

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислюваної техніки

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«СЕНСОРИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ»
08-54.БКР.016.00.000 ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, групи ІКІ-21Б
спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія»
освітня програма — «Комп'ютерна інженерія»

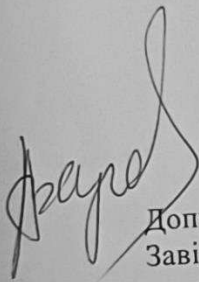
Туна Д.М.

Керівник к.т.н., доц. каф. ОТ

Крупельницький Л.В.

Рецензент к.т.н., доц. каф. ПЗ

Войтко В. В.


Допущено до захисту
Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О.Д.
«09» 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

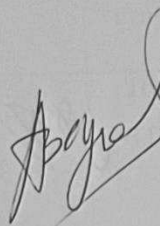
Кафедра обчислюваної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Галузь знань – 12 – Інформаційні технології

Спеціальність – 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

 **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О.Д.

21.03.2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Туні Денізу Мехметовичу

1 Тема роботи: «Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем», керівник роботи к.т.н., доц. каф. ОТ Крупельницький Л.В. затверджені наказом ВНТУ від 20.03.2025 року №97

2 Термін подання студентом роботи: 13.05.2025

3 Вихідні дані до роботи: призначення – технічні параметри та опис сенсорних модулів для мікроконтролерних систем, параметри мікроконтролера Arduino, опис принципу дії цифрових та аналогових датчиків, схеми підключення, приклади програмного коду, перелік потрібного програмного забезпечення.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки: вступ, огляд і класифікація сенсорних модулів, технічні характеристики та електричні параметри цифрових сенсорів, принцип їх роботи й способи підключення до Arduino, особливості роботи аналогових сенсорів: технічні характеристики, електричні параметри та схеми підключення до Arduino, прикладне використання сенсорних модулів у проєктах, Arduino аналіз результатів роботи, висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): структурна схема мікроконтролерної системи, функціональні схеми підключення сенсорів, блок-схема обробки сигналів.

6 Консультанти розділів роботи наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Консультанти розділів роботи

Розділи	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1 – 4	к.т.н., доц. каф. ОТ Крупельницький Л.В.	21.03.25	13.05.25
Нормоконтроль	ас. каф. ОТ Швець С.І.,	14.05.25	30.05.25

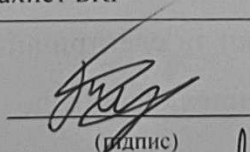
7 Дата видачі завдання 21.03.2025 р.

Календарний план етапів роботи наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 — Календарний план

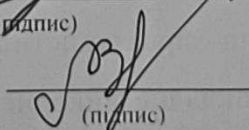
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Постановка задачі	21.03.25	27.03.25	виконано
2	Огляд і класифікація сенсорних модулів	28.03.25	04.04.25	виконано
3	Технічні характеристики та електричні параметри цифрових сенсорів.	05.04.25	12.04.25	виконано
4	Особливості роботи аналогових сенсорів	13.04.25	27.04.25	виконано
5	Тестування сенсорних модулів у прикладних проєктах	28.04.25	09.05.25	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу	10.05.25	13.05.25	виконано
7	Попередній захист БКР	13.05.25	13.05.25	виконано

Студент


(підпис)

Туна Д.М.

Керівник роботи


(підпис)

Крупельницький Л.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 004.382.

Туна Д. М. Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем. Бакалаврська робота зі спеціальності 123 — Комп'ютерна інженерія, освітня програма — Комп'ютерна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2025. 77 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 20 назв; рис.: 59.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто цифрові та аналогові сенсори фізичних величин, сумісні з платформою Arduino. Наведено класифікацію сенсорів за принципом дії та типами вимірюваних величин. Описано технічні характеристики, принципи роботи, схеми підключення та приклади програмного забезпечення.

Реалізовано прикладні проекти з використанням сенсорів для автоматизації та моніторингу. Робота має як теоретичну, так і практичну цінність у сфері навчання та створення вбудованих систем.

Ключові слова: мікроконтролер, Arduino, сенсор, КУ-модулі, цифрові сенсори, аналогові сенсори, електроніка, автоматизація.

ABSTRACT

Tuna D. M. Sensors of Physical Quantities for Microcontroller Systems. Bachelor's Project in the specialty 123 — Computer Engineering, educational program — Computer Engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 77 pages. In Ukrainian. Bibliography: 20 sources; illustrations: 59.

The bachelor's qualification project explores digital and analog sensors of physical quantities compatible with the Arduino platform. It presents a classification of sensors based on the principle of operation and types of measured quantities. Technical specifications, operating principles, connection diagrams, and software examples are described.

Applied projects using sensors for automation and monitoring are implemented. The project holds both theoretical and practical value in the field of education and embedded system development.

Keywords: microcontroller, Arduino, sensor, KY-modules, digital sensors, analog sensors, electronics, automation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОГЛЯД І КЛАСИФІКАЦІЯ СЕНСОРНІВ.....	5
1.1 Принципи класифікації сенсорних модулів	5
1.2 Сенсори в різних сферах застосування.....	8
1.3 Сучасні тенденції в розвитку сенсорних технологій	10
2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЦИФРОВИХ СЕНСОРІВ, ПРИНЦИП ЇХ РОБОТИ Й СПОСОБИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ARDUINO	12
2.1 Загальні технічні характеристики цифрових сенсорів.....	12
2.2 Принцип дії цифрових сенсорів на прикладі модулів серії KY	12
2.3 Приклади підключення цифрових сенсорів до Arduino	23
3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АНАЛОГОВИХ СЕНСОРІВ: ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ до ARDUINO	40
3.1 Функціональні можливості аналогових сенсорів і сфери їх застосування ..	40
3.2 Аналіз принципу дії аналогових сенсорів на прикладі модулів серії KY	41
3.3 Побудова схем й підключення аналогових сенсорів до Arduino	49
4 ТЕСТУВАННЯ СЕНСОРНИХ МОДУЛІВ У ПРИКЛАДНИХ ПРОЄКТАХ.....	64
4.1 Аналіз ефективності цифрових сенсорів у практичних проєктах	64
4.2 Аналіз застосування аналогових сенсорів у прикладних рішеннях	65
ВИСНОВКИ	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	68
ДОДАТОК А Технічне завдання.....	70
ДОДАТОК Б Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи.....	74
ДОДАТОК В Графічна частина	75

ВСТУП

У наш час стрімкого розвитку електроніки та цифрових технологій зростає потреба у засобах автоматизації, збору даних і керування пристроями. Мікроконтролери, зокрема платформа Arduino, стали доступним і зручним інструментом для реалізації інженерних рішень як в аматорських, так і в професійних проєктах. Завдяки широкій підтримці спільноти, великій кількості сумісних модулів і простоті програмування, Arduino відкриває великі можливості для вивчення основ мікроелектроніки та створення інтерактивних систем.

Актуальність теми в сучасному світі технологій полягає в тому, що мікроконтролерні платформи відіграють важливу роль у багатьох сферах — від побутових рішень до складних систем автоматизації. Arduino здобула широку популярність завдяки своїй простоті, доступності та великій спільноті користувачів. Однією з головних переваг цієї платформи є підтримка різноманітних сенсорів, що забезпечують взаємодію з навколишнім середовищем і відкривають шлях до створення "розумних" пристроїв. Дослідження особливостей таких модулів є актуальним з огляду на їхнє прикладне застосування в освітніх, наукових та комерційних проєктах.

Мета роботи — створення умов для ефективного вивчення студентами основних типів сенсорних модулів для Arduino шляхом ознайомлення з принципами їхньої роботи, способами підключення та програмування.

Об'єктом дослідження — процеси побудови на основі модулів апаратно-програмних платформ Arduino.

Предмет дослідження — сенсорні модулі, сумісні з Arduino, та засоби їх інтеграції в електронні системи.

Задачі проєкту:

- оцінити різноманіття сенсорних модулів для Arduino, таких як температурні, вологості, світлові, руху та звукові;
- проаналізувати принципи роботи та технічні характеристики основних типів сенсорів;

- дослідити методи підключення сенсорів до плати Arduino та специфіку їх налаштування;
- розробити приклади програмного коду для збору та обробки даних з сенсорів;
- оцінити можливості застосування сенсорних модулів у різних сферах, зокрема в автоматизації та побутовій електроніці;

Апробація результату бакалаврської кваліфікаційної роботи була проведена на конференції “Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи” (МН-2025) [1]:

Туна Д. М., Крупельницький Л. В. Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем // Матеріали всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців — Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/24931>

1 ОГЛЯД І КЛАСИФІКАЦІЯ СЕНСОРНІВ

1.1 Принципи класифікації сенсорних модулів

Сенсори є основними елементами мікроконтролерних систем, оскільки вони відповідають за перетворення фізичних величин у електричні сигнали, які далі обробляються та аналізуються. Класифікація сенсорних модулів є важливим етапом у проєктуванні таких систем, оскільки вибір правильного сенсора безпосередньо впливає на точність вимірювань, стабільність роботи та ефективність використання технологій. Сенсори класифікуються для оптимізування й полегшення їх застосування в різних умовах.

Програмування мікроконтролерів зазвичай здійснюється на мові асемблера або C, хоча існують компілятори для інших мов, використовуються також вбудовані інтерпретатори BASIC і Forth. Для відлагодження програм використовуються програмні симулятори, внутрішньосхемні емулятори (електронні пристрої, що імітують мікроконтролер, які можна під'єднати замість нього до вбудованого пристрою, що розробляється) та інтерфейс JTAG [2].

Одним з основних принципів класифікації сенсорів є тип фізичних величин, які вони вимірюють. Це дозволяє визначити, який саме сенсор буде найбільш ефективним для конкретної задачі, і як правильно його інтегрувати в мікроконтролерну систему. Класифікація за типом вимірюваних величин:

Температурні сенсор є однією з найбільш часто вимірюваних фізичних величин. Ці сенсори можуть бути поділені на різні типи в залежності від принципу дії. Найпоширенішими є термопари, термостати, термістори, а також інфрачервоні датчики температури. Термопари базуються на ефекті Зеебека і можуть вимірювати температуру в широкому діапазоні, від дуже низьких до дуже високих температур. Терморезистори використовують зміну опору матеріалу в залежності від температури, що робить їх корисними в точних вимірюваннях на невеликих ділянках.

Сенсори тиску використовуються для вимірювання сили, що діє на одиницю площі. Вони поділяються на кілька категорій залежно від принципу їх

дії: п'єзоелектричні, резистивні, ємнісні та інші. П'єзоелектричні датчики використовуються для вимірювання швидких змін тиску, в той час як резистивні датчики найчастіше застосовуються для статичних вимірювань.

Сенсори вологості вимірюють вміст водяної пари в повітрі. Це важливо для контролю кліматичних умов у приміщеннях, сільському господарстві та багатьох інших сферах. Вологість може бути виміряна за допомогою ємнісних або резистивних датчиків. Ємнісні датчики використовують зміну ємності між електродами, яка залежить від рівня вологості в повітрі.

Сенсори газів потрібні для вимірювання концентрації газів. Це є важливими для моніторингу безпеки, екології та промислових процесів. Ці сенсори можуть вимірювати концентрацію різних газів, таких як вуглекислий газ, аміак, чадний газ, метан та інші. Вони можуть бути електрохімічними, оптичними, напівпровідниковими або інфрачервоними.

Сенсори світла вимірюють інтенсивність світлових хвиль. Вони застосовуються в системах автоматичного керування освітленням, в фотометрії, а також у наукових дослідженнях. Основними типами сенсорів світла є фотодіоди, фоторезистори та фотомультіплікатори.

Класифікація за принципом дії сенсора є важливим фактором, що визначає його вибір для конкретного застосування. Від того, як сенсор реагує на зміну вимірюваної величини, залежить його точність, чутливість, швидкість реакції та енергоефективність. Основними принципами дії сенсорів наступні.

Резистивні сенсори змінюють свій електричний опір залежно від зовнішнього впливу, наприклад, від температури чи вологості. Їх перевага полягає в простоті конструкції та низькій вартості. Вони часто використовуються для вимірювання температури, вологості та інших параметрів, де зміна опору чітко корелює з вимірюваною величиною.

У ємнісних сенсорах змінюється ємність між двома електродами, що залежить від зовнішніх умов. Це дозволяє їм вимірювати параметри, які змінюють електричні властивості середовища, наприклад, вологості чи складу газів. Ці сенсори використовуються для вимірювання вологого повітря, складу повітря,

рівня рідин і навіть в якості вимірювачів дистанції.

П'єзоелектричні сенсори генерують електричний заряд, коли на них діють механічні сили. Цей принцип часто використовується для вимірювання тиску або деформацій в різних конструкціях, таких як автомобільні двигуни чи промислові машини.

Оптичні сенсори базуються на зміні властивостей світла (наприклад, інтенсивності або довжини хвилі), що проходить через середовище, або на зміні властивостей відбитого світла. Оптичні сенсори застосовуються в таких галузях, як контроль якості виробів, вимірювання концентрації газів, а також в біомедичних пристроях для моніторингу стану пацієнтів.

Електрохімічні сенсори використовують електрохімічні реакції для виявлення присутності певних газів або речовин. Вони широко застосовуються в екологічному моніторингу та для вимірювання концентрації газів у повітрі, таких як кисень, вуглекислий газ, метан та інші.

Вихідний сигнал сенсора — це інформація, яку він передає на мікроконтролер або іншу оброблювальну одиницю (рис. 1.1) для подальшої обробки. Класифікація за вихідним сигналом може бути аналоговим або цифровим, і вибір між ними залежить від специфікацій системи і точності вимірювання.



Рисунок 1.1 — Порівняння точності вимірювання цифрового й аналогового сенсорів

Сенсори відіграють ключову роль у взаємодії пристроїв з навколишнім середовищем, забезпечуючи збирання даних про фізичні величини. Вони поділяються на аналогові та цифрові залежно від типу вихідного сигналу. Розглянемо особливості та відмінності між цими двома типами сенсорів.

Сенсори з аналоговим виходом передають безперервний сигнал, який пропорційний вимірюваній величині. Наприклад, терморезистори змінюють свій опір в залежності від температури, що дозволяє мікроконтролеру точно відслідковувати зміни температури. Аналогові сигнали вимагають додаткової обробки для перетворення їх в цифрові значення, але при цьому вони забезпечують високу точність вимірювань [3].

Цифрові сенсори передають чітко визначені значення, зазвичай у вигляді бітового коду. Ці сенсори зазвичай більш стійкі до електричних перешкод і їх сигнал можна безпосередньо передавати до мікроконтролера без додаткових перетворень. Це забезпечує швидший процес збору даних, що важливо для багатьох застосувань, таких як системи безпеки або автоматика.

1.2 Сенсори в різних сферах застосування

Сенсори є важливим елементом сучасних технологій і знаходять застосування в багатьох сферах людської діяльності. Вони дозволяють вимірювати фізичні або хімічні параметри навколишнього середовища і перетворювати їх на електричні сигнали, які можуть бути оброблені для подальших дій. Завдяки своїм можливостям сенсори використовуються для автоматизації процесів, підвищення точності вимірювань, зниження ризиків і створення нових технологій [4].

