

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»**

Факультет физики и информационных технологий  
Кафедра общей физики

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
на тему**

**Мобильный ультразвуковой дальномер**

**ГГУ КП 1-39 03 02 103 ПЗ**

Исполнитель:

Студент группы МС-32:

\_\_\_\_\_

Марченко К.В.

Научный руководитель:

Старший преподаватель  
Кафедры общей физики

\_\_\_\_\_

Ковалев А.А.

Гомель 2023

## РЕФЕРАТ

Курсовая работа: 31 страниц, 3 главы, 17 рисунков, 6 источников.  
Ультразвуковой дальномер. Объектом и предметом исследования является создание ультразвукового дальномера. Цель работы: разработать электронное мобильное устройство измерения расстояния до объекта. Изучить принципы создания структурных, принципиальных электронных схем в процессе проектирования устройства. Изучить особенности архитектуры и написать программное обеспечение для микроконтроллера. В процессе выполнения курсового проекта были решены следующие задачи:

- произведен анализ предметной области;
- рассмотрен перечень отладочных плат и микроконтроллеров, которые могли быть использованы для реализации ультразвукового дальномера;
  - произведено описание архитектуры и устройства выбранной отладочной платы или микроконтроллера, рассмотрены его особенности;
- разработана структурная схема ультразвукового дальномера;
- разработана принципиальная электрическая схема ультразвукового дальномера;
- разработана модель и алгоритм функционирования ультразвукового дальномера.

Актуальность темы курсового проекта обусловлена высоким спросом на разработку устройств, способных измерять расстояния до объекта. Курсовой проект посвящен разработке ультразвукового дальномера. В виду широкого распространения подобное устройство будет актуально ещё долгое время.

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Анализ предметной области .....	5
1.1. Общая информация .....	5
1.2. Обзор платформ для разработки .....	9
1.2.1. Отладочная плата Arduino на базе Atmega328.....	10
1.2.2. Отладочная плата Discovery на базе STM32 .....	11
1.2.3. Отладочная плата ESP32.....	12
2 Разработка электрических схем ультразвукового дальномера .....	14
2.1.1. Обоснование базовых блоков структурной электрической схемы ультразвукового дальномера.....	14
2.1.2. Обоснование связей структурной электрической схемы ультразвукового дальномера.....	14
2.2. Разработка принципиальной схемы ультразвукового дальномера. ....	15
2.2.1. Обоснование выбора САПР для разработки принципиальной электрической схемы ультразвукового дальномера. ....	15
3 Разработка алгоритма функционирования ультразвукового дальномера. 19	
3.1. Описание алгоритма функционирования ультразвукового дальномера. .....	19
3.2. Выбор IDE и языка программирования для написания алгоритма. ....	20
3.3. Описание функций алгоритма.....	21
Заключение.....	25
Список использованных источников .....	26

## Введение

Развитие современной электроники и схемотехники позволяет получить в миниатюрных устройствах возможности, которые ранее были доступны для габаритных и дорогих устройств. Одним из таких миниатюрных приборов является ультразвуковой датчик HC-SR04, который позволяет использовать физические свойства ультразвука в компактных и автономных устройствах. Объектом исследования дипломной работы является ультразвуковой дальномер, осуществляющий измерения расстояния от наблюдателя до измеряемого объекта.

Цель: разработать электронное мобильное устройство, которое позволит измерять длину до объекта с помощью ультразвука.

Задачи:

- Произвести анализ предметной области. Рассмотреть особенности и структуру интерфейса ультразвукового дальномера;
- Рассмотреть перечень отладочных плат и микроконтроллеров, которые могут быть использованы для реализации мобильного ультразвукового дальномера;
- Произвести описание архитектуры и устройства выбранной отладочной платы или микроконтроллера, рассмотреть ее особенности.
- Разработать структурную схему мобильного ультразвукового дальномера;
- Разработать принципиальную электрическую схему л мобильного ультразвукового дальномера;
- Разработать модель и алгоритм функционирования мобильного ультразвукового дальномера.

# **1 Анализ предметной области**

## **1.1. Общая информация**

### **1.1.1. Ультразвуковой дальномер**

Данный дальномер работает по активному принципу. Это оборудование имеет схожий метод с тем, что используют для ориентирования дельфины или летучие мыши. Прибор создает звуковую волну, направленную вперед на объект, к которому нужно померить расстояние. При достижении импульсом преграды создается эхо, которое отбивается и попадает на чувствительную часть ультразвукового устройства. Такие приборы используют звук с высокой частотой около 40 кГц. Он неуловимый уху человека, поэтому применение подобного дальномера не вызывает никакого дискомфорта. Это сравнительно недорогие устройства, но, чтобы ими воспользоваться, необходимо правильно направить импульс, на что уходит время. Конечно, рулеткой мерить намного дольше, но лазерные инструменты более совершенные, чем ультразвуковые. Рассмотрим подробнее принцип работы ультразвукового дальномера. Ультразвуковой датчик расстояния определяет расстояние до объекта, измеряя время отображения звуковой волны от объекта. Частота звуковой волны находится в пределах частоты ультразвука, что обеспечивает концентрированное направление звуковой волны, так как звук с высокой частотой рассеивается в окружающей среде меньше. Типичный ультразвуковой датчик расстояния состоит из двух мембран, одна из которых генерирует звук, а другая регистрирует отображенное эхо. Образно говоря, мы имеем дело со звуковой колонкой и микрофоном. Звуковой генератор создает маленький, с некоторым периодом ультразвуковой импульс и запускает таймер. Вторая мембрана регистрирует прибытие отображенного импульса и останавливает таймер. От времени таймера по скорости звука возможно вычислить пройденное расстояние звуковой волны. Расстояние объекта приблизительно половина пройденного пути звуковой волны. У ультразвукового датчика расстояния в повседневной жизни множество применений. Их используют взамен измерительной рулетки в устройствах измерения расстояния, например, в строительстве. Современные автомобили снабжены ультразвуковым датчиком и предупреждающим сигналом для защиты от наезда на стоящее позади препятствие. Помимо измерения расстояния они могут также регистрировать нахождение объекта в измеряемом диапазоне, к примеру, в опасной зоне производственных машин. Если излучатель и приемник ультразвука разделить, то можно измерять скорость потока текущего

между ними вещества, потому что звуковая волна против течения распространяется медленнее, а по течению быстрее (рис.1.1.1).

