Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города Москвы «Школа «Покровский квартал»

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ГРАНИЦЫ

Участник:
ученик 10 «Ц» класса ГБОУ Школа «Покровский квартал»
Скворцов Никита

Руководитель:
педагог ГБОУ Школа «Покровский квартал»
Медеуова Наргиз Ерназаровна

Москва, 2026

Оглавление

Введение **3**

Основная часть **5**

Теоретическая часть **5**

Практическая часть **7**

Заключение **10**

Список литературы **11**

Введение

В повседневной жизни часто возникает необходимость вовремя заметить приближение к препятствию. Например, при парковке автомобиля водитель следит за расстоянием до стены, а мобильный робот должен обнаружить предмет перед собой, чтобы избежать столкновения. При этом важно не только знать расстояние до объекта, но и понимать, насколько быстро оно сокращается. Если объект движется быстро, времени на реакцию остаётся меньше.

Работа над проектом началась с интереса к устройствам, которые могут определять положение предметов и предсказывать их движение. Первоначальная идея заключалась в создании лазерного барьера с прогнозированием траектории. Для первого прототипа было решено выбрать более простую задачу: измерять расстояние до одного объекта, движущегося по прямой, и рассчитывать время до пересечения заданной границы. Такое решение можно реализовать с помощью доступных компонентов — платы Arduino Uno и ультразвукового датчика HC-SR04.

Нам было интересно разобраться, можно ли превратить обычный датчик расстояния в устройство, которое предупреждает о приближении заранее. Для этого недостаточно получить одно измерение: необходимо сравнивать показания за некоторое время, оценивать скорость движения и на её основе делать прогноз. Таким образом, проект позволяет применить знания по физике и информатике для решения конкретной технической задачи.

Подобный принцип может использоваться в робототехнике, парковочных помощниках и системах предупреждения о приближении к препятствиям. Разрабатываемое устройство представляет собой учебный макет. Его можно использовать на уроках физики и информатики, чтобы показать, как датчик получает информацию об окружающем мире, а программа обрабатывает её и принимает решение о включении сигнала.

Проблема: Обычный датчик расстояния сообщает, насколько близко находится объект, но не показывает, как скоро движущийся объект пересечет заданную границу.

Цель: Разработать на Arduino Uno учебный прототип, измеряющий расстояние до объекта и заранее предупреждает о приближении к заданной границе.

Задачи проекта

1. Изучить принцип работы ультразвукового датчика HC-SR04 и платы Arduino Uno.

2. Разработать способ расчёта скорости приближения и времени до заданной границы.

3. Собрать устройство из Arduino Uno и HC-SR04 со световой индикацией.

4. Написать программу измерения расстояния и предупреждения о пересечении границы.

5. Проверить работу устройства в разных условиях и определить его ограничения.

Методы работы: изучение документации, расчёт, сборка электронной схемы, программирование и эксперимент. Продукт проекта: учебный макет с программой и инструкцией по использованию.

Основная часть

Теоретическая часть

Arduino Uno — плата, которая выполняет загруженную программу и обменивается сигналами с подключёнными устройствами. В данном проекте она запускает измерение, принимает ответ датчика и управляет встроенным светодиодом L. Для связи с компьютером и питания используется USB.

HC-SR04 измеряет расстояние с помощью ультразвука. После короткого сигнала датчик посылает звуковой импульс. Звук отражается от предмета и возвращается обратно. Продолжительность сигнала Echo позволяет определить время пути звука.

$$d = c \times t / 2$$

Здесь d — расстояние, c — скорость звука, t — время пути до объекта и обратно. Деление на два нужно потому, что звук проходит расстояние дважды. В программе используется приближение: расстояние в сантиметрах равно длительности Echo в микросекундах, деленной на 58.

По документации датчик рассчитан на расстояния примерно от 2 до 400 см. Для настольного опыта удобнее участок от 20 до 100 см. Измерение зависит от формы и наклона поверхности. Плоская коробка, обращенная к датчику, удобнее мягкой ткани или небольшого предмета.