У промисловості сенсори відіграють важливу роль у контролі виробничих процесів. Вони допомагають здійснювати моніторинг температури, тиску, рівня рідин та концентрації хімічних сполук. Використання сенсорів дозволяє забезпечити точність у виробництві, попередити аварії та підвищити ефективність. Крім того, вони допомагають оптимізувати використання ресурсів і знижувати витрати, що є важливим для збереження якості продукції і безпеки

працівників.

В медицині сенсори дозволяють здійснювати моніторинг стану пацієнтів, наприклад, вимірюючи рівень кисню в крові, температуру тіла, пульс або рівень глюкози. Це дає можливість лікарям контролювати стан пацієнтів в реальному часі і приймати обґрунтовані рішення щодо лікування. Сенсори також використовуються в роботизованих системах для проведення операцій, що підвищує точність і безпеку хірургічних втручань.

У енергетиці сенсори застосовуються для моніторингу електричних систем, зокрема в сонячних панелях та вітрових турбінах. Вони допомагають вимірювати напругу, струм, температуру і рівень навантаження, що дозволяє запобігти аваріям і підвищити ефективність енергоспоживання. За допомогою сенсорів можна здійснювати точний контроль за станом енергетичних систем і оперативно реагувати на зміни.

В автомобільній галузі сенсори використовуються для забезпечення безпеки водіїв і пасажирів. Вони допомагають вимірювати швидкість, температуру, тиск у шинах і відстань до перешкод. Це дозволяє працювати таким системам, як адаптивний круїз-контроль, антиблокувальна система гальм (ABS) та автоматичне паркування. Для автономних автомобілів сенсори є ключовими для навігації та забезпечення безпеки на дорозі.

У сільському господарстві сенсори застосовуються для моніторингу стану ґрунту, рослин, а також для оптимізації використання води та добрив. Це дозволяє знижувати витрати ресурсів і підвищувати врожайність. Сенсори також використовуються в тваринництві для моніторингу здоров'я тварин та їхнього місцезнаходження за допомогою GPS-трекерів.

В екології сенсори допомагають моніторити забруднення повітря, води і ґрунту, а також вимірювати атмосферний тиск, температуру та вологість. Це дозволяє оцінювати зміни клімату та вживати заходів для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Інтернет речей (IoT) використовує сенсори для створення розумних будинків та інфраструктури, що дозволяє контролювати температуру,

освітленість, безпеку і споживання енергії. Сенсори взаємодіють з різними пристроями, що забезпечує комфорт і ефективність використання ресурсів.

Сенсори також застосовуються в системах віртуальної та доповненої реальності, де вони відстежують рухи користувача й інтерактивно інтегрують реальний і віртуальний світи, створюючи більш реалістичний досвід в іграх, навчанні та інших програмах.

В аерокосмічній та авіаційній галузях сенсори використовуються для вимірювання різних параметрів у космосі та для моніторингу стану космічних апаратів. В авіації вони допомагають стежити за технічним станом літаків і забезпечувати безпеку польотів.

1.3 Сучасні тенденції в розвитку сенсорних технологій

Сучасний розвиток сенсорних технологій здійснюється надзвичайно швидкими темпами, оскільки ці технології стають невід'ємною частиною багатьох новітніх систем і продуктів. Одна з головних тенденцій у розвитку сенсорів — це їх інтеграція в Інтернет речей (IoT), що дозволяє створювати розумні будинки, міста і інфраструктури. Сенсори стають основними елементами смарт-систем, які забезпечують автоматизацію, зручність і ефективність у різних аспектах повсякденного життя.

Сенсори здатні забезпечувати детектування та вимірювання різноманітних фізичних та хімічних параметрів, таких як температура, вологість, тиск, рівень шкідливих газів, а також біометричні показники, що відкриває нові можливості для контролю навколишнього середовища та здоров'я людей. Компактніші та більш чутливі сенсори дозволяють інтегрувати їх в мобільні пристрої, носимі гаджети, а також в автономні системи.

В останні роки активно розвивається використання сенсорних технологій для автономних транспортних засобів. Сенсори для автоматичного керування машинами, включаючи лазерні та радіолокаційні сенсори (LIDAR), камери, ультразвукові датчики, допомагають створювати системи, що можуть виявляти перешкоди, визначати швидкість і координати, а також приймати рішення на

основі даних у реальному часі. Це робить можливим розробку безпечних і ефективних автономних автомобілів, що суттєво змінює транспортну інфраструктуру та мобільність [5].

Ще одна важлива тенденція — це зростання застосування сенсорних технологій в медичній сфері. Зокрема, з'являються нові методи дистанційного моніторингу здоров'я, коли сенсори в медичних системах можуть контролювати пульс, рівень кисню в крові, електричну активність серця, температуру тіла та інші біометричні показники в реальному часі. Це дозволяє своєчасно виявляти зміни в стані пацієнтів, полегшує надання медичних послуг і покращує якість лікування, зменшуючи ризик для здоров'я пацієнтів.

У сфері екології сенсори також здобувають усе більше популярності. Завдяки їм можна здійснювати контроль за забрудненням навколишнього середовища: вимірювати рівень викидів шкідливих газів, забруднення води і ґрунтів. Вони також дозволяють моніторити кліматичні зміни, що допомагає вчасно реагувати на екологічні загрози та адаптувати політику в сфері сталого розвитку.

Зараз активно розвиваються сенсорні технології, які використовуються в таких галузях, як віртуальна і доповнена реальність (VR/AR). Сенсори для відстеження рухів користувача, глибини, жестикуляцій, що дозволяють створювати інтерфейси, через які людина може взаємодіяти з віртуальним середовищем. Такі технології вже активно використовуються в індустрії розваг, а також в освіті, де вони створюють нові можливості для навчання, досліджень та тренування.

Не менш важливим є розвиток бездротових сенсорних мереж, що дозволяє інтегрувати пристрої без додаткових проводів та зменшити споживання енергії, що є критичним для багатьох пристроїв, що працюють на батареях. Однією з найбільших переваг сучасних сенсорних технологій є їх здатність до самонавчання та адаптації. Наприклад, системи на базі штучного інтелекту (AI), що аналізують сенсорні дані, можуть приймати рішення, які раніше потребували людського втручання, що збільшує ефективність та знижує витрати.

2 ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ЦИФРОВИХ СЕНСОРІВ, ПРИНЦИП ЇХ РОБОТИ Й СПОСОБИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ARDUINO

2.1 Загальні технічні характеристики цифрових сенсорів

Цифрові сенсори є важливою складовою багатьох технологічних систем, від побутових пристроїв до промислових додатків. Загальні технічні характеристики цифрових сенсорів включають в себе такі основні параметри, як чутливість, точність вимірювань, діапазон вимірювань, швидкість реакції, роздільна здатність, точність та стабільність сигналу, а також енергоспоживання.

Чутливість сенсора визначає його здатність реагувати на мінімальні зміни у вимірюваному середовищі, що є критично важливим для точного визначення параметрів. Точність вимірювань вказує на ступінь відповідності отриманих даних до реальних значень.

Діапазон вимірювань є обмеженням, в якому сенсор може коректно працювати, зокрема максимальні і мінімальні величини, які він здатен виявляти. Швидкість реакції вказує на те, як швидко сенсор може отримати та обробити сигнал, що особливо важливо для динамічних застосувань.

Роздільна здатність відображає здатність сенсора розрізняти малі зміни в вимірюваному параметрі. Вона безпосередньо залежить від кількості бітів, що використовуються для представлення вихідного сигналу.

. Стабільність сигналу вказує на здатність сенсора зберігати точні результати протягом тривалого часу, що критично для тривалої роботи без втрат якості даних [6].

Енергоспоживання цифрових сенсорів також має велике значення, особливо для портативних або автономних пристроїв, де важливо мінімізувати споживання енергії для подовження часу роботи без підзарядки або заміни батарей.

2.2 Принцип дії цифрових сенсорів на прикладі модулів серії KY

Прикладами цифрових сенсорів можуть бути датчики, які передають

інформацію в Arduino у вигляді чітких логічних сигналів. Такі сенсори широко використовуються в автоматизованих системах завдяки простоті підключення та високій швидкості передачі даних. У цьому підрозділі розглядаються особливості цифрових і аналогових сенсорів, а також їх відмінності у принципі роботи та застосуванні.

Цифровий сенсор вогню полум'я LM393 KY-026 (рис 2.1). Описом цього цифрового сенсора вогню полум'я на базі мікросхеми LM393 є чутливим елементом. Використовується для виявлення відкритого полум'я в системах пожежної безпеки та пожежогашіння.

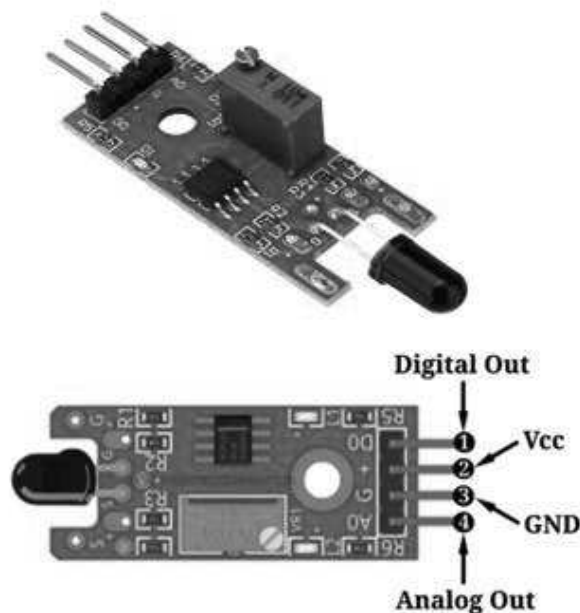


Рисунок 2.1 — Сенсор LM393 KY-026

Сенсор реагує на інфрачервоне випромінювання в діапазоні довжин хвиль від 760 нм до 1100 нм, яке виділяється при горінні. Це дозволяє ефективно використовувати модуль для виявлення полум'я в різних середовищах, таких як виробничі приміщення, склади, лабораторії тощо.

Для роботи з сенсором потрібно підключити його до контролера, наприклад, до Arduino, та налаштувати чутливість за допомогою потенціометра. Модуль має два світлодіоди: L1 — для індикації нормальної роботи сенсора та L2 — для сигналізації про спрацювання, тобто коли сенсор виявляє полум'я або інфрачервоне випромінювання.

Сенсор має два основних виходи: аналоговий (АО) для отримання сигналу про інтенсивність світла і цифровий (DO) для простого визначення наявності або відсутності полум'я.

Це дає можливість підключати сенсор до різних мікроконтролерів або систем управління. Живлення сенсора може здійснюватися від 3,3 В до 5 В постійного струму, що робить його сумісним з більшістю стандартних мікроконтролерів. Для підключення до мікроконтролера використовується чотирьохконтактний інтерфейс:

АО — аналоговий вихід (для сигналу інтенсивності світла). DO — цифровий вихід (для сигналу спрацьовування, вищий/нижчий рівень). + — напруга живлення від 3,3 В до 5 В. G — загальний контакт (земля).

Основними характеристиками є те, що сенсор зібраний на мікросхемі LM393. Кутом виявлення становить 60° й також цей сенсор приймає довжина хвилі від 760 нм до 1100 нм інфрачервоного випромінювання. Напруга стандартна від 3,3 В до 5 В і також має потенціометр для регулювання чутливості. Вага 3 грами і має розміри (35 x 15 x 15) мм.

Перевагами цього сенсора є висока чутливість до інфрачервоного випромінювання, що дозволяє точно виявляти джерела полум'я. Він споживає мало енергії, що підходить для портативних пристроїв. Легко підключаються до мікроконтролерів і має регулювання чутливості через потенціометр для налаштування під умови експлуатації.

Недоліком є чутливість до навколишнього світла й інших джерел інфрачервоного випромінювання може вплинути на точність роботи. Обмежений кут виявлення 60° може бути недостатнім у випадках, коли потрібна більша зона покриття.

Лазерний модуль з цифровим керуванням KY-008 (рис. 2.2) є пристроєм на основі напівпровідникового червоного лазера з довжиною хвилі 650 нм. Цей модуль використовується як джерело вузьконаправленого червоного світла в різноманітних системах, таких як охоронні пристрої, фотофініші, автоматизовані механізми, світлові шоу та демонстраційні установки. Лазер утворює яскраву

точку світла, що дозволяє використовувати його для точного позиціонування або візуальних ефектів.

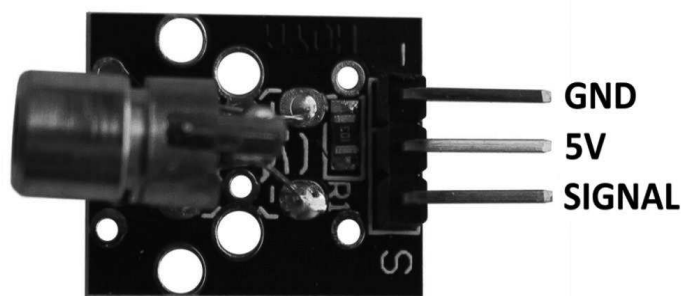


Рисунок 2.2 — Сенсор цифрового лазерного модуля KY-008

Модуль легко інтегрується в проєкти з мікроконтролерами, зокрема Arduino. Для його роботи потрібно подати живлення в межах від 1 В до 5 В постійного струму та цифровий сигнал на вхідний контакт. Модуль має триконтактне підключення: контакт «-» підключається до землі, середній контакт не використовується, а контакт «S» слугує для подачі цифрового керуючого сигналу. Лазер можна вмикати або вимикати командою `digitalWrite` з мікроконтролера. Теоретично можливе використання ШІМ-сигналу (PWM) для керування яскравістю, проте більшість версій цього модуля не підтримують таке регулювання через вбудований резистор, тому лазер працює в режимі увімкнено/вимкнено. Живлення може подаватися як безпосередньо від мікроконтролера, так і від зовнішнього джерела. Споживаний струм становить близько 30 мА, що робить модуль енергоефективним і придатним для мобільних або малопотужних систем. Завдяки своїм малим розмірам (20 x 15 x 7) мм і вазі 2 г модуль зручно монтувати навіть у компактних пристроях.

Перевагами модуля KY-008 є його простота у використанні, сумісність з Arduino та іншими мікроконтролерами, висока яскравість лазерного променя та можливість керування цифровими сигналами. До недоліків можна віднести неможливість зміни яскравості через ШІМ, а також відсутність додаткових захисних функцій.

Модуль виконує лише базову функцію — подає вузьконаправлений червоний промінь світла, не передаючи ніяких даних, тому не є цифровим у

повному значенні цього терміну, а лише реагує на цифровий вхід.

Оптичний інфрачервоний сенсор обходу перешкод KY-032 (рис. 2.3) є фотоелектричним сенсором дифузійного типу, зібраним на основі мікросхеми NE555. Основне його призначення — виявлення об'єктів, що знаходяться в зоні дії інфрачервоного випромінювання.

