в 5 В для питания микроконтроллера и ультразвукового дальномера.



Рис. 7 Повышающий DC-DC-преобразователь.

Для питания инфракрасного дальномера используется стабилизатор питания на 3,3 В.

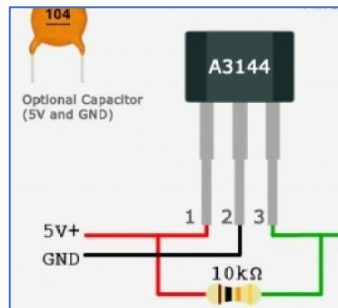


Рис. 8 Стабилизатор питания A3144 на 3,3 В.

На приборе установлены выключатель питания и кнопка («микрик») запоминания результатов измерения.

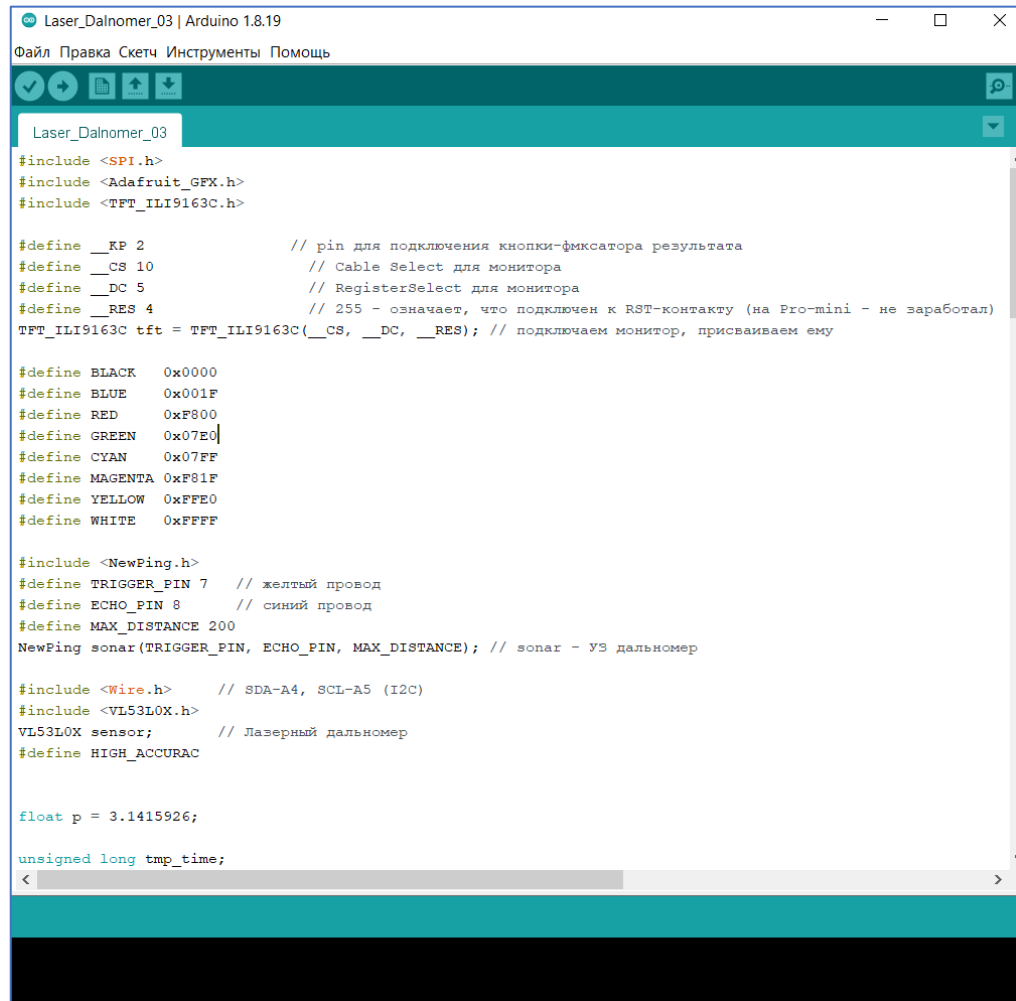
Все компоненты устройства размещены в пластиковом корпусе, а ультразвуковой дальномер закреплен сверху.



Рис. 9 Общий вид получившегося устройства.