Один неподвижный датчик не определяет координаты на плоскости и не восстанавливает произвольную траекторию. В проекте движение ограничено одной прямой, поэтому расстояние рассматривается как положение объекта вдоль этой прямой. При смене объекта в поле датчика расчёт скорости может стать неверным.

Расчёт скорости и времени до границы

Если расстояние уменьшается, объект приближается. Скорость приближения можно оценить по разности двух расстояний и времени между измерениями.

$$v = (d_1 - d_2) / \Delta t$$

Здесь d_1 — предыдущее расстояние, d_2 — новое расстояние, Δt — интервал в секундах. Положительное значение v означает приближение, отрицательное — удаление. Расстояние измеряется в сантиметрах, скорость — в сантиметрах в секунду.

$$T = (d - D) / v$$

T — прогнозируемое время до границы, D — расстояние от датчика до границы, равное 20 см. Формула используется, когда объект находится дальше границы и приближается. Предполагается, что его скорость в ближайшее время не изменится.

Расчетный пример, не результат опыта: расстояние уменьшилось с 60 до 50 см за 0,5 с. Скорость равна 20 см/с. До границы осталось 30 см, поэтому время до неё составляет 1,5 с. При той же скорости и расстоянии 40 см прогноз составит 1 с, и включится предупреждение.

Программа не рассчитывает время для неподвижного или удаляющегося объекта. Движением считается скорость приближения больше 3 см/с. Этот порог уменьшает влияние небольших колебаний показаний. Если объект уже находится на границе или вблизи неё, светодиод горит независимо от направления движения.

Прогноз не является гарантией. Если объект резко остановится или ускорится, предыдущая оценка окажется неточной. Новые измерения постепенно исправят расчёт.

Практическая часть

Для сборки необходимы Arduino Uno, HC-SR04, четыре соединительных провода, USB-кабель и компьютер с Arduino IDE. Для опыта нужны линейка, коробка и полоска бумаги для обозначения границы. Макетная плата используется при необходимости. Отдельный светодиод не требуется: в работе используется встроенный светодиод L.

Вывод HC-SR04	Вывод Arduino Uno	Назначение
VCC	5V	Питание датчика
GND	GND	Общая земля
Trig	D9	Запуск измерения
Echo	D10	Приём сигнала

Соединения выполняют при отключенном USB. Arduino Uno использует логику 5 В, поэтому Echo подключается напрямую. После проверки проводов плату подключают к компьютеру. Выводы Trig и Echo нельзя менять местами.

Датчик закрепляют на краю стола так, чтобы он смотрел на вертикальную поверхность коробки. Расстояние измеряют от передней поверхности датчика. На прямой линии движения отмечают 20, 40, 60 и 80 см. Крупные посторонние предметы убирают из направления измерения.

Сначала проверяют неподвижную коробку на нескольких расстояниях. Затем двигают её плавно по линии к датчику и обратно. Для надежной демонстрации не следует резко махать рукой или перемещать несколько объектов одновременно.

Сборка выполняется из имеющихся деталей. Дополнительные обязательные покупки не предусмотрены. Точную стоимость можно указать по фактическим чекам, если этого потребует школа.

Программа устройства

Готовая программа использует стандартные функции Arduino и не требует сторонних библиотек. Измерения запускаются примерно каждые 100 мс, что больше рекомендованного интервала 60 мс для HC-SR04.

Программа хранит шесть последних измерений. Отображаемое расстояние — среднее последних трех значений. Для скорости сравниваются средние первых трех и последних трех значений окна. Время между средними определяется по реальным отметкам millis(), поэтому учитывается фактический интервал измерений.

Шесть отсчетов охватывают примерно 0,5 с. Центры двух групп при обычном режиме разделены примерно 0,3 с. Такое усреднение делает показания спокойнее, но создаёт задержку. Первые пять отсчетов после запуска или потери сигнала используются для накопления данных.

Функция pulseIn() ожидает Echo не более 25 000 мкс. Если ответа нет, она возвращает ноль. Программа отмечает потерю сигнала, очищает историю измерений и мигает светодиодом. Нулевое значение не принимается за расстояние до препятствия.