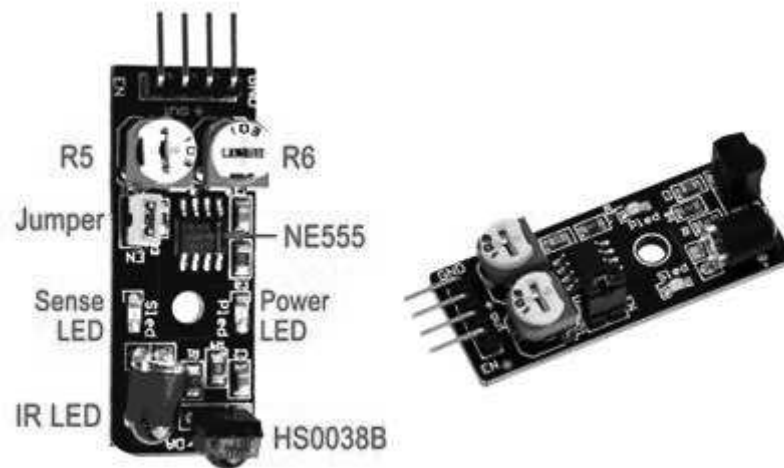


Рисунок 2.3 — Сенсор оптичного інфрачервоного обходу перешкод KY-032

Цей сенсор широко використовується у мобільній робототехніці для обходу перешкод, а також у системах безпеки для виявлення сторонніх об'єктів, контролю наявності предметів, рівня або габаритів.

Принцип дії сенсора ґрунтується на випромінюванні інфрачервоного сигналу, який розсіюється в навколишньому середовищі. Якщо поблизу з'являється об'єкт, він відображає частину цього сигналу назад, і приймач сенсора сприймає відбите випромінювання. Далі сигнал подається на компаратор, який формує цифровий вихід — високого або низького рівня, залежно від відстані до об'єкта. Таким чином, сенсор дозволяє визначати наявність предмета в межах дії модуля.

Для використання сенсора KY-032 необхідно підключити його до джерела живлення та мікроконтролера, наприклад, Arduino. Після цього слід запрограмувати контролер для зчитування сигналу з сенсора. Конструкція модуля передбачає наявність двох індикаторних світлодіодів: Pled світиться при

підключенні живлення, а Sled активується, коли сенсор виявляє об'єкт у зоні дії. Також передбачено два потенціометри — один для регулювання дальності спрацьовування, інший — для чутливості приймача. На корпусі сенсора є джампер EN, який виконує функцію вимикача — при знятті перемички сенсор вимикається.

Сенсор має чотириконтактний інтерфейс: контакт «+» — для підключення живлення, контакт GND — загальний (земля), контакт EN — вмикач, контакт OUT — вихід цифрового сигналу. Живлення може здійснюватися від Arduino, іншого мікропроцесорного пристрою або зовнішнього джерела напругою від 3,3 В до 5 В.

Серед основних характеристик варто відзначити, що сенсор зібраний на NE555, є дифузійного типу з дальністю виявлення від 2 см до 40 см, яка регулюється потенціометром. Кут виявлення становить 35° , розміри модуля — (40 x 16 x 7) мм, вага — 3 г. Сенсор є компактным, енергоефективним і легко вбудовується в роботизовані системи.

Цифровий сенсор магнітного поля геркон KY-021 (рис. 2.4) — це модуль, призначений для виявлення наявності магнітного поля в зоні дії чутливого елемента. Основою його роботи є геркон — герметичний контактний елемент у скляній колбі, всередині якої розміщено дві металеві пластини. Під дією магнітного поля ці пластини змикаються, утворюючи електричне з'єднання, що фіксується як подія сенсором.

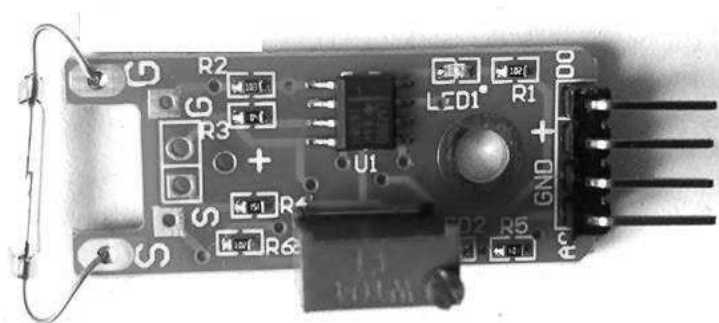


Рисунок 2.4 — Сенсор оптичного інфрачервоного обходу перешкод KY-021

Принцип дії сенсора KY-021 заснований на фіксації лише факту

присутності або відсутності магнітного поля, тобто він є цифровим. Це означає, що на виході модуля формується логічний сигнал: «1» у відсутності магнітного поля та «0» — при його наявності. Сенсор не визначає інтенсивність чи напрям магнітного поля, а лише реагує на його появу.

Модуль зібраний на основі компаратора LM393, який відповідає за обробку сигналу з геркона та подачу відповідного логічного рівня на цифровий вихід. Для налаштування чутливості до магнітного поля на платі модуля передбачено потенціометр. Також присутні два індикаторні світлодіоди: L1 сигналізує про подачу живлення, а L2 — про спрацювання сенсора при виявленні магнітного поля.

Сенсор має чотириконтактне підключення: АО — аналоговий вихід, який у даному модулі зазвичай не використовується; DO — цифровий вихід, що надсилає логічний сигнал до мікроконтролера; «+» — контакт для подачі напруги живлення; G — загальний контакт (GND). Живлення може подаватися як від Arduino, так і від будь-якого іншого сумісного контролера або зовнішнього джерела у межах 3,3–5 В постійного струму.

Габаритні розміри сенсора складають (35 x 15 x 15) мм, а вага — 3 г, що робить його компактним і зручним для вбудовування в невеликі електронні пристрої

1-канальний модуль реле 5V KY-019 (рис. 2.5) призначений для керування електричними пристроями, які споживають великий струм, що перевищує можливості мікроконтролера або комп'ютера.

Він дозволяє здійснювати перемикання навантажень змінного або постійного струму за допомогою низьковольтного керуючого сигналу.

Принцип роботи модуля полягає в тому, що при подачі на керуючий вхід сигналу високого рівня 5 В мікросхема активує реле, яке замикає або розмикає електричне коло на виході. Це дозволяє, наприклад, за допомогою плати Arduino вмикати або вимикати лампу, двигун чи інший побутовий або промисловий прилад. На платі модуля є індикаторний світлодіод ON_led, який засвічується при подачі керуючого сигналу, що візуально підтверджує спрацювання реле.



Рисунок 2.5 — 1-канальний модуль реле 5V KY-019

Модуль має два окремі блоки контактів. Перший — це трьохконтактна колодка керування: контакт «+» — для підключення живлення 5 В, контакт «-» — земля, контакт «S» — для подачі керуючого сигналу.

Другий блок — це трьохконтактна гвинтова колодка для підключення навантаження: NC (нормально замкнутий контакт), COM (спільний контакт) і NO (нормально розімкнутий контакт). При відсутності сигналу COM з'єднано з NC, при активації реле — з NO.

Живлення подається постійним струмом 5 В, модуль споживає від 15 мА до 20 мА. Всередині встановлено реле SRD-05VDC-SL-C, яке здатне комутувати навантаження: АС до 250 В при струмі до 10 А або DC до 30 В при струмі до 10 А. Це робить модуль KY-019 універсальним для широкого кола завдань автоматизації та керування.

Габаритні розміри модуля складають (35 × 26 × 16) мм, а вага — 14 г. Він сумісний з більшістю мікроконтролерів, таких як Arduino, STM32, Raspberry Pi тощо, та часто використовується у проєктах розумного дому, системах охорони, автоматичного поливу та інших побутових або промислових системах.

Сенсор положення, контролер, енкодер KY-040 (рис. 2.6) — це інкрементальний механічний енкодер, який використовується для визначення кута повороту, швидкості обертання, напрямку руху та взаємодії з елементами керування, зокрема в системах, що працюють з мікроконтролерами на зразок

Arduino. Сенсор широко застосовується у проєктах автоматики, в інтерфейсах користувача, а також у робототехніці для відстеження положення коліс двигунів.

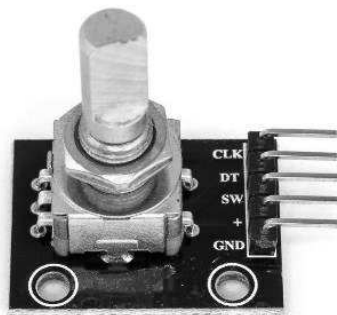


Рисунок 2.6 — Сенсор положення, контролер, енкодер KY-040

Принцип роботи полягає в генерації імпульсів при обертанні ручки енкодера. Сенсор має два канали вихідного сигналу — CLK (тактовий) і DT (напрямок), сигнали з яких зміщені на 90° один відносно одного. Це дозволяє визначити не тільки факт обертання, а й його напрямок (за годинниковою стрілкою або проти). Також пристрій має вбудовану кнопку, яка спрацьовує при натисканні на ручку, що дозволяє реалізовувати додаткову взаємодію з системою, наприклад, вибір або підтвердження в меню.

Для використання енкодера необхідно підключити його до контролера та завантажити відповідну бібліотеку, що дозволяє зчитувати та обробляти сигнали. Після цього енкодер можна з'єднати з обертовими частинами пристрою — валом двигуна, колесом або ручкою керування — і відслідковувати зміни положення. Оскільки це інкрементальний тип сенсора, визначення положення можливе лише шляхом підрахунку імпульсів з моменту запуску — абсолютне значення кута він не зберігає.

Модуль має 5-контактний інтерфейс підключення: «+» — живлення від 4,5 В до 5,5 В, GND — земля, CLK — канал імпульсів, DT — канал напрямку, SW — вихід кнопки. Це забезпечує повну інтеграцію з більшістю мікроконтролерів. Габарити пристрою становлять $(26 \times 19 \times 29)$ мм, вага — 7 г. Кількість імпульсів на один повний оберт — 20, що дозволяє отримувати базове, але достатнє для багатьох задач, розділення кута.

Завдяки простоті, надійності та наявності вбудованої кнопки KY-040 є популярним вибором для реалізації обертових елементів керування у пристроях з дисплеями або панелями управління.

Сенсор Холла KY-003 (рис. 2.7) — це аналоговий сенсор магнітного поля, побудований на ефекті Холла. Його призначення — виявлення наявності або зміни магнітного поля в безпосередній близькості до чутливого елемента [7].

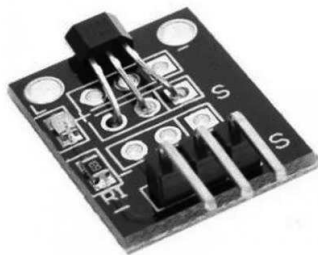


Рисунок 2.7 — Сенсор Холла KY-003

Принцип його роботи ґрунтується на тому, що при протіканні струму через напівпровідникову пластину в магнітному полі електрони в ній відхиляються вбік, створюючи поперечну напругу, яка й фіксується як сигнал. Полярність і величина цієї напруги змінюється відповідно до сили та напрямку магнітного поля.

Модуль KY-003 зібраний на основі чутливого елемента 44Е, який здатен генерувати аналоговий вихідний сигнал залежно від індукції магнітного поля. На платі модуля присутній червоний світлодіод, який загоряється у момент спрацьовування сенсора, тобто при досягненні певного порогу магнітної індукції. Завдяки цьому забезпечується наочна індикація роботи пристрою.

Для підключення до мікроконтролера передбачено 3-контактний інтерфейс: контакт «S» — аналоговий вихід, середній контакт — живлення від 3,3 В до 5 В, контакт «—» — загальний (GND). Сенсор може працювати як з Arduino, так і з іншими мікроконтролерами або автономними системами.

Завдяки своїм компактним розмірам ($20 \times 15 \times 7$) мм та низькій вазі 2 г, сенсор KY-003 зручно вбудовується в невеликі пристрої. Його застосування охоплює системи безконтактного вимірювання швидкості, положення, обертів,

контролю наявності магнітів у технічних або охоронних рішеннях.

Індукційний сенсор удару KY-031 (рис. 2.8). Опис цього індукційного сенсора удару ґрунтується на принципі електромагнітної індукції.

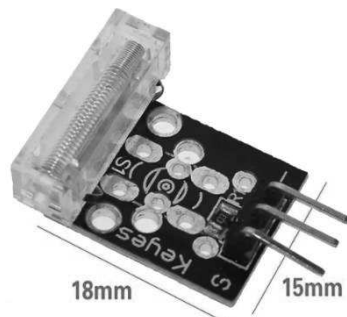


Рисунок 2.8 — Сенсор індукційний сенсор удару KY-031

Рухомий сталевий, феритовий або магнітний сердечник, що взаємодіє з котушкою, генерує електрорушійну силу (ЕРС) при механічному впливі або вібрації, що пропорційно силі цього впливу. Чутливий елемент сенсора захищений прозорим пластиковим корпусом, що забезпечує надійний захист від зовнішніх факторів.

Сенсор використовується в проєктах, де потрібно стежити за рівнем вібрацій або ударних впливів. Для роботи з сенсором необхідно підключити його до контролера, такого як Arduino, подати живлення та налаштувати програму для обробки вихідного сигналу. У стані спокою напруга на виході сенсора складає приблизно 5В, а при впливі напруги зменшується пропорційно силі впливу.

Сенсор має три контакти для підключення до контролера: загальний контакт (GND), напруга живлення (+) і вихідний сигнал (S), який є аналоговим. Характеристики сенсора: принцип дії - індукційний, вихідний сигнал - аналоговий, напруга живлення – від 3,3 В до 5 В постійного струму, розміри – (30 x 18 x 11) мм, вага - 2 г

Сенсор дотику KY-036 (рис. 2.9), також відомий як сенсорна кнопка, використовується для комутації електричних ланцюгів і є відмінною альтернативою традиційним механічним кнопкам чи перемикачам завдяки відсутності рухомих частин, що забезпечує підвищену надійність.

Принцип роботи сенсора полягає в реагуванні на дотик до металевої ніжки чутливого елемента, що викликає зміну рівня напруги на виході. У стані спокою на виході сенсора знаходиться низький рівень напруги, а при дотику – високий.

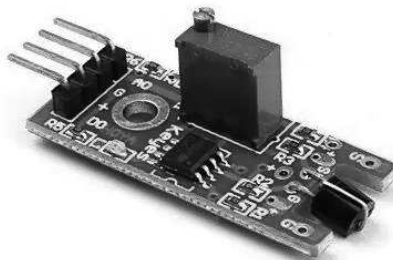


Рисунок 2.9 — Сенсор дотику KY-036

Для використання сенсора потрібно встановити його в передбачене місце проекту, підключити до нього живлення та контролер, та налаштувати відповідну програму для обробки сигналів. Модуль має два світлодіоди: L1, який показує наявність живлення, та L2, який горить при спрацюванні сенсора на дотик.

Сенсор має 4-х контактний роз'єм для підключення до контролера: DO (цифровий вихідний сигнал), + (напруга живлення), AO (не використовується) і G (загальний контакт). Живлення сенсора може здійснюватися як від Arduino, так і від зовнішнього джерела живлення з напругою від 3,3 В до 5 В.

Характеристиками сенсора є зібраний на мікросхемі LM393, чутливий елемент - MPSA13 - 508, напруга живлення: від 3,3 В до 5 В, розміри: (35 x 15 x 7) мм, вага: 3 г.