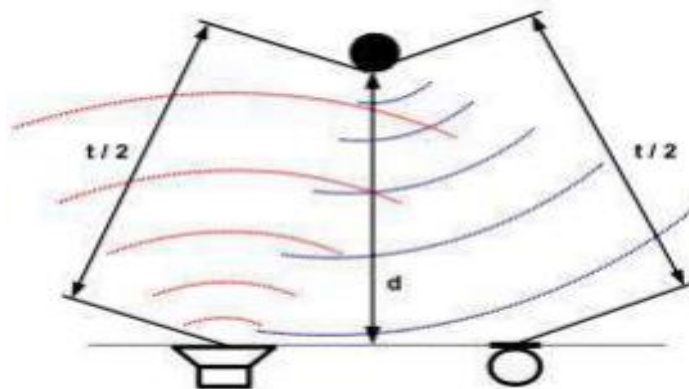
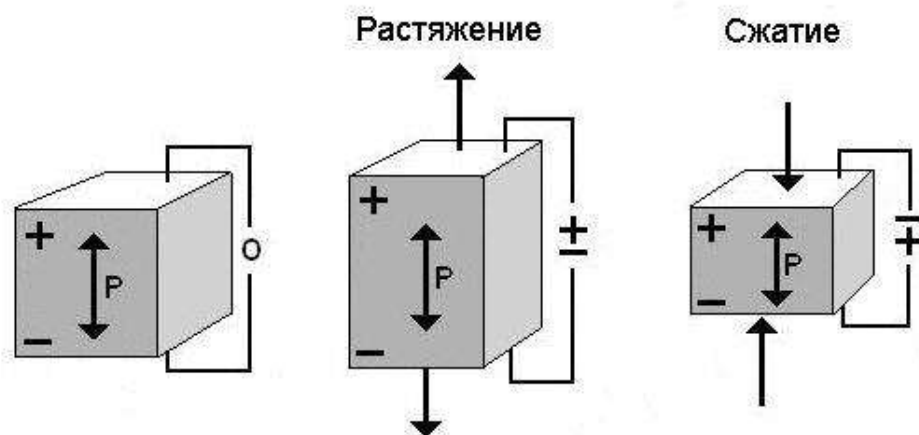


Рис.1.1.1. Принцип работы ультразвукового датчика расстояния

Длина волны находится в обратной зависимости от ее частоты, следовательно, ультразвуковые волны, по сравнению с обычным звуком имеют меньшую длину волны. Поэтому, ультразвуковые волны отражаются от различных препятствий гораздо сильнее, чем обычные звуковые волны, что делает их весьма эффективными на практике. Как можно получить эти колебания в ультразвуковом диапазоне? Кристаллы некоторых материалов (например, кварц) способны совершать быстрые колебания с высокой скоростью, при прохождении через них электрического заряда. Этот эффект называется, обратный пьезоэффект. В то время, как создаются вибрации, кристаллы начинают толкать и тянут воздух вокруг себя же, производя, ультразвуковые волны. Устройства, которые производят ультразвуковые волны с помощью пьезоэффекта называют пьезоэлектрические преобразователи. Пьезоэлектрические кристаллы могут работать в обратном порядке: когда ультразвуковые волны, распространяются по воздуху, сталкиваются с пьезоэлектрическим кристаллом, деформируя его поверхность, в результате этого в кристалле возникает электрическое поле. Поэтому, если подключить пьезоэлектрический кристалл к измерителю (сигнализатору) электрического напряжения, мы получим детектор ультразвука. Принцип работы пьезоэлектрического эффекта показан на рисунке 1.1.2.



### Рис.1.1.2. Пьезоэлектрический эффект

Ультразвуковые волны могут быть получены с использованием магнетизма вместо электричества. Так же, как пьезоэлектрические кристаллы производят ультразвуковые волны в ответ на электричество, существуют и другие кристаллы, которые излучают ультразвук в ответ на магнетизм. Это эффект магнитострикции. Такие кристаллы называются магнитострикционными кристаллами. Датчики, использующие их, называются магнитострикционными преобразователями. Магнитострикционный преобразователь представляет собой набор тонких листов из ферромагнитного материала, на который намотана обмотка возбуждения. Чаще всего в магнитострикционных излучателях используется никель и его сплавы (инвар и монель), а также ферриты.

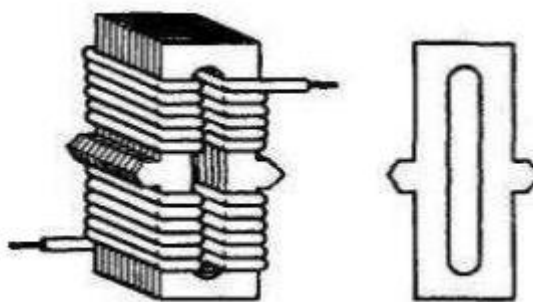


Рис. 1.1.3. Магнитострикционный преобразователь

На основе пьезоэлектрического или магнитострикционного преобразователя, можно создать устройство, способное измерять расстояние до объектов, называемый ультразвуковой дальномер, который работает следующим образом. В момент измерения мы создаем электрическое колебание, каждые 10мкс, при помощи генератора, которое преобразуясь в ультразвуковую волну (например, с помощью пьезокристалла), излучается в окружающее пространство. Эта волна отражается от объекта и возвращается, как эхо в приемник (также можно использовать пьезокристалл). Измеряя время  $\Delta t$  между отправкой и приемом отраженного сигнала от объекта и, зная скорость звуковой волны  $v$ , распространяемой в пространстве (для воздуха это величина около 340 м/с), можно вычислить расстояние  $d$  до измеряемого объекта по формуле:  $d = v \Delta t / 2$  Ниже показан принцип действия пьезоэлектрического или магнитострикционного преобразователя для измерения расстояния (рис.1.1.4).



Рис.1.1.4. Принцип действия пьезоэлектрического или магнитострикционного преобразователя

Ультразвуковой дальномер имеет различные ограничения:

- Для измерения более мелких объектов необходимо увеличивать чувствительность прибора, повышение частоты приводит к снижению длины излучаемой волны.
- Частичные отражения, или так называемые паразитный эхо-сигнал, могут сильно исказить результаты измерений (виной всему могут стать криволинейные или наклонные по отношению к направлению излучаемой волны к поверхности) (рис.1.1.5).