## Программная часть

Программа для прибора с дальномерами была написана в Arduino IDE на языке программирования C++. Ниже приведен скриншот библиотек, использованных для устройства.



```
Laser_Dalnomer_03 | Arduino 1.8.19
Файл Правка Скетч Инструменты Помощь

Laser_Dalnomer_03

#include <SPI.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <TFT_ILI9163C.h>

#define __KP 2          // pin для подключения кнопки-фиксатора результата
#define __CS 10         // Cable Select для монитора
#define __DC 5          // RegisterSelect для монитора
#define __RES 4         // 255 - означает, что подключен к RST-контакту (на Pro-mini - не заработал)
TFT_ILI9163C tft = TFT_ILI9163C(__CS, __DC, __RES); // подключаем монитор, присваиваем ему

#define BLACK 0x0000
#define BLUE 0x001F
#define RED 0xF800
#define GREEN 0x07E0
#define CYAN 0x07FF
#define MAGENTA 0xF01F
#define YELLOW 0xFFE0
#define WHITE 0xFFFF

#include <NewPing.h>
#define TRIGGER_PIN 7 // желтый провод
#define ECHO_PIN 8    // синий провод
#define MAX_DISTANCE 200
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE); // sonar - УЗ дальномер

#include <Wire.h>      // SDA-A4, SCL-A5 (I2C)
#include <VL53L0X.h>
VL53L0X sensor;      // Лазерный дальномер
#define HIGH_ACCURAC

float p = 3.1415926;

unsigned long tmp_time;
```

Рис. 10 Библиотеки для подключения устройств прибора.

Для TFT-монитора используются библиотеки:

SPI.h - библиотека, позволяющая связываться с устройствами, использующие протокол SPI, где микроконтроллер является главным устройством (Master).

Adafruit\_GFX.h позволяет работать с графикой (стандартный пакет рисования и вывода текстов на экран монитора)

TFT\_ILI9163C.h – аппаратная библиотека (драйвер монитора)

Определяем выводы для подключения монитора:



\_\_ KP 2 - подключение кнопки-фиксатора результата  
\_\_ CS 10 - Cabel Select (Выбор устройства) для монитора  
\_\_ BC 5 - Register Select (Выбор регистра) для монитора  
\_\_ RES 4 - управление перезагрузкой монитора (при перезагрузке контроллера)

NewPing.h – библиотека, позволяющая работать с ультразвуковым дальномером. Входящий сигнал приходит по 7-му пину (желтый провод), а исходящий - по 8-му (синий провод).

Wire.h - библиотека для связи микроконтроллера с устройствами и модулями по протоколу I2C.

VL53L0X.h – подключение лазерного дальномера (драйвер дальномера).

Для лазерного дальномера установлен режим повышенной точности.

```
#elif defined HIGH_ACCURACY
    sensor.setMeasurementTimingBudget(200000);
```

Рис. 11 Режим максимальной точности дальномера VL53L0X.

Из-за того, что дальномеры находятся на разных плоскостях, показатели на мониторе были откалиброваны программным путем к единой системе отсчета (тыльная сторона прибора), чтобы можно было мерить, например, расстояние от стенки до стенки примерно, как в настоящих измерительных приборах, которые можно купить в строительном магазине.

Единая система отсчета позволяет сравнивать результаты измерения различными по принципу действия дальномерами и проводить эксперименты с разными типами поверхностей. Показания ультразвукового дальномера выводятся в сантиметрах, а инфракрасного - в миллиметрах. Погрешность измерения каждого дальномера находится в пределах 3-5 мм.

```
void loop() {
    if (mode) {
        TFTprn(STR(String(sonar.ping_cm()+9)+ " cm", 6), 2, 5, 15, RED, BLACK); // y3
        // if (sensor.timeoutOccurred()) { Serial.print(" TIMEOUT"); }
        TFTprn(STR(String(sensor.readRangeSingleMillimeters()+70)+ " mm", 7), 2, 5, 70, MAGENTA, BLACK);

        TFTprn("          ", 1, 2, 118, GREEN, BLACK);
    }
    else {TFTprn("paused", 1, 2, 118, GREEN, BLACK);}

    delay(200);
}
```

Рис. 12 Основной цикл программы.



### Экспериментальная часть

Задание для экспериментальной части заключалось в том, чтобы протестировать точность измерения расстояния до разных типов поверхностей с выработкой рекомендаций для использования ультразвукового и инфракрасного дальномеров при изготовлении робототехнических устройств, которые ориентируются в пространстве по показаниям дальномеров.

Для начала включаем прибор и просто меряем расстояние до обычной преграды, например, до учебника по физике.



Рис. 13 Измерение расстояния до непрозрачного плотного предмета.

Результаты замера показали, что оба дальномера (с учетом погрешности и точности вывода показаний) определяют дистанцию до непрозрачного плотного предмета одинаково.