2.3 Приклади підключення цифрових сенсорів до Arduino

Сенсор вогню (LM393 KY-026) зазвичай має вбудований компаратор напруги, що дозволяє порівнювати вхідний сигнал з внутрішнім пороговим значенням. На схемі є також елементи, що стабілізують сигнал і обмежують струм (рис 2.10).

Коли сигнал перевищує цей поріг, наприклад, при виявленні вогню, компаратор активує вихід. Для налаштування порогового значення використовуються резистори, що дозволяють підлаштувати чутливість. Також

використаний транзистор для підсилення сигналу, якщо це необхідно для керування більш потужними пристроями, наприклад, реле. Вихід з сенсора може бути підключений до одного з цифрових пінів Arduino, через який можна відстежувати зміни стану.

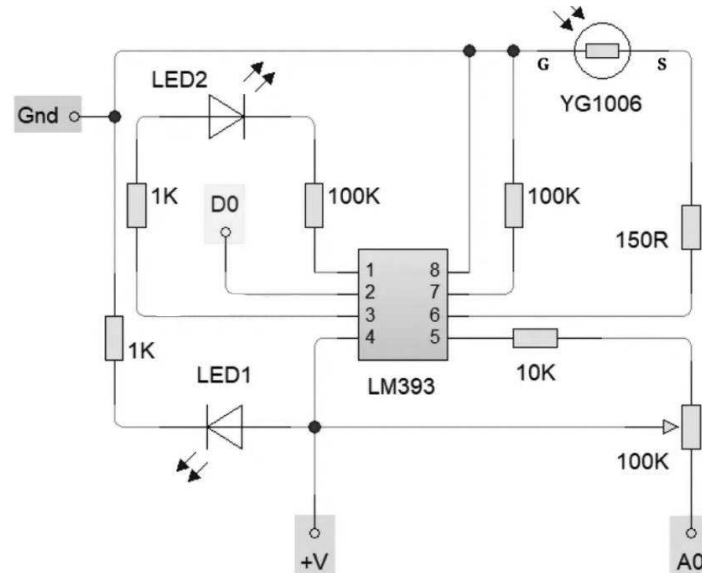


Рисунок 2.10 — Схема сенсора вогню KY-026

Приклад дозволяє нам побачити використання й підключення сенсора (рис. 2.11). Також програмування самого LM393 KY-026 дозволяє зрозуміти, як працює на практиці.

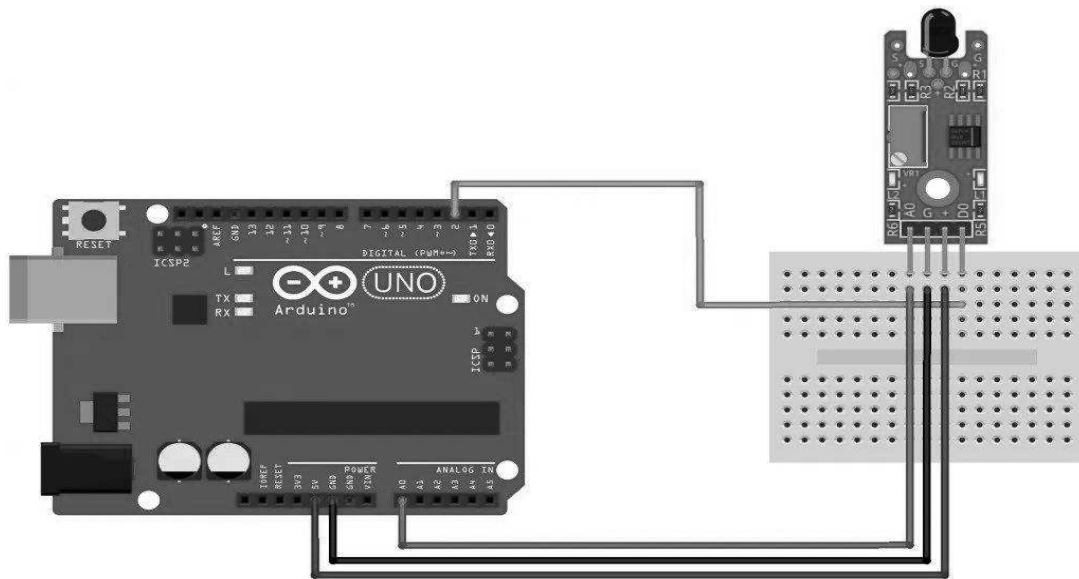


Рисунок 2.11 — Підключення сенсора вогню KY-026 до Arduino UNO

Наступний код для Arduino використовує цифровий сенсор для виявлення полум'я.

```
const int sensorPin = 2; // Пін для підключення сенсора
const int ledPin = 13;  // Пін для індикації на LED
void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int sensorValue = digitalRead(sensorPin); // Читання стану сенсора
  if (sensorValue == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH); // Якщо виявлено "вогонь", увімкнути LED
    Serial.println("Вогонь виявлено!");
  } else {
    digitalWrite(ledPin, LOW); // Якщо вогонь не виявлений, вимкнути LED
  }
  delay(500);
}
```

Сенсор підключений до цифрового піну 2, а світлодіод — до піну 13. У функції `setup()` визначаються режими роботи пінів: сенсорний — вхід (INPUT), світлодіодний — вихід (OUTPUT), і запускається серійна передача даних. У циклі `loop()` зчитується сигнал із сенсора: якщо вхідний сигнал високий (HIGH), це означає, що "вогонь" виявлено, тоді світлодіод загоряється й у серійну консоль виводиться повідомлення. Якщо сигнал низький (LOW) — LED вимикається. Цикл повторюється кожні 500 мс.

Червоний лазер (KY-008) складається з лазерного діода, який є основним джерелом світла (рис. 2.12). Лазерний діод підключається до схем, які дозволяють керувати його включенням або вимиканням. Для цього між лазерним діодом і джерелом живлення ставиться резистор, щоб обмежити струм, що проходить через діод.

Для керування лазером через Arduino зазвичай використовується транзистор, що дозволяє Arduino подавати сигнал на транзистор, а він, у свою чергу, включає або вимикає лазер. Вихідний пін сенсора підключається до піну Arduino. Це

дозволяє вмикати або вимикати лазерний потік світла (рис. 2.13).

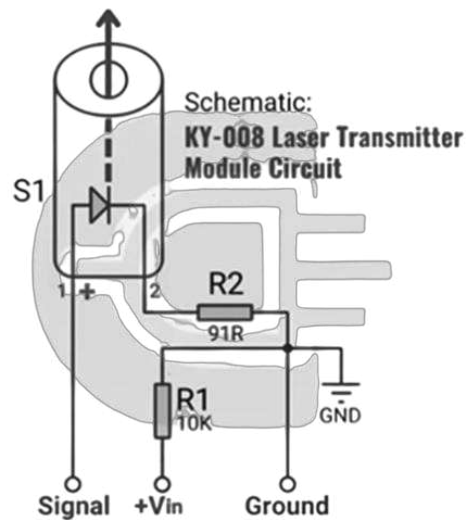


Рисунок 2.12 — Схема червоного лазера KY-008

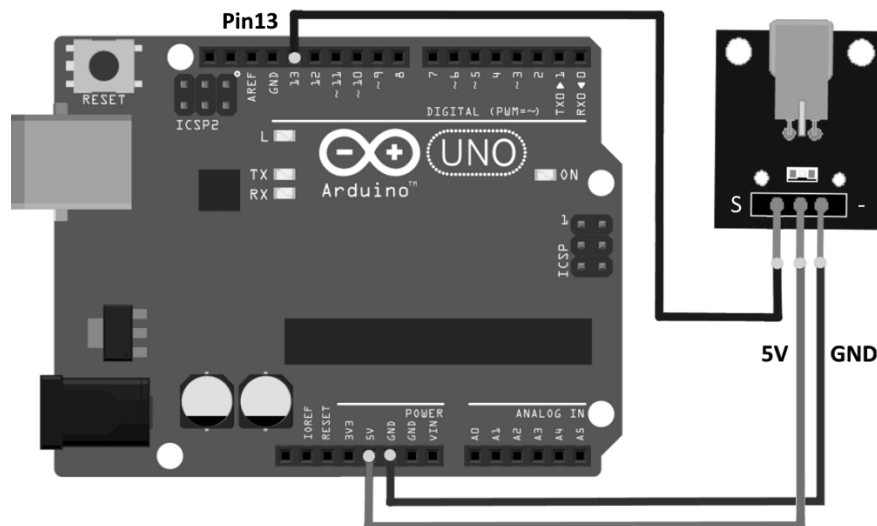


Рисунок 2.13 — Підключення червоного лазера KY-008 до Arduino UNO

Наступний код керує лазером, підключеним до цифрового піну.

```
const int laserPin = 3; // Пін для керування лазером
void setup() {
  pinMode(laserPin, OUTPUT); // Встановлюємо пін як вихід
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int value = analogRead(A0); // Читаємо значення з аналогового піну
  if (value > 500) {
    digitalWrite(laserPin, HIGH); // Включити лазер, якщо значення більше 500
```

```

Serial.println("Лазер активований");
} else {
  digitalWrite(laserPin, LOW); // Вимкнути лазер, якщо значення менше 500
  Serial.println("Лазер вимкнений");
}
delay(500);
}

```

У функції `setup()` лазерний пін налаштовується як вихід, а також активується серійний монітор. У функції `loop()` зчитується аналогове значення з пину A0, яке може походити від фоторезистора або іншого сенсора. Якщо значення більше 500, лазер вмикається і виводиться повідомлення в консоль; інакше — лазер вимикається. Код повторює цю перевірку кожні 500 мілісекунд.

ІЧ сенсор перешкод (KY-032) складається з ІЧ діода і фотодіода. ІЧ діод випромінює інфрачервоний сигнал, а фотодіод приймає відбитий сигнал, коли перед сенсором є перешкода (рис. 2.14).

Для обробки цього сигналу в схемі використаний операційний підсилювач, який посилює сигнал від фотодіода для подальшої обробки.

Вихідний сигнал з сенсора можна підключити до цифрового пину Arduino (рис. 2.15). ІЧ сенсор визначає наявність або відсутність перешкоди завдяки зміні рівня сигналу на виході.

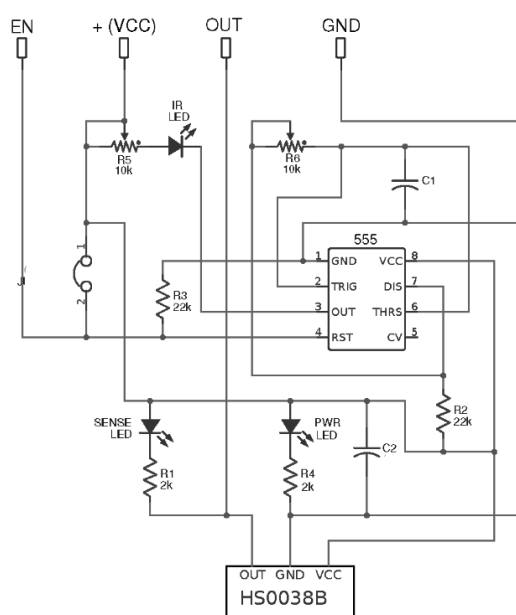


Рисунок 2.14 — Схема ІЧ сенсора перешкод KY-032

Резистори використовуються для налаштування чутливості та стабільності сигналу. В результаті можна виявляти перешкоди, коли сигнал змінюється.

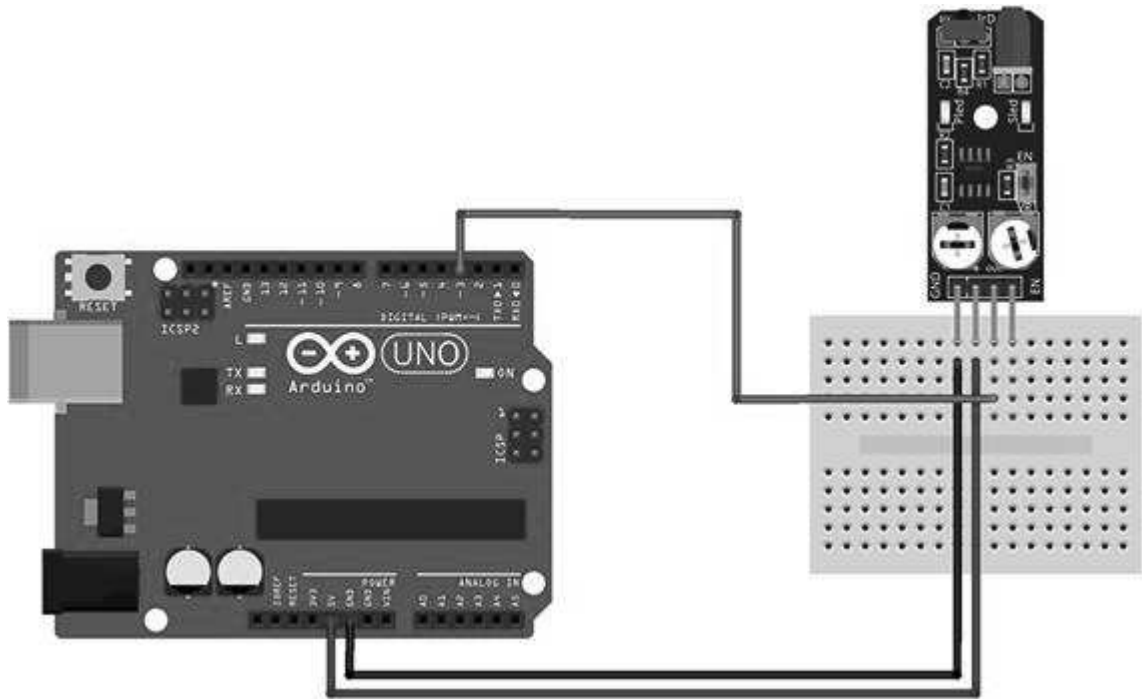


Рисунок 2.15 — Підключення ІЧ сенсора перешкод KY-032 до Arduino UNO

Цей код використовує інфрачервоний (ІЧ) сенсор, підключений до піну 4 для виявлення перешкод.

```
const int sensorPin = 4; // Пін для підключення ІЧ сенсора
void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int sensorValue = digitalRead(sensorPin); // Читання стану сенсора
  if (sensorValue == HIGH) {
    Serial.println("Перешкода виявлена!");
  } else {
    Serial.println("Перешкода відсутня");
  }
  delay(500);
}
```

У функції `setup()` пін сенсора налаштовується як вхід, і запускається

серійний монітор. У циклі `loop()` зчитується цифрове значення з сенсора: якщо воно HIGH, це означає, що перешкода є, і виводиться відповідне повідомлення. Якщо сигнал LOW — перешкода немає. Перевірка виконується кожні 500 мс.

Геркон (KY-021) є контактним датчиком, що складається з двох металевих контактів, які замикаються або розмикаються при наближенні магнітного поля (рис. 2.16). Коли магніт наближається до геркона, контакти замкнуться, і на виході з'являється сигнал. Для налаштування чутливості і обмеження струму через сенсор використовуються резистори. Транзистор може бути використаний для підсилення сигналу, коли потрібно. Сенсор підключається між VCC і GND, з додатковим резистором для контролю чутливості (рис.2.17).