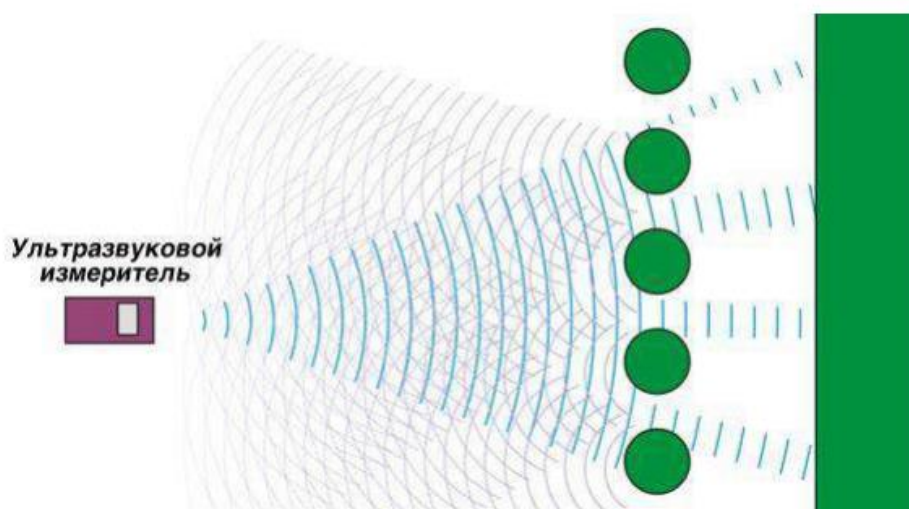


Рис.1.1.5. Паразитный эхо-сигнал



- При вычислении расстояния до объектов из звукопоглощающих, изоляционных материалов или имеющих тканевую (шерстяную) поверхность могут привести к неправильным показаниям, вследствие поглощения (ослабления) сигнала, такими объектами имеющую такую поверхность.
- Если измеряемый объект имеет малую площадь, то отражающая поверхность будет слишком мала для улавливания эхо-сигнала приемником. Это приводит к более слабому отраженному сигналу

Ультразвуковой дальномер HC-SR04 (рис. 1.1.6) представляет собой простое и дешевое решение задачи измерения расстояния, не превышающего 4 м. Принцип действия HC-SR04 основан на явлении эхолокации. При его использовании излучатель формирует акустический сигнал, который, отразившись от преграды, возвращается к датчику и регистрируется приемником. Зная скорость распространения ультразвука в воздухе (примерно 340 м/с) и время запаздывания между излученным и принятым сигналом, легко рассчитать расстояние до предмета.



Рис. 1.1.6. Ультразвуковой дальномер HC-SR04

Датчик имеет следующие характеристики: • напряжение питания: +5 В; • ток ожидания: <2 мА; • ток, потребляемый в рабочем режиме: 15 мА; • измеряемое расстояние: 2–400 см; • частота импульсов: 40 кГц; • разрешение: 0,3 см; • угол измерения: 30°; • импульс запуска измерения: 10 мкс. Для подключения к схеме измерения датчик оснащен 4 выводами. Два из них служат для подключения питания. На вход Trig подается запускающий импульс, а с выхода Echo снимается сигнал, длительность которого пропорциональна измеренному расстоянию.

## 1.2. Обзор платформ для разработки

### 1.2.1. Отладочная плата Arduino на базе Atmega328

Отладочная плата Arduino на базе микроконтроллера Atmega328 представляет собой плату разработки, которая используется для программирования и отладки проектов на платформе Arduino. Она оснащена микроконтроллером Atmega328, который является одним из наиболее распространенных микроконтроллеров, используемых в платформе Arduino.

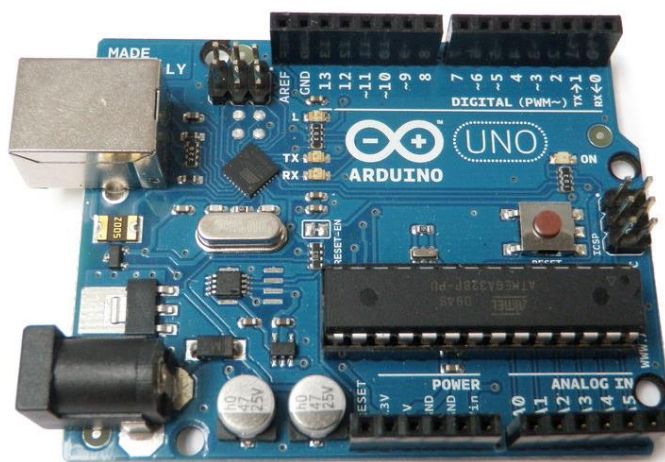


Рис. 1.2.1. Отладочная плата Arduino Uno

Отладочная плата Arduino на базе Atmega328 имеет следующие основные характеристики:

1. Микроконтроллер Atmega328: основной элемент платы - микроконтроллер Atmega328, который работает на частоте 16 МГц и имеет 32 килобайта внутренней флеш-памяти, 2 килобайта оперативной памяти (RAM) и 1 килобайт энергонезависимой памяти (EEPROM).

2. Входы/выходы: плата имеет ряд цифровых и аналоговых входов/выходов, которые могут использоваться для подключения различных устройств и датчиков. Всего на плате есть 14 цифровых пинов, из которых 6 можно использовать в качестве ШИМ-выходов, и 6 аналоговых входов.

3. Интерфейсы: плата оснащена различными интерфейсами, такими как UART (Serial), I2C и SPI, что позволяет подключать различные устройства, такие как датчики, дисплеи, модули связи и другие, для взаимодействия с микроконтроллером.

4. Питание: отладочная плата питается от внешнего источника питания напряжением 5 В, которое может быть подано через разъем питания или подано напрямую на контакт Vcc. Также на плате есть регулятор напряжения, который позволяет подавать на плату более высокое напряжение (до 12 В), которое будет автоматически преобразовано в 5 В для питания микроконтроллера и других компонентов на плате.

5. Программирование: плата может быть запрограммирована с использованием Arduino IDE (интегрированная среда разработки), которая предоставляет удобный и простой в использовании интерфейс для создания и загрузки программ на микроконтроллер.

### 1.2.2. Отладочная плата Discovery на базе STM32

Отладочная плата Discovery на базе STM32 (или просто STM32 Discovery) - это плата разработки, предназначенная для работы с микроконтроллерами STM32, которые производит компания STMicroelectronics. Она предоставляет разработчикам удобное и мощное средство для создания и отладки встраиваемых систем на базе STM32 микроконтроллеров.



Рис. 1.2.2 Отладочная плата STM32 Discovery

Основные особенности отладочной платы Discovery на базе STM32 включают:

1. Микроконтроллер STM32: отладочная плата Discovery на базе STM32 обычно оснащена микроконтроллером STM32Fxxx серии, где xxx обозначает различные модели микроконтроллеров STM32, такие как

STM32F0, STM32F1, STM32F3, STM32F4 и т.д. В зависимости от модели микроконтроллера, отладочная плата может иметь различные характеристики, такие как частота работы, объем встроенной памяти, наличие периферийных устройств и т.д.

2. Встроенные модули и периферийные устройства: отладочная плата STM32 Discovery может содержать различные встроенные модули и периферийные устройства, такие как кнопки, светодиоды, дисплеи, датчики, интерфейсы связи (например, UART, SPI, I2C, USB) и т.д. Эти модули и устройства предоставляют разработчикам удобные средства для тестирования и отладки кода на микроконтроллере.

3. Отладочные интерфейсы: отладочная плата STM32 Discovery может иметь различные отладочные интерфейсы, такие как JTAG (Joint Test Action Group) или SWD (Serial Wire Debug), которые позволяют разработчикам осуществлять отладку микроконтроллера в реальном времени, мониторить и изменять его состояние, а также загружать и запускать программное обеспечение на микроконтроллере.