Состояние	Поведение
Обычное наблюдение	Светодиод выключен
До границы не более 1 с	Светодиод горит
Расстояние не более 20 см	Светодиод горит
Нет корректного эха	Светодиод мигает, выводится NO_ECHO

Граница, время предупреждения и минимальная скорость заданы константами BORDER_CM, WARNING_S и MIN_SPEED. Значения по умолчанию: 20 см, 1 с и 3 см/с. Для сравнения с обычным пороговым датчиком можно установить WARNING_S равным 0 и повторить опыт.

Проверка работы устройства

Проверка должна показать, различает ли устройство приближение и удаление и появляется ли предупреждение до границы. Каждый опыт рекомендуется повторить три раза. Ниже приведён план проверки, а не готовые результаты.

Условие	Ожидаемое поведение
Коробка неподвижна на 60 см	После накопления данных скорость близка к нулю, светодиод выключен
Плавное приближение от 80 см	Скорость положительная, при прогнозе до 1 с появляется предупреждение
Удаление от 40 до 80 см	Скорость отрицательная, прогноз не выводится
Остановка дальше 20 см	После обновления окна предупреждение прекращается
Коробка на 15 см	Светодиод горит
Нет отражённого сигнала	NO_ECHO и мигание вместо ложного нулевого расстояния

Для сравнения режимов запишите расстояние в момент первого постоянного включения светодиода. Сначала используйте WARNING_S = 0, затем WARNING_S = 1.

Постарайтесь двигать коробку с похожей скоростью. Это приблизительный опыт: движение рукой не обеспечивает постоянную скорость.

Опыт и режим	Расстояние при сигнале, см	Наблюдение
1 _____	_____	_____
2 _____	_____	_____
3 _____	_____	_____

После испытаний укажите число удачных повторов и случаи ошибок. Если предупреждение появляется слишком поздно, проверьте направление датчика, плавность движения и влияние усреднения. Отдельно отметьте, что резкая остановка и смена отражающего объекта ухудшают прогноз.

Заключение

В проекте предложен способ заранее предупреждать о приближении объекта к заданной границе. Для него использовались Arduino Uno и ультразвуковой датчик HC-SR04. Подготовлены схема подключения, алгоритм и программа.

В основе решения лежат измерение расстояния и оценка скорости приближения. По этим данным рассчитывается время до границы. Расчетный пример показывает: при расстоянии 50 см, границе 20 см и скорости приближения 20 см/с до границы остается 1,5 с.

Основные ограничения связаны с работой одного датчика и предположением о постоянной скорости. Макет рассчитан на один объект, движущийся по прямой. Он не определяет координаты на плоскости. Усреднение уменьшает колебания показаний, но добавляет задержку.

Практическая ценность проекта — наглядное изучение датчиков, программирования и расчёта движения. Макет можно использовать на уроках информатики и физики.

Список литературы

1. Подключение кнопки // Arduino.ru URL: https://arduino.ru/tutorials/button (дата обращения: 01.10.2025).
2. Подключение светодиода к Ардуино // ARDUINO MASTER URL: https://arduinomaster.ru/uroki-arduino/podklyuchenie-svetodioda-k-arduino/ (дата обращения: 03.10.2025).
3. Модуль на основе геркона. Подключение к Arduino. // Arduino-tex.ru URL: https://arduino-tex.ru/news/57/ky-021---modul-na-osnove-gerkona-podklyuchenie-k-arduino.html (дата обращения: 13.10.2025).
4. wiki.amperka.ru. Конспект курса Arduino: Основы программирования. – Режим доступа: http://wiki.amperka.ru/конспект-курса-arduino-основы-программирования (Дата посещения: 16.02.2024)
5. Блюм, Джереми. Изучаем Arduino. Инструменты и методы технического волшебства. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 544 с.
6. Менщиков, Юрий. Ардуино на пальцах. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 224 с.
7. Монк, Саймон. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 304 с.