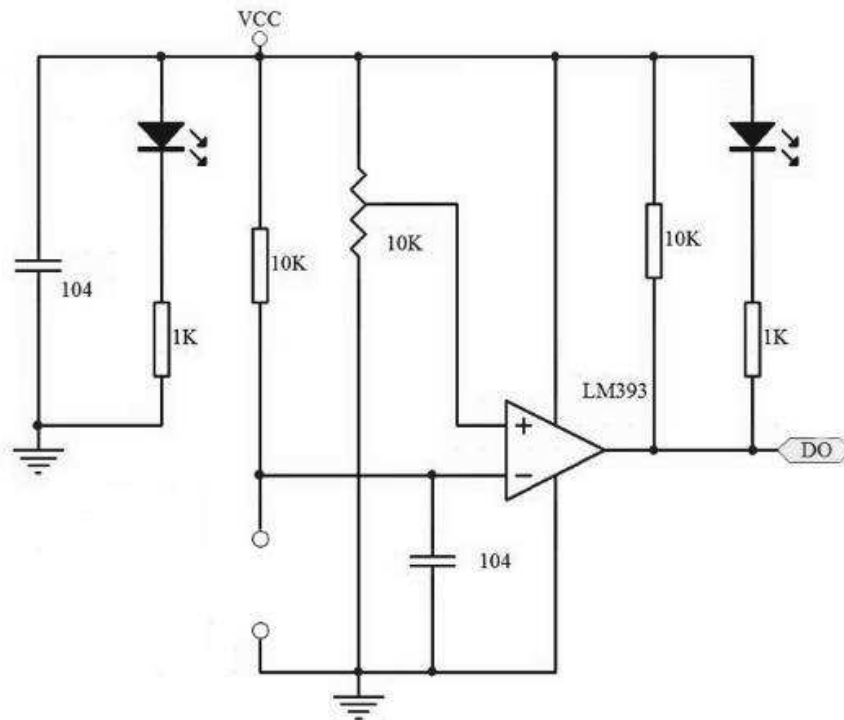


Рисунок 2.16 — Схема Геркона KY-021

Вихідний пін підключається до цифрового піну Arduino, де можна виявити, чи замкнувся чи розімкнувся геркон.

```
void setup() {
  pinMode(magnetPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
```

```

void loop() {
  int state = digitalRead(magnetPin); // Читання стану геркона
  if (state == HIGH) {
    Serial.println("Магніт близько!");
  } else {
    Serial.println("Магніт відсутній");
  }
  delay(500);
}

```

Цей код призначений для роботи з герконом (магнітним сенсором), підключеним до пину `magnetPin`. У функції `setup()` цей пін налаштовується як вхід, і запускається серійний монітор для виводу повідомлень. У циклі `loop()` виконується зчитування стану геркона: якщо сигнал `HIGH` — магніт поруч, і виводиться відповідне повідомлення. Якщо сигнал `LOW` — магніт відсутній. Перевірка повторюється кожні 500 мс.

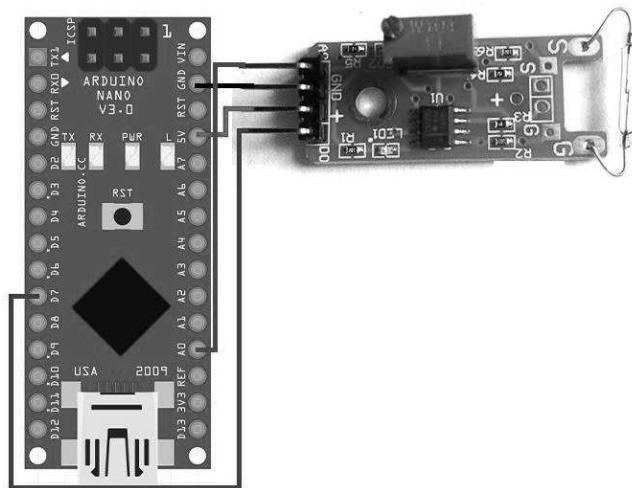


Рисунок 2.17 — Підключення ІЧ сенсора перешкод KY-021 до Arduino NANO

Реле 5V (KY-019) працює на основі електромагніту, що дозволяє замикати або розмикати контакти і, таким чином, керувати зовнішніми пристроями з високою напругою, такими як лампи або вентилятори (рис. 2.18). Для того, щоб керувати реле через Arduino, використовуються транзистори, оскільки Arduino не може безпосередньо подавати достатньо струму для активації реле.

Транзистор посилює сигнал, що йде від Arduino, і використовує його для активації реле. Також у схемі є захисний діод, який ставиться паралельно реле для

захисту від перенапруги, що може виникати при вимиканні реле.

Вихід реле підключається до Arduino через транзистор, що дозволяє контролювати вмикання або вимикання реле (рис.2.19).

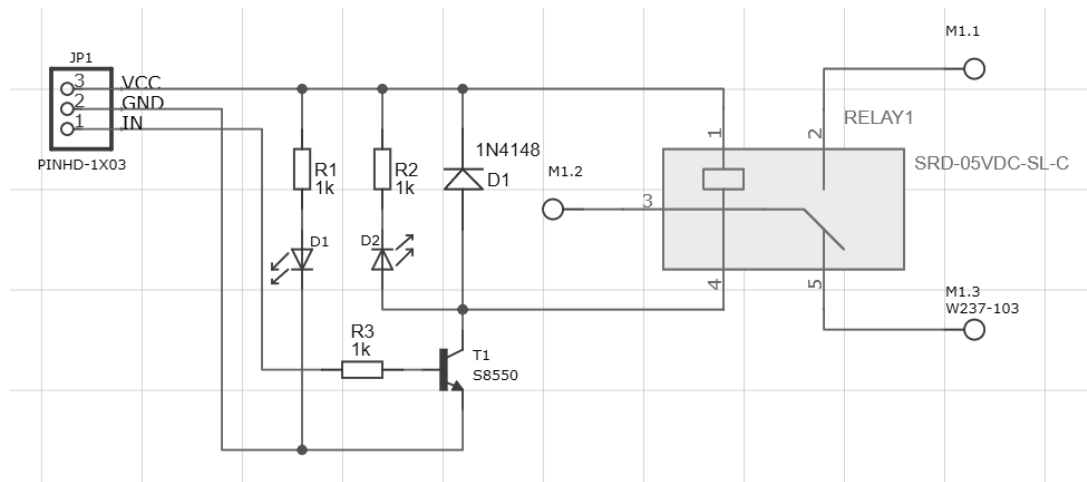


Рисунок 2.18 — Схема реле 5V KY-019

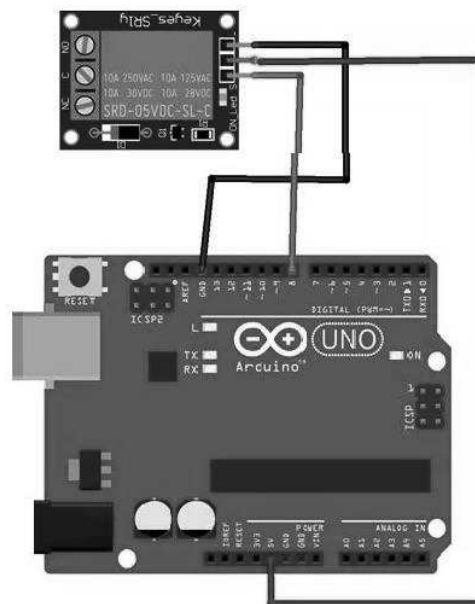


Рисунок 2.19 — Підключення реле 5V KY-019 до Arduino UNO

Наступний код дає керувати електричним реле за допомогою потенціометра. Реле підключене до цифрового піну 6 і працює як електронний перемикач — вмикає або вимикає зовнішні пристрої (наприклад, лампу чи мотор). У функції `setup()` пін реле задається як вихід, і активується серійний монітор для виведення повідомлень.

```

const int relayPin = 6; // Пін для керування реле
void setup() {
  pinMode(relayPin, OUTPUT); // Встановлюємо пін як вихід
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int value = analogRead(A1); // Зчитуємо значення з потенціометра
  if (value > 512) {
    digitalWrite(relayPin, HIGH); // Включити реле, якщо значення більше 512
    Serial.println("Реле вкл.");
  } else {
    digitalWrite(relayPin, LOW); // Вимкнути реле, якщо значення менше 512
    Serial.println("Реле викл.");
  }
  delay(500);
}

```

У циклі `loop()` постійно зчитується аналогове значення з піну `A1`, до якого підключений потенціометр. Це значення змінюється від 0 до 1023 залежно від положення ручки потенціометра. Якщо значення перевищує 512 (половину максимальної шкали), реле активується — тобто подається сигнал `HIGH` на пін 6, і в монітор надсилається повідомлення «Реле вкл.». Якщо значення нижче або дорівнює 512 — реле деактивується (`LOW`), і виводиться «Реле викл.».

Затримка 500 мс після кожного зчитування допомагає уникнути надто частих перемикачів і стабілізує роботу пристрою.

Енкодер (KY-040) використовує два виходи — `CLK` і `DT`, які генерують сигнали, що дозволяють визначити напрямок обертання (рис. 2.20), що відслідковує обертання за допомогою двох вихідних сигналів. Вони змінні від того, в якому напрямку обертається енкодер (рис. 2.21).

Для фільтрації шумів і налаштування чутливості використовуються резистори. Додатково можуть використовуватися діоди для стабільності роботи при високих напругах. Сигнали `CLK` і `DT` підключаються до цифрових входів мікроконтролера Arduino для відстеження змін, що дозволяє визначити, чи обертається енкодер по годинниковій стрілці або проти неї. Обидва сигнали змінюються в певній послідовності, яка залежить від напрямку обертання. Завдяки цій послідовності Arduino може точно визначити, в який бік було

здійснено поворот, що робить KY-040 корисним для створення інтерфейсів, таких як меню або регулятори.

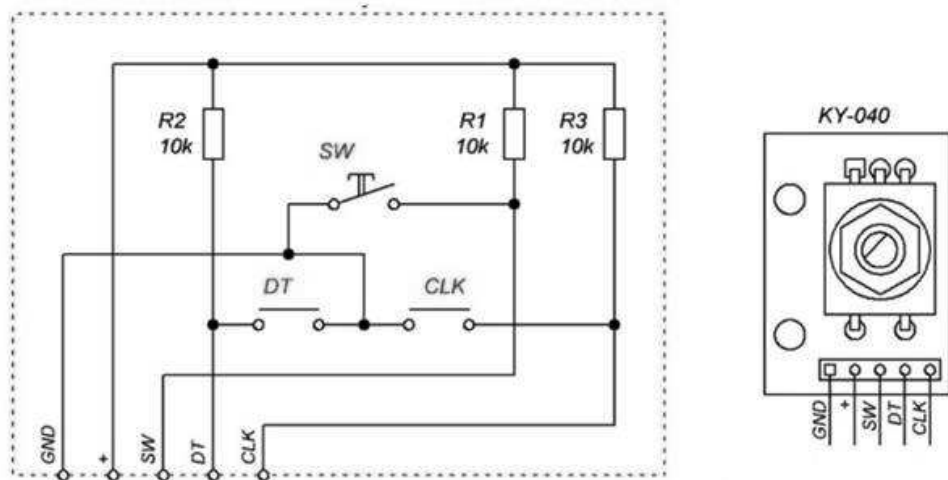


Рисунок 2.20 — Схема енкодера KY-040

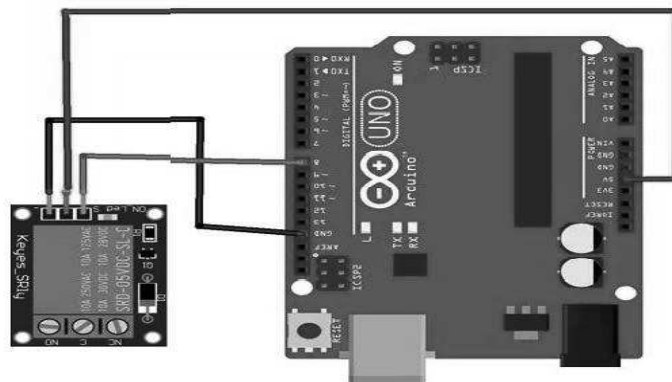


Рисунок 2.21 — Підключення енкодера KY-040 до Arduino UNO

Наступний код використовується для зчитування обертів енкодера — пристрою, який визначає напрямок і кількість обертів, наприклад, ручки або вала. До пінів 7 і 8 підключаються сигнали CLK та DT з енкодера. Змінна `lastState` зберігає попередній стан сигналу CLK, а `currentState` — поточний. Змінна `count` виконує роль лічильника кількості обертів.

```
const int clkPin = 7; // Пін для підключення CLK
const int dtPin = 8;  // Пін для підключення DT
int lastState = LOW;  // Попередній стан CLK
int currentState;    // Поточний стан CLK
```

```

int count = 0;          // Лічильник обертів
void setup() {
  pinMode(clkPin, INPUT);
  pinMode(dtPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  currentState = digitalRead(clkPin);
  if (currentState != lastState) {
    if (digitalRead(dtPin) != currentState) {
      count++; // Якщо напрямок обертання за годинниковою стрілкою
    } else {
      count--; // Якщо проти годинникової стрілки
    }
    Serial.print("Обертів: ");
    Serial.println(count);
  }
  lastState = currentState;
  delay(50);
}

```

У функції `setup()` обидва піни налаштовуються як входи, і вмикається серійний монітор. У циклі `loop()` програма постійно перевіряє, чи змінився стан CLK. Якщо так, вона визначає напрямок обертання, порівнюючи стан DT зі станом CLK: якщо вони різні — лічильник збільшується інакше — зменшується. Результат виводиться у серійну консоль.

Сенсор Холла (KY-003) працює на основі ефекту Холла, що дозволяє виявляти магнітне поле (рис.2.22).

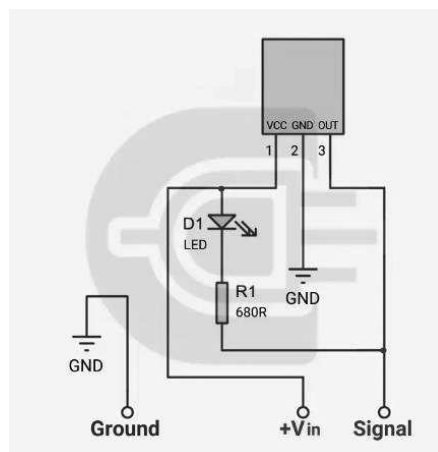


Рисунок 2.22 — Схема сенсора холла KY-003

Коли магніт наближається до сенсора, він змінює вихідний сигнал на HIGH, що вказує на наявність магнітного поля (рис. 2.23).