4. Поддержка интегрированной среды разработки: отладочная плата STM32 Discovery часто поддерживается интегрированной средой разработки (IDE) от STMicroelectronics, такой как IAR Embedded Workbench, Keil MDK, или STM32CubeIDE, что упрощает процесс разработки, отладки и тестирования кода для STM32 микроконтроллеров.

### **1.2.3. Отладочная плата ESP32**

Отладочная плата ESP32 — это плата разработки, основанная на микроконтроллере ESP32, который является мощным и гибким решением для разработки приложений Интернета вещей (IoT). Отладочная плата ESP32 предназначена для упрощения процесса разработки и отладки приложений на базе ESP32.

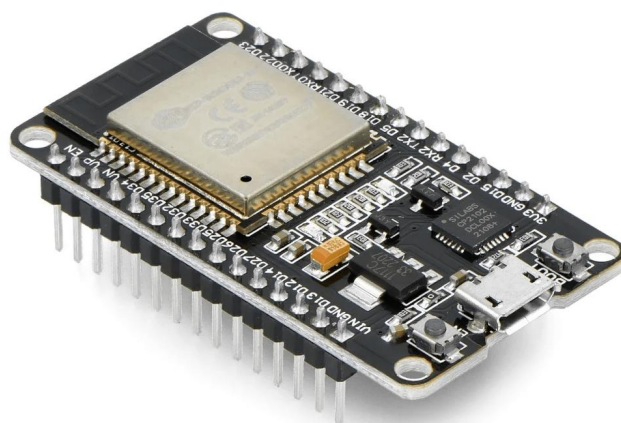


Рис. 1.2.3. Отладочная плата ESP32

Отладочная плата ESP32 обычно имеет следующие характеристики:

1. Микроконтроллер ESP32: отладочная плата содержит микроконтроллер ESP32, который предоставляет множество возможностей, таких как двухъядерный процессор, высокоскоростное подключение Wi-Fi и Bluetooth, множество цифровых и аналоговых входов/выходов, аппаратную поддержку протоколов шифрования и многое другое.

2. Разъемы ввода/вывода (I/O): отладочная плата ESP32 обычно содержит разъемы для подключения внешних устройств и датчиков через цифровые и аналоговые входы/выходы. Это позволяет разработчикам подключать различные периферийные устройства, такие как датчики температуры, давления, освещенности и т.д., для тестирования и отладки своих приложений.

3. Интерфейсы связи: отладочная плата ESP32 обычно имеет различные интерфейсы связи, такие как UART, SPI, I2C, GPIO и др., которые позволяют подключаться к другим устройствам и модулям, таким как дисплеи, сенсоры и другие.

4. Программатор/отладчик: отладочная плата ESP32 может быть оснащена встроенным программатором/отладчиком, который обеспечивает возможность загрузки программного кода на микроконтроллер ESP32, отладки и мониторинга его работы в режиме реального времени. Это облегчает процесс разработки и отладки приложений на ESP32.

Сравнив характеристики остановим свой выбор на Arduino Uno.

## **2 Разработка электрических схем ультразвукового дальномера**

### **2.1. Разработка структурной схемы ультразвукового дальномера**

#### **2.1.1. Обоснование базовых блоков структурной электрической схемы ультразвукового дальномера**

Рассмотрим каждый из базовых блоков структурной электрической схемы, приведенной в Приложении А.

1. Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328 ([datasheet](#)). В его состав входит все необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса. Для начала работы с устройством достаточно просто подать питание от AC/DC-адаптера или батарейки, либо подключить его к компьютеру посредством USB-кабеля.

2. HC-SR04 модуль расстояния с ультразвуковым датчиком: с помощью триггера IO для сигнала высокого уровня не менее 10US .Этот модуль имеет стабильную производительность и точное расстояние измерения. . Дальность обнаружения: 0,78 ~ 196 в/ (2 см ~ 500 см); Высокая точность: до 0,12 в/(0,3 см); Угол обнаружения по уровню поверхности: <15 °. . Этот модуль полностью совместим с GH-311 противоугонным модулем. . HC-SR04 для ультразвукового датчика Arduino может отправить восемь 40 кГц и определить, есть ли какой-либо импульсный сигнал назад. Если он вернется, высокоуровневый сигнал будет отключен IO, и длительность сигнала-это время от отправки ультразвукового к возврату.

#### **2.1.2. Обоснование связей структурной электрической схемы ультразвукового дальномера.**



Связей в структурной схеме ультразвукового дальномера не так много. Во-первых, нам необходимо связать микроконтроллер и анализируемое устройство. Данная связь является основной, и при ее отсутствии логический анализатор не сможет выполнить своих функций. В данном проекте анализируются пакеты интерфейса USB 2.0, поэтому необходимо организовать связь микроконтроллера с двумя проводами, предназначенных для передачи данных. Реализовывать это будем посредством GPIO.

GPIO (General-Purpose Input/Output) - это универсальные входы/выходы, которые могут быть использованы для соединения с различными электронными компонентами и управления ими.

В общем случае, GPIO - это порты ввода/вывода на микроконтроллерах или микропроцессорах, которые позволяют им взаимодействовать с внешними устройствами. Каждый GPIO имеет два состояния - логический уровень "0" или "1". В зависимости от режима работы порта, он может либо считывать входные сигналы, либо генерировать выходные сигналы.

В современных микроконтроллерах GPIO-порты могут выполнять различные функции, например, они могут использоваться для работы с UART, SPI, I2C и другими интерфейсами связи. Также порты могут быть настроены на работу с различными типами сигналов, например, аналоговыми или цифровыми.

В данном случае нас интересуют GPIO-порты ESP32, которые настроены на работу с аналоговым сигналом.

## **2.2. Разработка принципиальной схемы ультразвукового дальномера.**

### **2.2.1. Обоснование выбора САПР для разработки принципиальной электрической схемы ультразвукового дальномера.**

Рассмотрим две основные САПР, которые позволяют разрабатывать принципиальные электрические схемы различных устройств:

KiCad (от англ. "Ki" - ключ, "CAD" - компьютерное проектирование) - это бесплатная и открытая система автоматизированного проектирования электронных схем и печатных плат. Она предоставляет пользователям полный набор инструментов для создания схем, размещения компонентов, маршрутизации проводников и создания производственных файлов для изготовления печатных плат. KiCad поставляется с библиотеками компонентов, моделями компонентов и футпринтами для более чем 750 000 электронных компонентов. KiCad также поддерживает многоязычную локализацию и доступен на нескольких языках. KiCad доступен для Windows, Linux и macOS.