Однако понимая, что принцип работы инфракрасного дальномера основан на оптических процессах отражения и преломления света, можно подобрать такую поверхность, определение расстояния до которой будет для такого дальномера весьма затруднительным. После испускания инфракрасного пучка света дальномер ожидает, пока луч дойдет до препятствия, отразится от него и будет уловлен сенсором дальномера. Именно по разнице во времени, зная скорость распространения инфракрасного излучения, дальномер определяет расстояние до препятствия.

Если взять полупрозрачную поверхность (например, пластиковую бутылку), то луч частично отразится от полупрозрачной поверхности, а частично преломится и пойдет дальше – до следующей поверхности, от

которой он тоже отразится. Таким образом, сенсор дальномера получит два отраженных луча в короткий промежуток времени и не сможет точно определить расстояние до первой полупрозрачной поверхности.

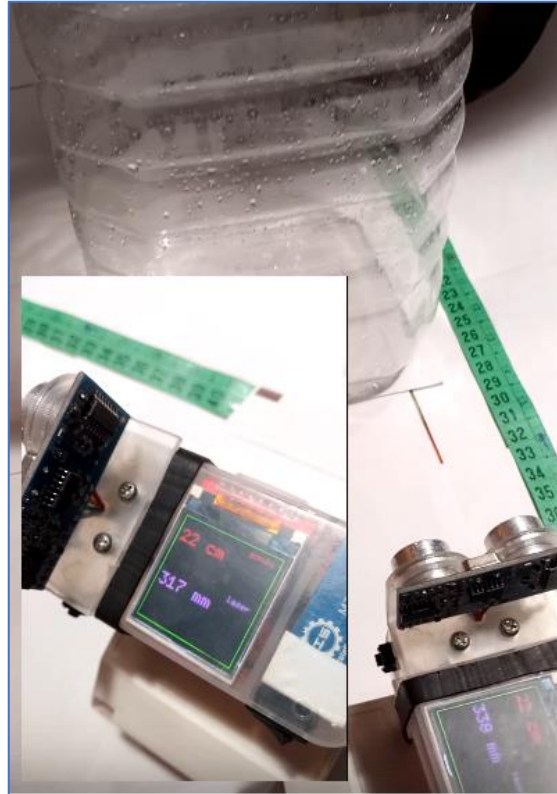


Рис. 14 Неправильное определение расстояния до полупрозрачного препятствия инфракрасным дальномером.

При этом ультразвуковой дальномер измеряет расстояние правильно.

Принцип действия ультразвукового дальномера основан на испускании короткого ультразвукового сигнала излучателем с последующим приемом отраженного звукового сигнала. Однако мы знаем, что ряд материалов практически не препятствуют прохождению через них звуковых волн и, следовательно, и отражение ультразвука будет настолько слабым, что сенсор дальномера не сможет уловить его. Одним из таких материалов является синтепон. В этом случае инфракрасный дальномер будет измерять расстояние правильно, так как синтепон является непрозрачным материалом, а ультразвуковой «не будет видеть» препятствие вовсе и будет показывать расстояние до стены за синтепоном.



Рис. 15 Неправильное определение расстояния до пористого препятствия ультразвуковым дальномером.

### **Вывод**

В ходе выполнения практической работы мне удалось создать устройство, которое совмещает в себе два дальномера (ультразвуковой и инфракрасный), работающих на основе разных физических явлений: отражение звука и отражение света.

Разработана принципиальная схема устройства, подобраны компоненты, согласованы логические уровни и обеспечено правильное питание составных частей устройства, подобран корпус и выполнена рабочая (физическая) модель устройства. Подобраны библиотеки и драйвера для компонент, написан программный код на языке программирования C++, объединяющий все программные модули, произведена калибровка программным путем с приведением показаний обоих дальномеров к единой системе отсчета.

Проведен ряд экспериментов с разными типами поверхностей и проверены теоретические расчеты на основе знаний по физике по реакции дальномеров на разные поверхности.

По итогам экспериментов можно сделать следующие **выводы по использованию дальномеров** при изготовлении моделей робототехнических устройств, ориентирующихся в пространстве по дистанции до препятствий:

- **ультразвуковой дальномер непригоден** для использования в случае возможности контакта с пористыми поверхностями, хорошо пропускающими или глушащими звук: синтепон, ковровые покрытия, шерстяные поверхности, ткани и т.п.
- **инфракрасный дальномер непригоден** для использования в случае возможности контакта с прозрачными или полупрозрачными поверхностями, частично отражающими, частично преломляющими свет: многослойные стекла (стеклянный лабиринт), полупрозрачный пластик, водная поверхность и т.п.

Видеоотчет экспериментальной части можно посмотреть по ссылке:  
[https://vk.com/ivlord?z=video388708635\\_456239169](https://vk.com/ivlord?z=video388708635_456239169)