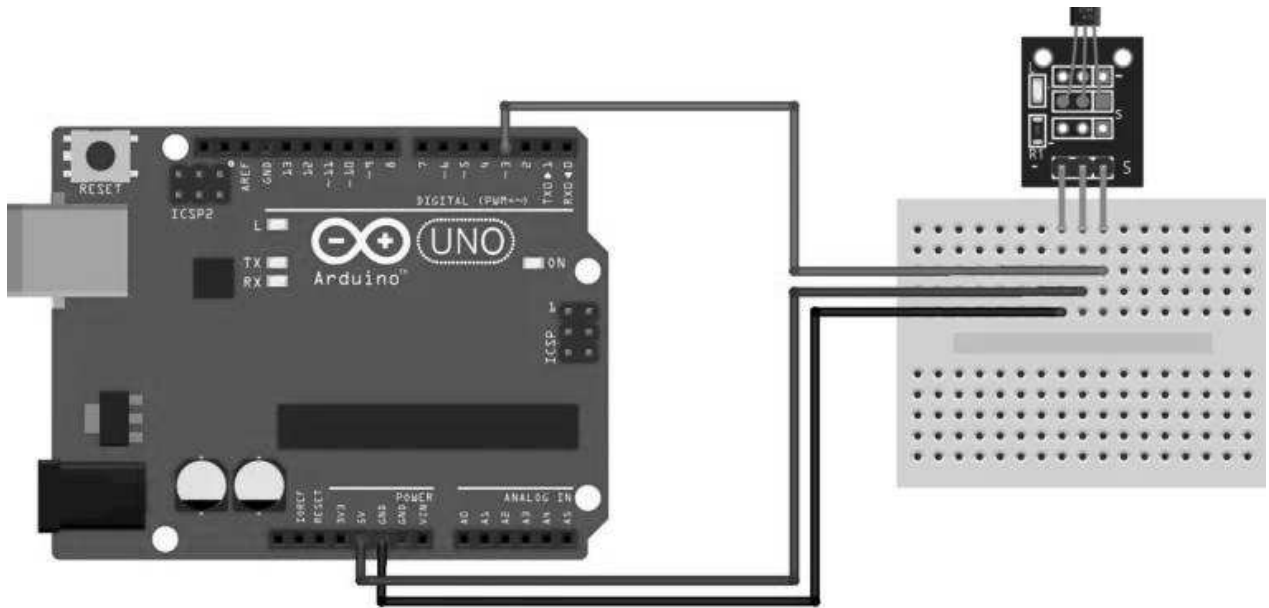


Рисунок 2.23 — Підключення сенсора холла KY-003 до Arduino UNO

Сенсор Холла часто використовує транзистор для посилення сигналу, якщо це потрібно для більш потужних додатків. Вхід живлення підключається до VCC, а вихідний сигнал (DO) підключається до цифрового піну Arduino. Резистори використовуються для налаштування чутливості сенсора і забезпечення стабільної роботи.

Наступний код призначений для роботи з сенсором Холла — пристроєм, що виявляє магнітне поле. Сенсор підключено до цифрового піну 9. У функції `setup()` цей пін налаштовується як вхід, і активується серійний монітор для відображення результатів роботи пристрою.

```
const int hallPin = 9; // Пін для підключення сенсора Холла
void setup() {
  pinMode(hallPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int state = digitalRead(hallPin); // Читання стану сенсора
  if (state == HIGH) {
```

```

Serial.println("Магніт виявлений!");
} else {
  Serial.println("Магніт відсутній");
}
delay(500);
}

```

У циклі `loop()` щопівсекунди виконується читання цифрового сигналу з сенсора Холла. Якщо сигнал HIGH, це означає, що поблизу сенсора знаходиться магніт — виводиться повідомлення «Магніт виявлений!». Якщо сигнал LOW — магнітне поле не зафіксовано, і з'являється повідомлення «Магніт відсутній». Такий підхід дає змогу контролювати наявність магнітів у різноманітних автоматизованих системах, наприклад, для контролю дверей, обертів або позиціонування.

Сенсор удару (KY-031) використовує п'єзоелектричний елемент для детекції вібрацій або ударів (рис.2.24).

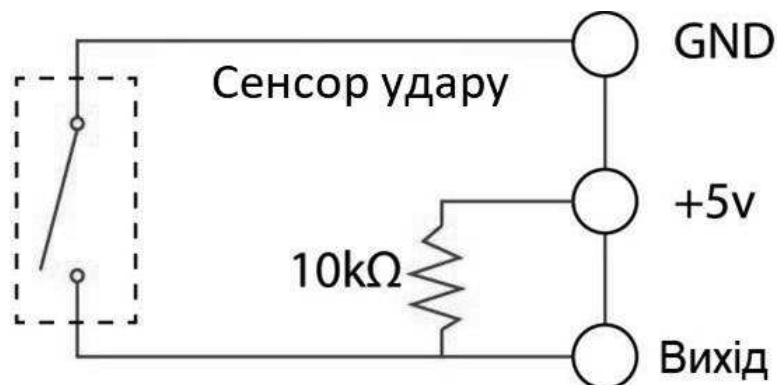


Рисунок 2.24 — Схема сенсора удару KY-031

Коли відбувається механічний вплив на сенсор, п'єзоелектричний елемент генерує невеликий електричний сигнал. Цей сигнал підсилюється, а потім передається на вихід через транзистор або операційний підсилювач (рис.2.25). Для налаштування чутливості і обмеження струму використовуються резистори. Вихідний сигнал підключається до цифрового піну Arduino, де Arduino може аналізувати зміни стану сигналу, виявляючи, чи був удар чи вібрація.

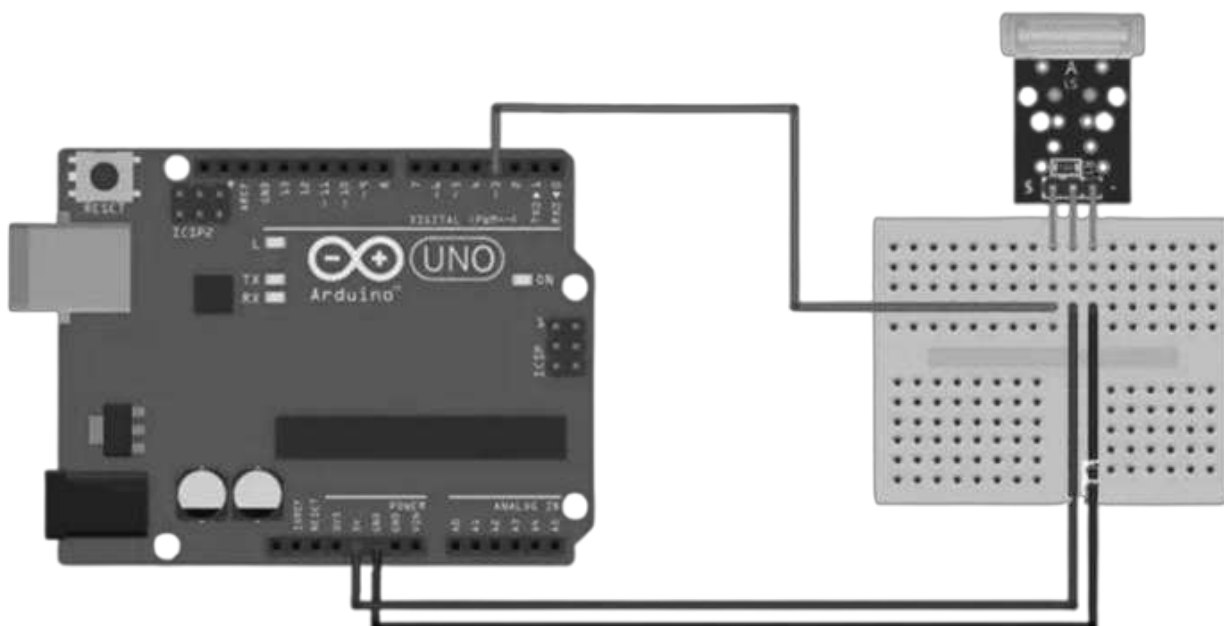


Рисунок 2.25 — Підключення сенсора удара KY-031 до Arduino UNO

Наступний код працює з сенсором удару (вібрації), який підключено до цифрового піну 10. У функції `setup()` пін сенсора налаштовується як вхідний, а також вмикається серійний монітор для виводу повідомлень.

```
const int sensorPin = 10; // Пін для підключення сенсора удару
void setup() {
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int state = digitalRead(sensorPin); // Читання сигналу з сенсора
  if (state == HIGH) {
    Serial.println("Удар виявлений!");
  } else {
    Serial.println("Удар не виявлений");
  }
  delay(500);
}
```

У циклі `loop()` кожні 500 мс зчитується цифровий сигнал із сенсора. Якщо виявлено удар або вібрацію (сигнал HIGH), на монітор виводиться повідомлення «Удар виявлений!». Якщо сигнал LOW — ніяких механічних впливів не зафіксовано, і виводиться «Удар не виявлений». Такий код підходить для систем сигналізації, охоронних пристроїв або механічних лічильників.

Сенсор дотику (KY-036) працює на основі капацитивної технології або п'єзоелектричного принципу, що дозволяє виявляти дотик до сенсорної поверхні. (рис. 2.26)

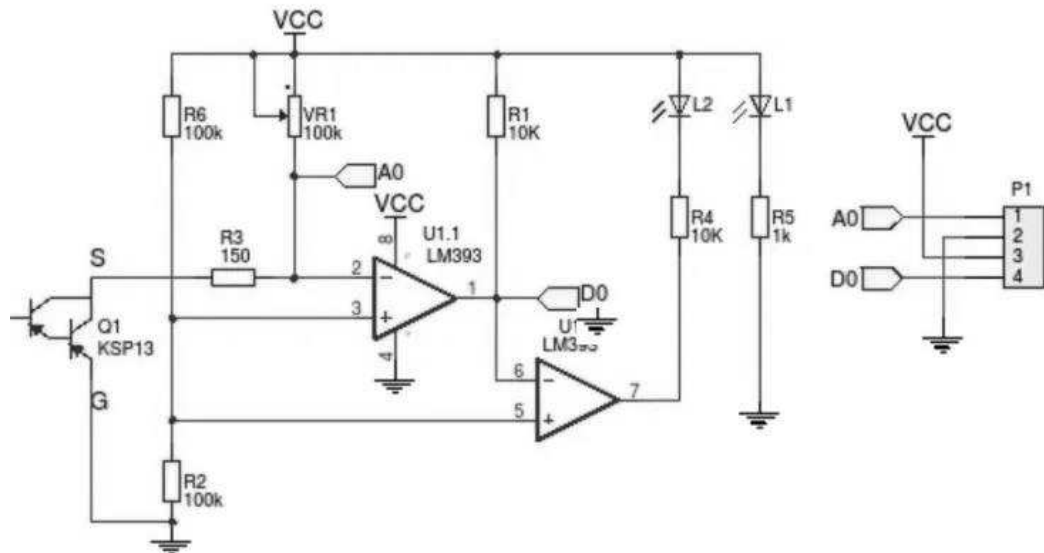


Рисунок 2.26 — Схема сенсора дотику KY-036

Коли на сенсорну площину подається електричний заряд від руки або іншого провідного об'єкта, сенсор реєструє це як зміну електричного поля. Для налаштування чутливості та обмеження струму використовуються резистори. (рис. 2.27)

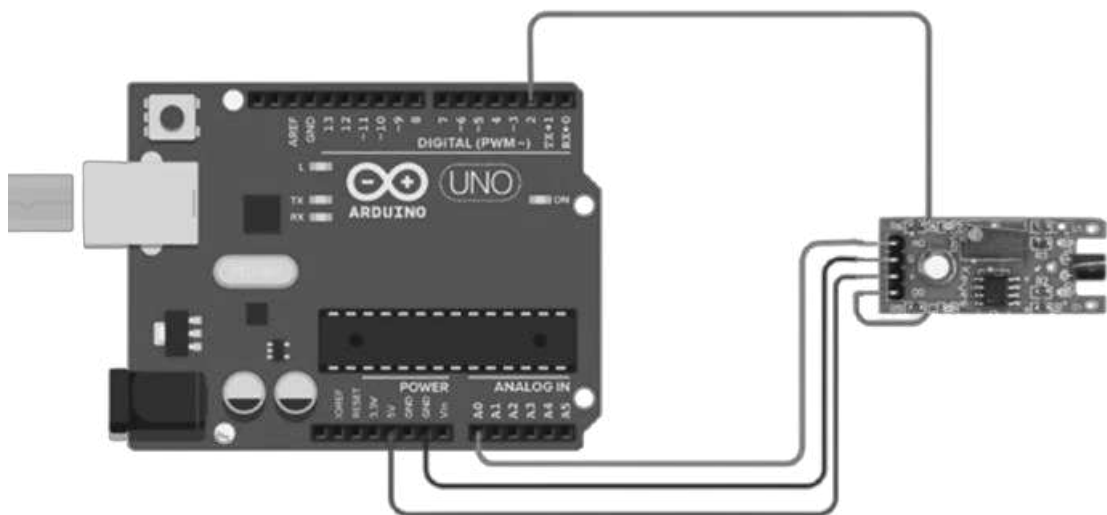


Рисунок 2.27 — Підключення сенсора дотику KY-036 до Arduino UNO

Транзистор може бути використаний для підсилення сигналу, якщо це потрібно. Вихідний сигнал підключається до піну Arduino, який дозволяє відстежувати наявність дотику до сенсора (рис.2.37).

Наступний код призначений для роботи з сенсором дотику, підключеним до піну touchPin. У функції setup() цей пін задається як вхідний, а серійний монітор активується для виведення результатів роботи.

```
const int touchPin = 11; // Пін для підключення сенсора дотику
void setup() {
  pinMode(touchPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int state = digitalRead(touchPin); // Читання сигналу з сенсора дотику
  if (state == HIGH) {
    Serial.println("Дотик виявлений!");
  } else {
    Serial.println("Дотик відсутній");
  }
  delay(500);
}
```

У циклі loop() програма зчитує цифровий сигнал із сенсора. Якщо сигнал HIGH — це означає, що був контакт або дотик, і в консоль виводиться повідомлення «Дотик виявлений!». Якщо сигнал LOW — дотик відсутній, про що також повідомляється в консолі. Затримка в 500 мілісекунд використовується для зниження частоти зчитування та уникнення випадкових спрацювань.

Ці схеми використовують базові компоненти, такі як резистори, транзистори та інші елементи для стабільності і налаштування сенсорів, що дозволяє створювати різноманітні проекти на базі Arduino.

3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АНАЛОГОВИХ СЕНСОРІВ: ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ARDUINO

3.1 Функціональні можливості аналогових сенсорів і сфери їх застосування

Аналогові сенсори, займають важливе місце у сфері електроніки та автоматизації, особливо в контексті використання мікроконтролерів. Вони широко застосовуються для вимірювання різних фізичних параметрів, зокрема температури, тиску, вологості, освітленості, рівня газів, деформацій, звуку тощо. Особливістю аналогових датчиків є те, що вони генерують безперервний сигнал, значення якого змінюється плавно в залежності від величини вимірюваного параметра. Це забезпечує ряд технічних переваг і розширює можливості застосування [8].

Першою з таких переваг є континуальність. Аналогові сенсори працюють з безперервними значеннями, що дозволяє отримувати більш точну та деталізовану інформацію про зміну фізичних величин у часі. Такі сенсори здатні фіксувати мінімальні коливання вхідного сигналу, що є надзвичайно важливим у завданнях високоточного моніторингу. Наприклад, при вимірюванні температури аналоговий терморезистор (NTC-датчик) дозволяє зафіксувати зміну навіть на десяті або соті частини градуса.