KiCad имеет следующие основные функции:

- Создание схем
- Размещение компонентов
- Маршрутизация проводников
- Создание производственных файлов для изготовления печатных плат
- Просмотр 3D моделей компонентов
- Импорт/экспорт схем и печатных плат в различных форматах
- Создание пользовательских библиотек компонентов

KiCad предоставляет несколько основных компонентов для проектирования электронных схем и создания печатных плат. Эти компоненты включают в себя:

- Eeschema - для создания схематических диаграмм;
- Cvpcb - для размещения компонентов на плате;
- Pcbnew - для проектирования печатной платы и проведения трассировки;
- Gerbview - для просмотра файлов герберов и документации.

KiCad поддерживает несколько форматов файлов для импорта и экспорта, включая SPICE, netlist, STEP, DXF, Gerber и др. KiCad является бесплатной и открытой системой автоматизации проектирования электронных схем, и позволяет пользователям создавать и разрабатывать электронные устройства без затрат на лицензирование коммерческого программного обеспечения.



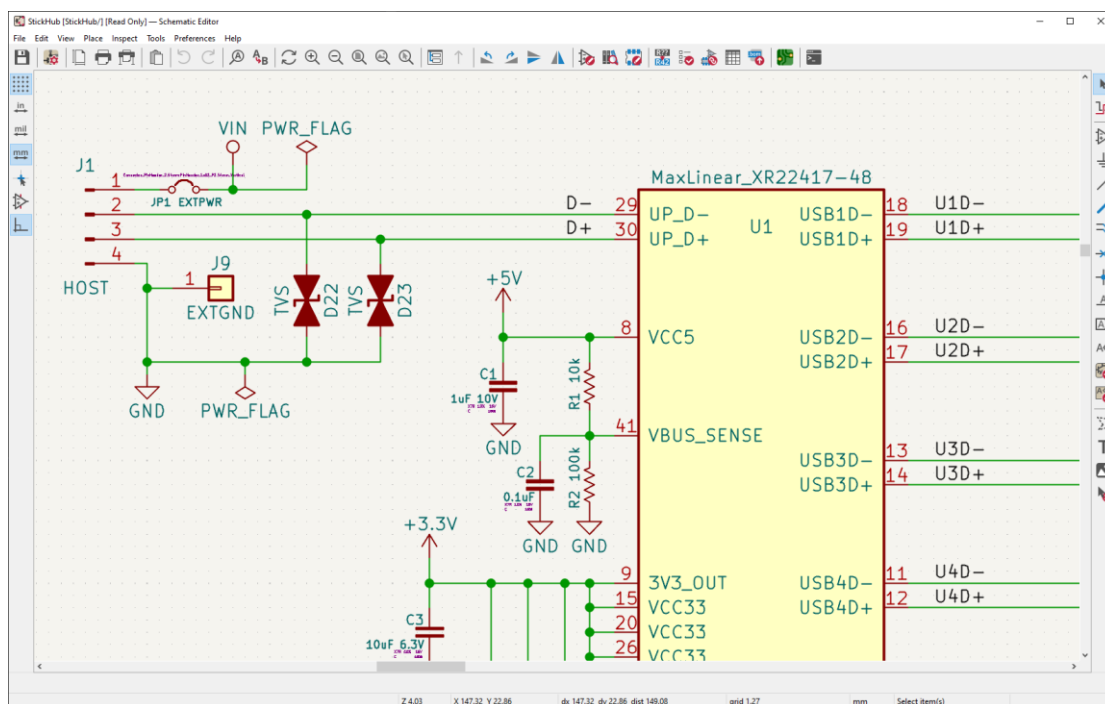


Рис. 2.2.1. Интерфейс САПР KiCad

Proteus - это программное обеспечение для проектирования электронных схем и имитации их работы. Оно позволяет проектировать, тестировать и отлаживать электронные схемы на виртуальном уровне, не требуя физической реализации на печатной плате.

Proteus состоит из двух основных модулей: ISIS (Intelligent Schematic Input System) и ARES (Advanced Routing and Editing Software). ISIS предназначен для создания схем, включая различные элементы, соединения и другие детали. ARES предназначен для размещения элементов на плате, настройки параметров печатных дорожек и т.д.

Одним из главных преимуществ Proteus является возможность имитирования работы электронных схем. Это позволяет выявлять ошибки и уязвимости в проекте еще на этапе проектирования, что значительно снижает затраты на производство и отладку.

Кроме того, Proteus содержит библиотеку компонентов, которая включает в себя более 8 тысяч элементов, что делает его удобным инструментом для проектирования широкого спектра электронных устройств.

Программа также поддерживает экспорт файлов проектов в различные форматы, такие как Gerber, Excellon и другие, что облегчает процесс производства печатных плат.

Proteus доступен в двух версиях: Proteus Professional и Proteus Design Suite. Proteus Professional включает в себя дополнительные возможности, такие как моделирование систем автоматического управления, имитация протоколов передачи данных и другие, в то время как Proteus Design Suite является более базовой версией программного обеспечения.