Другою ключовою характеристикою є гнучкість у роботі з широким спектром фізичних явищ. Аналогові датчики можна налаштувати на вимірювання параметрів, які складно оцифрувати без втрати точності. Багато типів аналогових сенсорів мають просту конструкцію, легко підключаються до аналогових входів і не потребують спеціальних протоколів для зчитування інформації, як це зазвичай потрібно для цифрових сенсорів. Це спрощує як апаратну реалізацію, так і програмне забезпечення системи, роблячи аналогові сенсори зручними в освітніх, наукових та навчальних проєктах.

Третя важлива властивість – це гладкість сигналу, який надходить із аналогового сенсора. Оскільки значення змінюються поступово, без стрибків, це

забезпечує стабільний і передбачуваний характер вихідних даних. Така характеристика є критично важливою у випадках, коли потрібно здійснювати плавне регулювання процесу, наприклад, у системах керування освітленням, нагріванням або вентиляцією. Аналоговий сигнал краще піддається фільтрації й аналізу, оскільки не має різких переходів, які можуть спричиняти небажані коливання або помилки в управлінні.

Окрім цього, аналогові сенсори вирізняються простотою інтеграції з іншими електронними компонентами. Сигнали, які вони генерують, можна обробляти за допомогою простих аналогових схем, таких як фільтри низьких або високих частот, операційні підсилювачі або модулятори. Це дозволяє створювати повністю аналогові підсистеми без необхідності перетворення сигналу в цифрову форму на кожному етапі. Застосування аналогових методів обробки часто дає змогу зменшити споживання енергії, спростити конструкцію пристрою та знизити його вартість.

У зв'язку з наведеними властивостями, аналогові давачі залишаються важливим інструментом у розробці систем автоматизації, екологічного моніторингу, медичних пристроїв, інтелектуальних систем управління середовищем, а також у багатьох експериментальних і навчальних проєктах, де вивчаються основи електроніки та сенсорики.

3.2 Аналіз принципу дії аналогових сенсорів на прикладі модулів серії КУ

Сенсор світла, фотодіод КУ-018 — це пристрій на основі фотодіода, який використовується для вимірювання рівня освітленості навколишнього середовища (рис.3.1). Принцип роботи сенсора базується на зміні електричних властивостей фотодіода в залежності від інтенсивності падаючого на нього світла. Це дозволяє отримувати інформацію про рівень освітленості, що є корисним у різноманітних автоматизованих системах.

Для використання сенсора необхідно підключити його до мікроконтролера, наприклад, і налаштувати програму для обробки даних з сенсора. Компактні розміри і низьке споживання енергії робить його зручним для використання в

портативних пристроях і проєктах з обмеженими ресурсами.

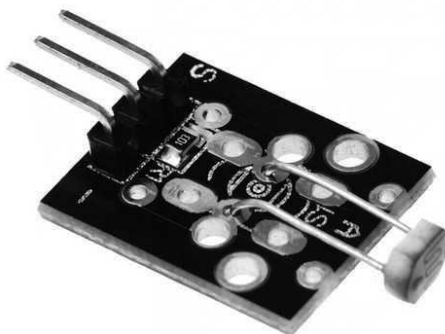


Рисунок 3.1 — Сенсор світла , фотодіод KY-018

Сенсор можна використовувати для різних цілей, таких як автоматичне управління освітленням, моніторинг рівня освітленості в приміщеннях або в природних умовах, а також для побудови систем, що реагують на зміну рівня освітленості.

Сенсор температури KY-013, що базується на терморезисторі, використовується для вимірювання температури навколишнього середовища та передачі цих показників на контролер у вигляді аналогового сигналу. (рис. 3.2). Цей сенсор є зручним для інтеграції в автоматизовані системи, де потрібен моніторинг температури.

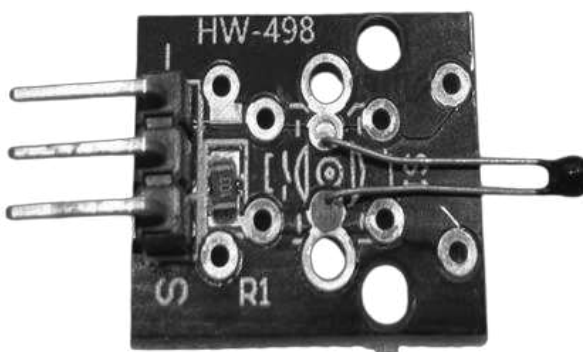


Рисунок 3.2 — Сенсор температури KY-013

Живлення сенсора можна забезпечити через Arduino контролер або інший мікропроцесорний пристрій, а також через зовнішнє джерело живлення, таке як

блок живлення або батарея. Напруга живлення датчика коливається в межах від 3,3 В до 5 В постійного струму, що дозволяє використовувати його в різних системах, сумісних з цими параметрами.

Сенсор температури KY-013 має компактні розміри та невелику вагу, що робить його зручним для використання в різноманітних проєктах. Він часто застосовується в автоматизованих системах управління температурою, моніторингу кліматичних умов та в технологічних процесах, де важливо точно вимірювати температуру навколишнього середовища.

Характеристики сенсора включають чутливий елемент у вигляді терморезистора, вихідний сигнал аналоговий, габарити сенсора — (20 x 15 x 7) мм, а вага становить 1 г.

Сенсор пульсу на пальці KY-039 (рис.3.3), пульсометр, використовується в проєктах на мікроконтролерах, де необхідно вимірювати пульс і передавати ці дані на контролер. Для використання сенсора потрібно підключити його до мікроконтролера, наприклад, Arduino, подати живлення та створити програму для роботи з сенсором або використовувати готове рішення. Сенсор пульсу складається з інфрачервоного світлодіода та фототранзистора, які працюють разом для вимірювання пульсу.

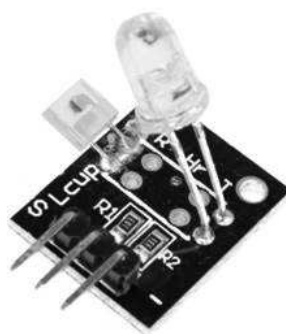


Рисунок 3.3 — Сенсор пульсу на пальці KY-039

Принцип роботи сенсора полягає в тому, що палець повинен бути розташований між інфрачервоним світлодіодом і фототранзистором, який приймає потік інфрачервоного випромінювання. Коли в пальці пульсує кров'яний

тиск, опір фототранзистора змінюється, що дозволяє визначити пульс. Сенсор пульсу KY-039 має компактні розміри та невелику вагу, що робить його зручним для використання в різних проєктах, де необхідно здійснювати моніторинг пульсу. Це ідеальне рішення для медичних пристроїв, а також для розробки фітнес- та здоров'я-орієнтованих технологій. Характеристики сенсора включають чутливий елемент у вигляді фототранзистора, вихідний аналоговий сигнал, діапазон напруги живлення від 3,3 В до 5 В, розміри сенсора — (20 x 15 x 15) мм та вага — 2 г.

Модуль триколірного RGB світлодіода SMD 5050 KY-009 (рис. 3.4) використовується в проєктах на мікроконтролерах для світлової індикації різних процесів, таких як подача живлення, аварійні ситуації, замикання реле, передача даних, прийом даних та інші. Для його використання необхідно підключити модуль до джерела живлення та керуючого сигналу від контролера або іншого мікропроцесорного пристрою.

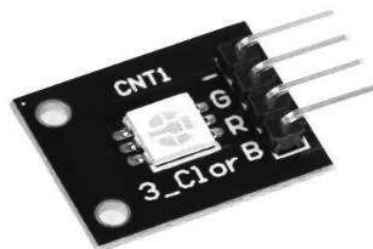


Рисунок 3.4 — Сенсор триколірного RGB світлодіода SMD 5050 KY-009

Вбудований світлодіод може світитися в трьох кольорах: синьому, зеленому та червоному. Кольори можуть включатися окремо або в комбінації, що дає змогу створювати різноманітні варіанти світлових індикацій. Модуль має можливість управління світлом через сигнал негативної полярності, значенням від -3,3 до 5 В. Це дозволяє регулювати інтенсивність або змінювати колір світіння за допомогою мікроконтролера чи іншого керуючого пристрою.

Модуль має компактні розміри та малу вагу, що дозволяє використовувати

його в різних проєктах, де потрібна індикація через світло. Характеристики модуля включають тип корпусу світлодіода SMD 5050, тип світлодіода RGB, керуючий сигнал негативної полярності в діапазоні від -3,3 В до 5 В, можливість комбінування кольорів та інтенсивності світіння, розміри (20 x 15 x 15) мм та вагу 1 г.

Модуль RGB світлодіода KY-016 (рис. 3.5) використовується для світлової індикації процесів у проєктах на мікроконтролерах, таких як подача живлення, аварії чи передача даних. Для його використання потрібно підключити до живлення і керуючого сигналу від контролера або іншого мікропроцесорного пристрою.

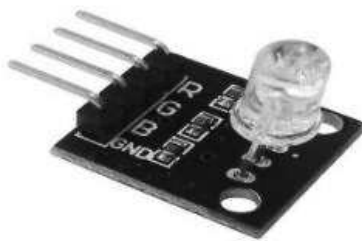


Рисунок 3.5 — Сенсор RGB світлодіода KY-016

Світлодіод може світитися синім, зеленим і червоним кольорами, причому кольори можна включати окремо або в комбінації. Керування кольорами здійснюється за допомогою сигналу позитивної полярності в діапазоні від -3,3 В до 5 В.

Модуль має 4-контактний роз'єм: загальний контакт «-», а також контакти В (синій), G (зелений) і R (червоний) для відповідних кольорів світіння. Живлення подається від контролера або зовнішнього джерела (блок живлення, батарея) з напругою від 3,3 В до 5 В.

Модуль має компактні розміри (20 x 15 x 15) мм і вагу 1 г, що робить його зручним для різних проєктів з індикацією стану чи декоративного освітлення.

Характеристики: RGB тип світлодіода, керуючий сигнал позитивної полярності від 3,3 В до 5 В, кольори: синій, зелений, червоний, попарно або все

одночасно.

Модуль семикольорового світлодіода KY-034 (рис. 3.6) використовується в проєктах на мікроконтролерах для індикації різних процесів, таких як подача живлення, аварійні ситуації, замикання реле або передача даних.

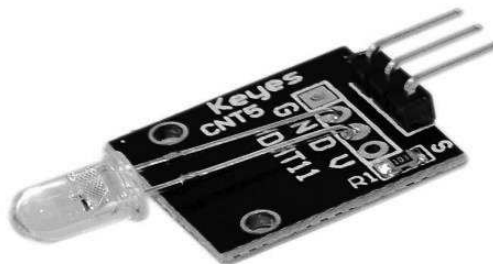


Рисунок 3.6 — Сенсор семикольорового світлодіода KY-034

Світлодіод має вбудований контролер, який дозволяє перемикає кольори з різною інтенсивністю. Кольори світіння включають синій, білий, блакитний, жовтий, зелений, фіолетовий і червоний.

Для використання модуля достатньо підключити його до джерела живлення. Модуль має 3-контактний роз'єм для підключення до живлення і керуючого сигналу. Контакт, позначений «-», є загальним, середній контакт не використовується, а контакт S служить для подачі напруги живлення.

Напруга живлення модуля складає від 3 В до 4,5 В постійного струму, що робить його сумісним з більшістю мікроконтролерів та зовнішніх джерел живлення. Завдяки своїм компактним розмірам (20 x 15 x 7) мм і вазі 1 г, модуль легко інтегрується у різні проєкти, не займаючи багато місця.

Характеристики: напруга живлення від 3 В до 4,5 В, кольори: синій, білий, блакитний, жовтий, зелений, фіолетовий, червоний.

Зумер KY-006 (рис. 3.7) є пасивним звуковим випромінювачем, який використовується в проєктах на мікроконтролерах для створення звукових сигналів, що можуть вказувати на виконання певної функції або виникнення події.

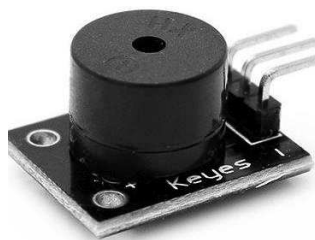


Рисунок 3.7 — Зумер KY-006

Його можна зустріти в різних електронних системах, де потрібна проста звукова індикація — від аварійного сповіщення до підтвердження натискання кнопки. Для використання зумера необхідно підключити його до джерела живлення, а також подати частотний сигнал від контролера, оскільки модуль є пасивним і не генерує звук самостійно. Він відтворює звук, подібний до того, що чути під час ініціалізації комп'ютера при запуску BIOS.

Живлення надається від контролера або зовнішнього джерела, з рекомендованою напругою в межах від 3,3 В до 5 В постійного струму. Завдяки компактним розмірам (20 x 15 x 12) мм і вазі лише 2 г модуль легко інтегрується в більшість електронних систем, не вимагаючи багато простору.

Характерною особливістю цього зумера є саме необхідність зовнішнього генератора сигналу, що робить його більш гнучким для налаштування частоти і тривалості звукового сигналу.

Акустичний сенсор KY-038 (рис. 3.8) на базі мікросхеми LM393 використовується в проєктах з Arduino або іншими мікроконтролерами для фіксації та аналізу звукових хвиль у навколишньому середовищі.

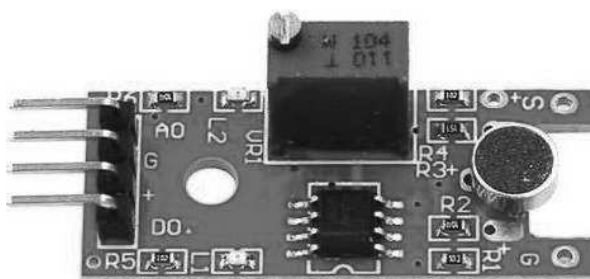


Рисунок 3.8 — Акустичний сенсор KY-038

Його можна застосовувати для створення простих систем розпізнавання шумів, сигналізації, звукових тригерів тощо. Для роботи модуля необхідно підключити його до мікроконтролера, подати живлення і реалізувати відповідну програму, яка буде обробляти дані з аналогового або цифрового виходу. Чутливість сенсора можна регулювати за допомогою вбудованого потенціометра. Після налаштування рівня чутливості датчик реагує на звукові коливання, які діють на мембрану мікрофона, внаслідок чого формуються електричні сигнали, що подаються на вихід модуля.

На платі розміщено два світлодіоди: один інформує про наявність живлення, а інший спалахує при виявленні звуку. Це дозволяє легко проконтролювати правильність підключення і роботу сенсора навіть без підключення до мікроконтролера.

Робоча температура модуля охоплює діапазон від -30°C до $+85^{\circ}\text{C}$, що дозволяє використовувати його в різних умовах. Його компактні розміри — $(35 \times 16 \times 12)$ мм, а вага становить усього 4 г, що полегшує його інтеграцію у портативні пристрої або невеликі системи.

Високочутливий акустичний сенсор KY-037 (рис. 3.9) на базі мікросхеми LM393 використовується в мікроконтролерних проєктах для виявлення звуків та аналізу рівня звукових коливань.



Рисунок 3.9 — Високочутливий акустичний сенсор KY-037

Принцип дії сенсора базується на впливі звукових хвиль на мембрану мікрофона, що генерує електричний сигнал, який надалі обробляється

мікроконтролером.