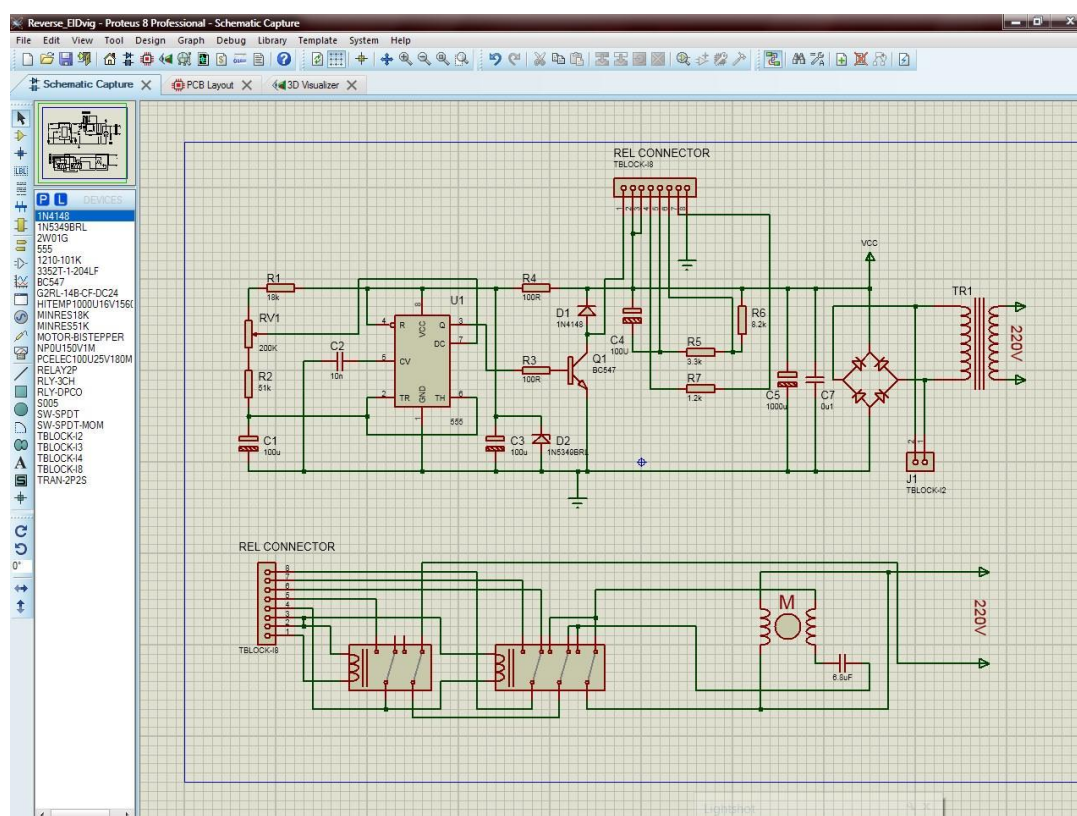


Рис. 2.2.2. Интерфейс САПР Proteus

Мы рассмотрели две мощные САПР для проектирования принципиальных электрических схем, каждая из них имеет свои преимущества и недостатки. Однако мы остановим свой выбор на САПР KiCad, в виду ее широкой функциональности, кроссплатформенности и бесплатного распространения.

### 3 Разработка алгоритма функционирования ультразвукового дальномера.

#### 3.1. Описание алгоритма функционирования ультразвукового дальномера.

Алгоритм работы с датчиком следующий:

- для старта измерения на вход Trig подается запускающий импульс длительностью 10 микросекунд;
- после обнаружения запускающего импульса датчик излучает 8 импульсов с частотой 40 кГц;
- обнаружив отраженный сигнал, датчик устанавливает высокий уровень на выходе Echo. Длительность данного состояния в микросекундах будет пропорциональна измеренному расстоянию в метрах;
- запускающие импульсы рекомендуется формировать 1 раз в 50 мс.

Всё, что требуется от управляющего микроконтроллера, – сформировать запускающий импульс и измерить значение эхо-сигнала. Принцип работы, показан на рисунке 3.1.

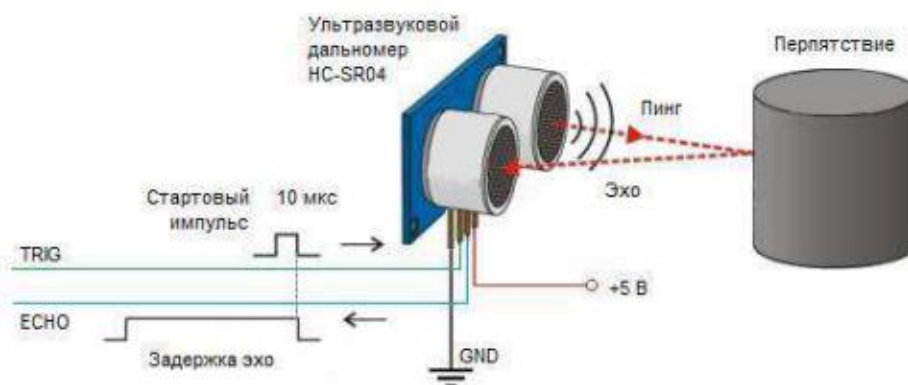


Рис. 3.1. Основной принцип работы

## 3.2. Выбор IDE и языка программирования для написания алгоритма.

Существует множество различных IDE, которые позволяют программировать микроконтроллеры, среди их числа можно выделить:

1. Arduino IDE - наиболее распространенная среда разработки для Arduino Uno. Эта IDE поддерживает языки программирования C и C++.

2. Programino - Это платная среда разработки, но её можно опробовать в течение 14-ти дней бесплатно. Programino, как и другие среды разработки, требует, однако, чтобы у вас была установлена Arduino IDE. Язык, который используется в данной среде разработки – такой же, как и в оригинальной Arduino IDE – C.

3. B4R - Ещё одна интересная альтернатива Arduino IDE – [B4R](#), или ["Basic for Arduino"](#). Эта среда разработки уникальна тем, что использует язык Basic, а не C. Она также поддерживает функцию автодополнения кода. Кроме того, она полностью бесплатна.

4. CodeBlocks for Arduino - Основное её отличие от описанных IDE – возможность писать код для микроконтроллеров и некоторых других платформ, не только для Arduino.

В виду большого количества документации, пользователей и различных примеров работ, отдадим предпочтение Arduino IDE.

Так же, существует несколько вариантов языков программирования, которые можно использовать для написания алгоритма для Arduino Uno.

1. C - язык программирования, который обычно используется для написания кода для ESP32. C позволяет программистам более низкоуровневое управление аппаратными ресурсами, такими как GPIO, прерывания и таймеры.

2. C++ - язык программирования, который является расширением языка C. Он также используется для написания кода для Arduino Uno и может обеспечивать более высокий уровень абстракции и удобство использования, чем C.

Так как наш алгоритм не будет слишком ресурсозатратным и микроконтроллер Arduino Uno в состоянии предоставить достаточные вычислительные мощности, для ускорения и упрощения процесса разработки алгоритма функционирования ультразвукового дальномера

будем использовать язык программирования C++ и фреймворк Wiring.

Wiring - это фреймворк для программирования микроконтроллеров, который был создан для упрощения разработки электронных проектов. Он был разработан в рамках проекта Arduino и стал одним из основных элементов его экосистемы.

Основными целями Wiring были упрощение программирования микроконтроллеров и создание более доступных инструментов для электронной разработки. Для достижения этих целей были разработаны следующие возможности фреймворка:

1. Поддержка различных платформ - Wiring поддерживает различные микроконтроллеры и платформы, включая Atmel AVR, ARM Cortex-M, ESP8266 и ESP32. Это делает его универсальным инструментом для электронной разработки.

2. Библиотеки - Wiring поставляется с библиотеками, которые предоставляют готовые функции для работы с различными периферийными устройствами, такими как дисплеи, сенсоры и моторы. Это позволяет разработчикам быстро создавать проекты, не тратя время на написание кода для управления аппаратными ресурсами.

3. Интерактивная среда разработки - Arduino IDE - является средой разработки, основанной на Wiring. Она предоставляет простой и удобный интерфейс для написания, загрузки и отладки кода на микроконтроллере.

### 3.3. Описание функций алгоритма

Посмотрим как выглядит временная диаграмма работы HC-SR04.

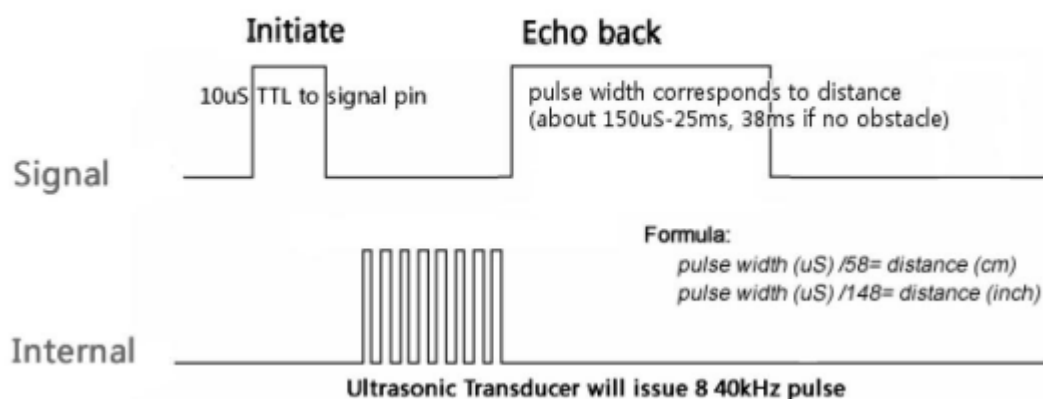


Рис. 3.3.1. Диаграмма работы HC-SR04

На диаграмме видно, что для начала измерения нам необходимо сгенерировать на выводе **Trig** положительный импульс длиной 10 мкс. Вслед за этим, датчик выпустит серию из 8 импульсов и поднимет уровень на выводе **Echo**, перейдя при этом в режим ожидания отраженного сигнала. Как только датчик почувствует, что звук вернулся, он завершит положительный импульс на **Echo**.

Получается, что нам нужно сделать всего две вещи: создать импульс на Trig для начала измерения, и замерить длину импульса на Echo, чтобы потом вычислить дистанцию по нехитрой формуле.

Написания алгоритма начинается с объявления необходимых констант и переменных, которые могут понадобиться при работе программы.

```
int echoPin = 11;
int trigPin = 12;
```

Рис. 3.3.2. Переменные и их описание

Далее запишем код программы.

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
    int duration, cm;
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    cm = duration / 58;
    Serial.print(cm);
    Serial.println(" cm");
    delay(1000);
}
```

Рис. 3.3.3. Основной код

Функция **pulseIn** измеряет длину положительного импульса на пине echoPin в микросекундах. В программе мы записываем время полета звука в переменную duration. Как мы уже выяснили ранее, нам потребуется умножить время на скорость звука:

$$s = \text{duration} * v = \text{duration} * 340 \text{ м/с}$$

Переводим скорость звука из м/с в см/мкс:

$$s = \text{duration} * 0.034 \text{ см/мкс}$$

Для удобства преобразуем десятичную дробь в обыкновенную:

$$s = \text{duration} * 1/29 = \text{duration} / 29$$

А теперь вспомним, что звук прошел два искомых расстояния: до цели и обратно. Поделим всё на 2:

$$s = \text{duration} / 58$$

Теперь мы знаем откуда взялось число 58 в программе.

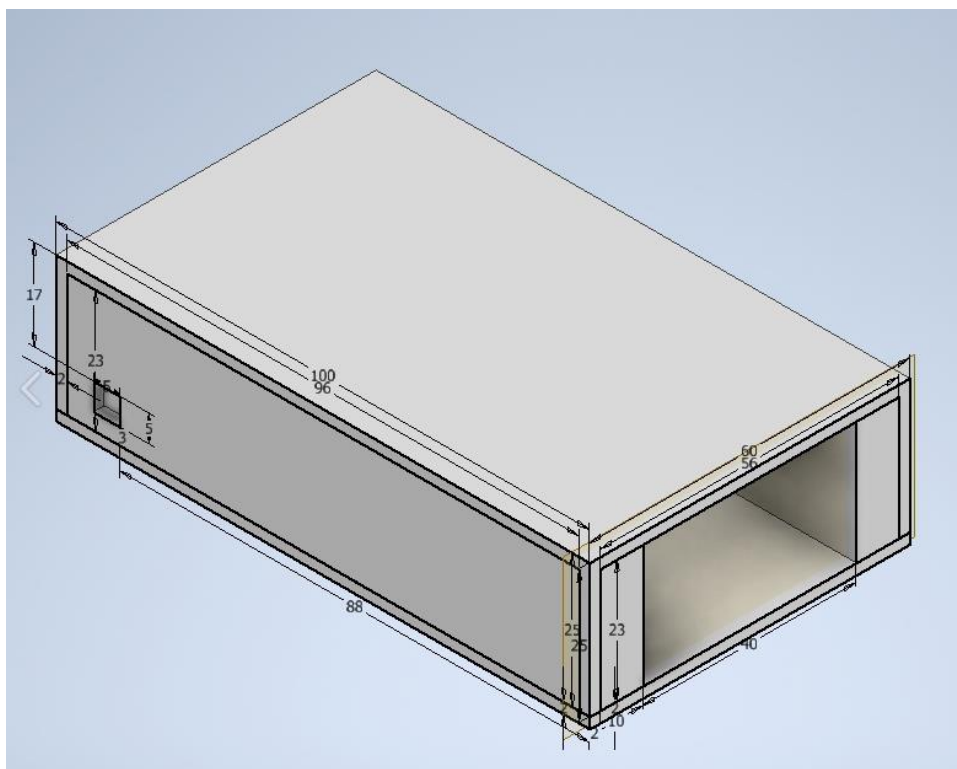
### 3.4. Разработка корпуса ультразвукового дальномера.

Корпус (или "кейс") - это внешняя оболочка электронного устройства, которая защищает его внутренние компоненты от повреждений, пыли, влаги, перегрева и других негативных воздействий окружающей среды. Кроме того, корпус также может служить для удобства использования устройства, обеспечивая удобный доступ к разъемам, кнопкам, экрану и т.д.

Корпусы могут быть различной формы, размера и материала изготовления в зависимости от типа устройства, его функциональности и требований к безопасности и надежности.

Корпус ультразвукового дальномера должен вместить в себя: отладочную плату Arduino Uno, ультразвуковой дальномер HC-SR04 и соединяющие данные устройства провода. Корпус должен иметь отверстия для разъемов USB 2.0. . Корпус не должен иметь сложную

3D-модель корпуса продемонстрирована на рисунке 3.4.1.



24



## **Заключение**

В ходе разработки курсового проекта было проанализирована предметная область. Изучены особенности Arduino Uno, . Рассмотрены основные характеристики ультразвукового датчика, его область применения. Рассмотрены и описаны различные отладочные платы, которые могли бы использоваться в данном проекте.

Была изучена САПР KiCad для проектирования принципиальных электрических схем. Разработаны структурная, принципиальная электрические схемы ультразвукового датчика. Рассмотрены основные электронные компоненты, позволяющие собрать собственный ультразвуковой датчик.

Была составлена блок-схема алгоритма работы программы ультразвукового датчика. На основе блок-схемы был разработан алгоритм, который в дальнейшем был загружен в отладочную плату Arduino Uno. На основании структурной и принципиальной электронных схем было собрано устройство, которое успешно функционировало.

Была изучена среда проектирования Inventor 2020. Благодаря данной программе для проектирования был разработан корпус ультразвукового датчика.

Таким образом, в результате выполнения курсового проекта был разработан ультразвуковой датчик, позволяющий пользователям вычислять расстояние от измерителя до какого-либо объекта.

## **Список использованных источников**

1. <https://robotclass.ru/tutorials/arduino-sonic-hc-sr04/>
2. <https://programforyou.ru/block-diagram-redactor>
3. <http://arduino.on.kg/Arduino-UNO>
4. <https://soltau.ru/index.php/themes/kompyutery-i-programmy/item/465-kakie-sushchestvuyut-sredy-razrabotki-ide-dlya-arduino>
5. <https://classinform.ru/ok-eskd/kod-4214.html>
6. <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>
7. GitHub <https://github.com/KiRiLMarchenko/Kursovaia>

## 27

ГТУ.421459.103 Э1

HC-SR04

GPIO

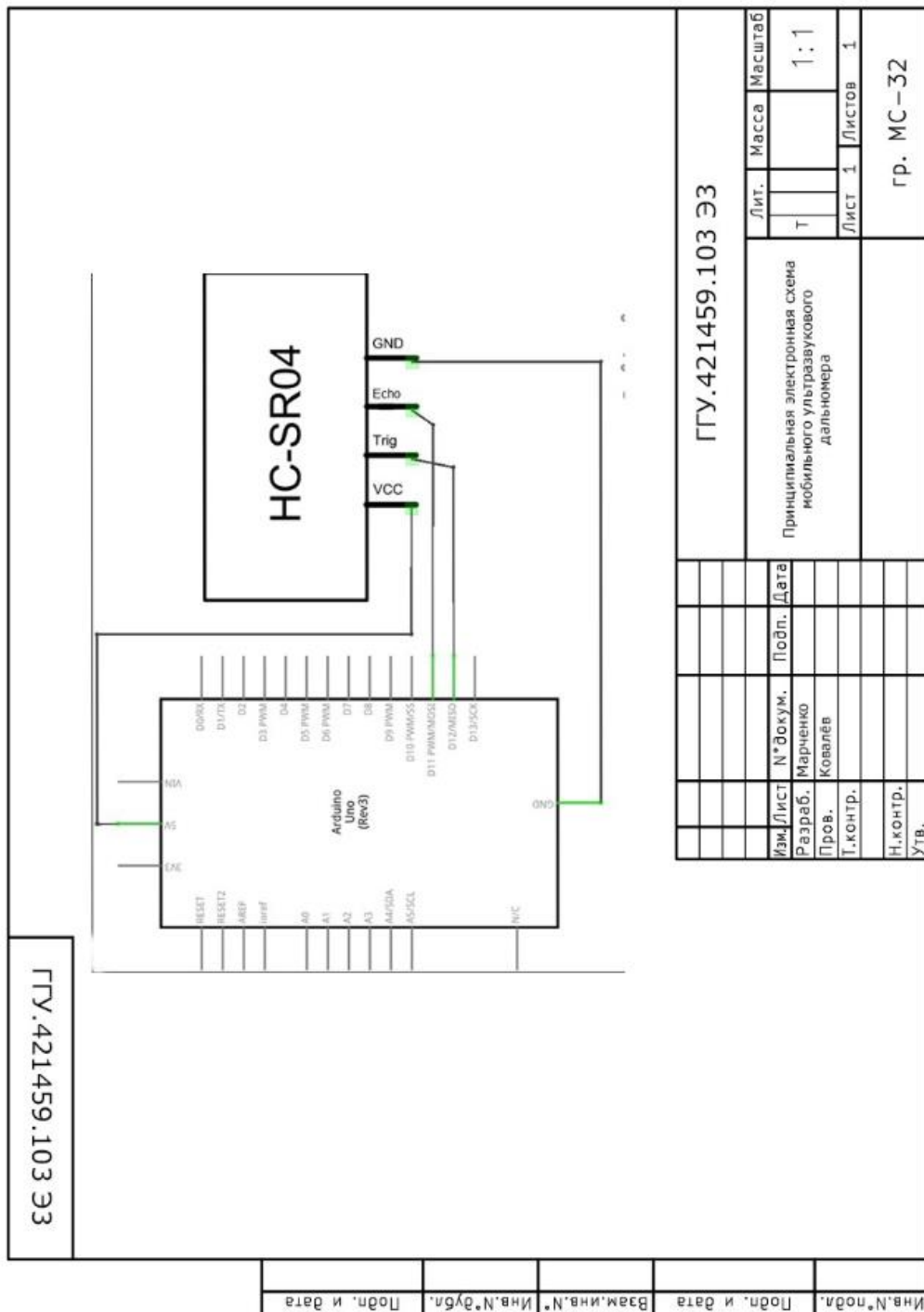
Arduino Uno

GPIO

ГТУ.421459.103 Э1			
Структурная схема датчика мобильного ультразвукового дальномера		Лист	Масса
1 : 1		Т	Листов
г.р. МС-32			

## 28

## Принципиальная электрическая схема ультразвукового дальномера



## Приложение В

### Код алгоритма ультразвукового дальномера

```
int echoPin = 11;
int trigPin = 12;

void setup() {
    Serial.begin (9600);
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
    int duration, cm;
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(100);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    cm = duration / 58;
    Serial.print(cm);
    Serial.println(" cm");
    delay(1000);
}
```

## Приложение Г

### Блок-схема ультразвукового дальномера



## Спецификация

Верх. крышка		факт	план	баз.	Обозначение	Наименование	кол.	Примечание
Стор. №								
		44			ГГУ.421459.103 31	Схема электрическая	1	
						структурная		
		44			ГГУ.421459.103 33	Схема электрическая	1	
						принципиальная		
		1			ГГУ.421459.103	Arduino Uno	1	
		1			ГГУ.421459.103	Дальномер HC-SR04	1	
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								
Дно. и крыш.								

## Ведомость документов

Обозначение	Наименование	Дополнительные сведения						
	Текстовые документы							
ГГУ КП 1-39 03 02 103 ПЗ	Пояснительная записка	25 с.						
	Графические документы							
ГГУ.421459.103 Э1	Структурная электрическая схема	Формат А4						
ГГУ.421459.103 Э3	Принципиальная электрическая схема	Формат А4						
ГГУ.421459.103	Блок-схема алгоритма программы	Формат А4						
ГГУ.421459.103	Код проекта	Формат А4						
ГГУ.421459.103	Спецификация	Формат А4						
	ГГУ.421459.103 Д1							
Изм.	Л.	№ докум.	Подп.	Дата	Ведомость документов	Лит	Лист	Листов
Разраб.	Марченко					T		
Пров.	Ковалёв					гр. МС-32		
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								