Для роботи модуль потрібно підключити до Arduino або іншого керуючого пристрою, подати живлення та відкалібрувати чутливість за допомогою вбудованого потенціометра. Модуль має як аналоговий (АО), так і цифровий (DO) вихід для збору даних. Світлодіоди на платі інформують про подачу живлення (L1) та фіксацію звуку (L2), що спрощує діагностику роботи пристрою.

Конектор модуля має чотири контакти: «+» (живлення), «-» (загальний), АО (аналоговий вихід) і DO (цифровий вихід). Живлення може подаватися від Arduino або зовнішнього джерела постійного струму з напругою від 3,3 до 6 В. Завдяки високій чутливості сенсор підходить для створення інтерфейсів реагування на звук, наприклад аплодисменти, клацання або голосові сигнали.

3.3 Побудова схем й підключення аналогових сенсорів до Arduino

Модуль KY-018 — це світлочутливий резистор на основі фоторезистора (LDR), який змінює свій опір залежно від інтенсивності світла (рис. 3.10).

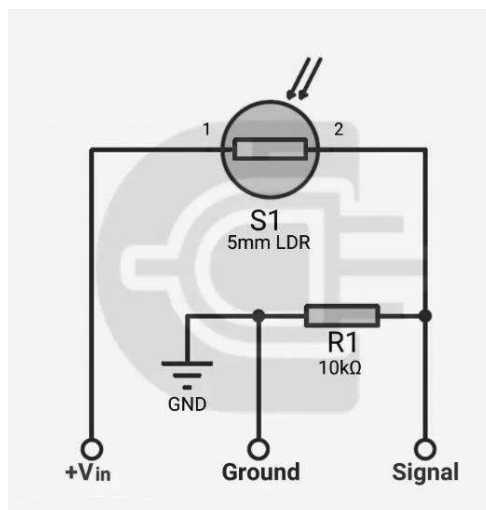


Рисунок 3.10 — Схема сенсора KY-018

Він ідеально підходить для проєктів, де необхідно визначати день/ніч, автоматично вмикати/вимикати освітлення або регулювати яскравість екрану (рис.3.11). Модуль підключається до аналогового входу Arduino та видає значення від 0 до 1023, що відповідає освітленості.

Цей скетч призначений для оцінки рівня освітленості за допомогою аналогового фоторезистора KY-018, підключеного до входу A0 мікроконтролера Arduino. У функції `setup()` активується послідовний інтерфейс для передачі даних до комп'ютера зі швидкістю 9600. Основна логіка реалізована у функції `loop()`.

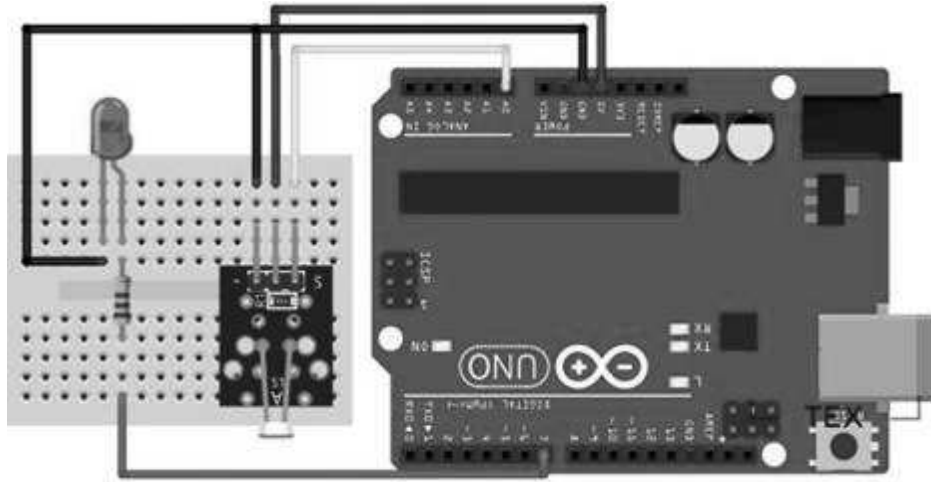


Рисунок 3.11 — Підключення сенсора KY-018 до Arduino UNO

Наступна програма призначена для оцінки рівня освітленості за допомогою аналогового фоторезистора KY-018, підключеного до входу A0 мікроконтролера Arduino. У функції `setup()` активується послідовний інтерфейс для передачі даних до комп'ютера зі швидкістю 9600. Основна логіка реалізована у функції `loop()`.

```
const int ldrPin = A0;
unsigned long timer = 0;
const int interval = 1000;
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {
    if (millis() - timer >= interval) {
        timer = millis();
        int rawValue = analogRead(ldrPin);
        float lightLevel = map(rawValue, 0, 1023, 100, 0); // 100 = темно, 0 = яскраво
        Serial.print("KY-018: Освітленість ~ ");
        Serial.print(lightLevel);
        Serial.println("%");
    }
}
```

Час між послідовними зчитуваннями контролюється через функцію `millis()`, також використовується таймерне оновлення з інтервалом 1000 мс. Це дозволяє уникнути зайвих викликів `analogRead()` і стабілізує частоту виводу значень у монітор порту.

KY-013 — це терморезистор типу NTC (Negative Temperature Coefficient), який зменшує опір зі зростанням температури (рис. 3.12). Застосовується в системах моніторингу температури, клімат-контролю, безпеки пристроїв (рис. 3.13).

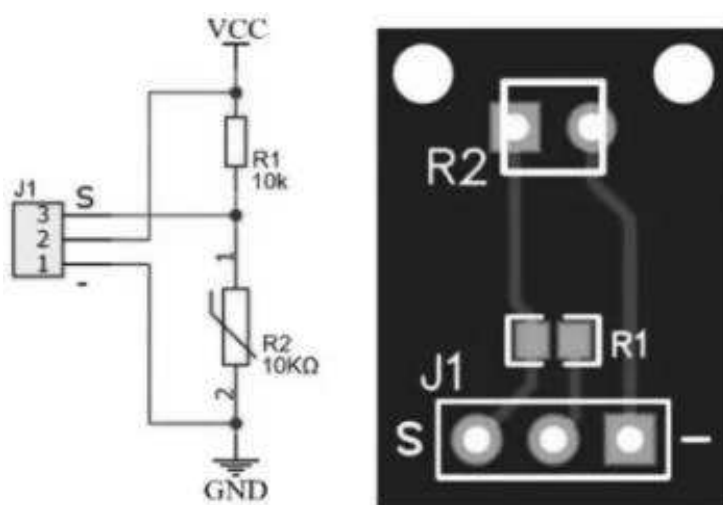


Рисунок 3.12 — Схема сенсора терморезистора типу NTC KY-013

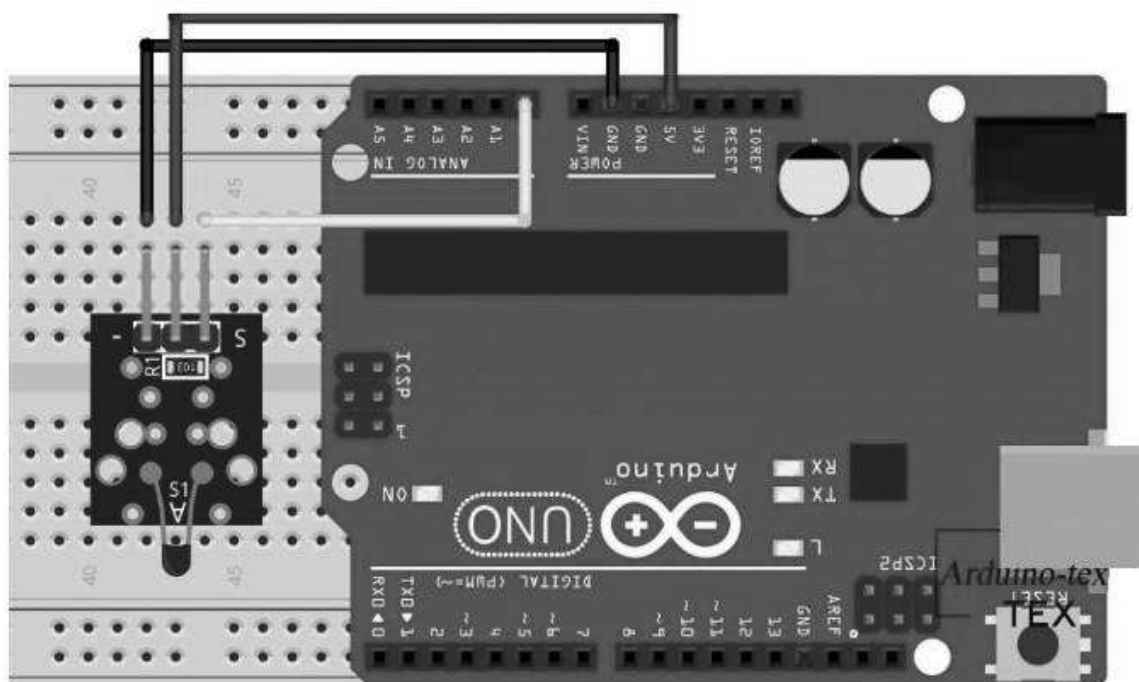


Рисунок 3.13 — Підключення сенсора терморезистора KY-013 до Arduino UNO

Підключається до аналогового входу, і може бути використаний як простий термометр. Вимагає незначних розрахунків для перетворення аналогового сигналу у температуру в градусах.

Наступний скетч реалізує вимірювання температури за допомогою термістора типу KY-013, підключеного до аналогового входу A1 плати Arduino. Сенсор формує дільник напруги, де термістор разом із резистором на 10 кОм забезпечує зміну вихідної напруги залежно від температури навколишнього середовища. Зчитане значення перетворюється на напругу у вольтах. На основі цієї напруги обчислюється опір термістора, використовуючи класичну формулу для дільника напруги.

```
const int tempPin = A1;
const float beta = 3950.0; // Бета-коефіцієнт
const float roomTemp = 298.15; // Кельвін: 25°C
const float resistanceAt25 = 10000.0; // Ом
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  int adcVal = analogRead(tempPin);
  float voltage = adcVal * 5.0 / 1023.0;
  float resistance = (5.0 - voltage) * 10000 / voltage;
  float temperatureK = 1.0 / ((1.0 / roomTemp) + (1.0 / beta) * log(resistance /
resistanceAt25));
  float temperatureC = temperatureK - 273.15;
  Serial.print("KY-013: Температура ~ ");
  Serial.print(temperatureC, 2);
  Serial.println(" °C");

  delay(1500);
}
```

Далі за допомогою термісторного рівняння з використанням β -коефіцієнта 3950 і номінального опору при 25°C (10 кОм) розраховується температура в абсолютній шкалі. Потім значення переводиться у градуси Цельсія.

KY-039 (рис. 3.14) використовує інфрачервоне світло для виявлення зміни прозорості шкіри під час пульсації крові. Підходить для реалізації простих

біометричних систем моніторингу серцевого ритму (рис.3.15).

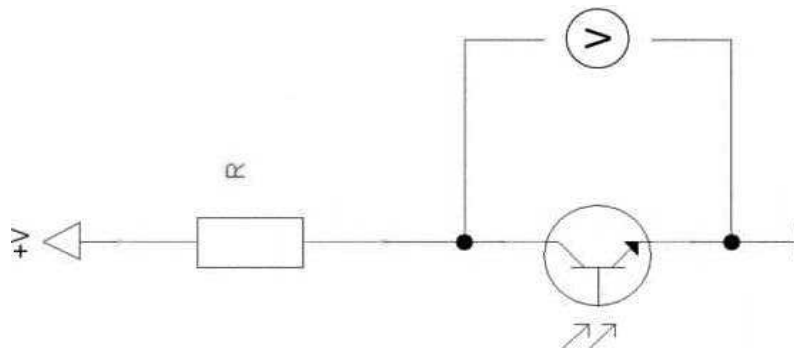


Рисунок 3.14 — Схема сенсора пульсометра KY-039

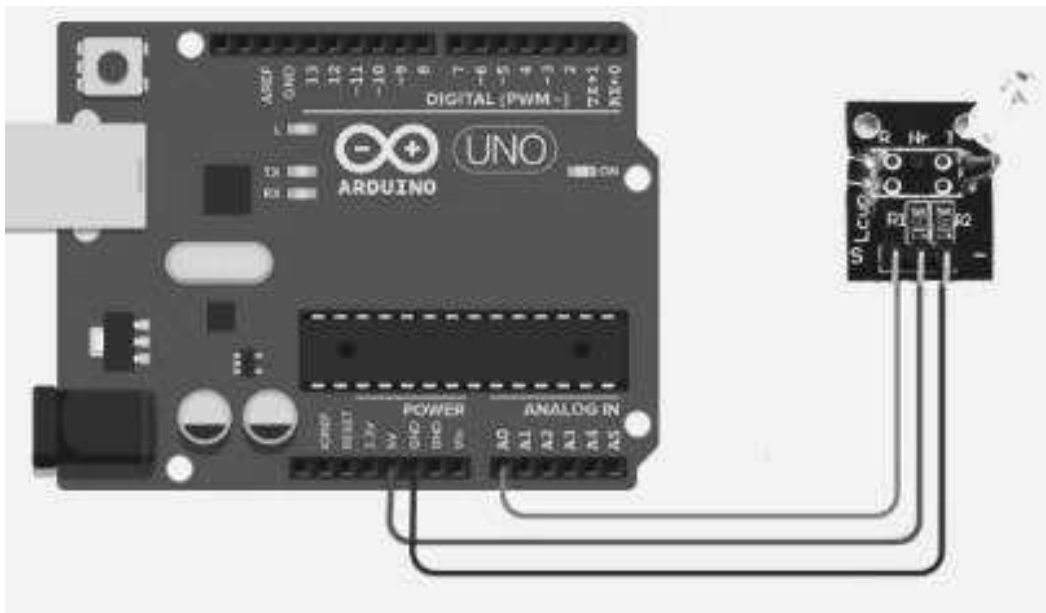


Рисунок 3.15 — Підключення сенсора пульсометра KY-039 до Arduino UNO

Його можна застосувати у фітнес-проектах, медичних експериментах та DIY-гаджетах. Підключається до аналогового входу. Наступний код призначений для зчитування аналогового сигналу з пульсометра, підключеного до аналогового входу A0 мікроконтролера. У програмі створено масив з 10 і кожен цикл в функції loop() здійснюється зчитування нового значення з датчика і запис у масив, при цьому індекс запису циклічно повертається до початку масиву, що дозволяє підтримувати актуальний набір даних.

```
const int pulsePin = A0;
```

```

const int sampleSize = 10;
int readings[sampleSize];
int index = 0;
long lastBeatTime = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  readings[index] = analogRead(pulsePin);
  index = (index + 1) % sampleSize;
  long sum = 0;
  for (int i = 0; i < sampleSize; i++) {
    sum += readings[i];
  }
  float average = sum / (float)sampleSize;
  Serial.print("KY-039: Пульс (сигнал) ~ ");
  Serial.println(average);
  delay(100);
}

```

Після оновлення масиву програма обчислює середнє значення усіх останніх 10 вимірювань, що допомагає згладити шум сигналу і отримати більш стабільне відображення пульсу. Отримане середнє значення виводиться у серійний монітор, щоб користувач міг спостерігати приблизний рівень пульсового сигналу в реальному часі. Затримка в 100 мілісекунд між вимірюваннями дозволяє оновлювати дані приблизно 10 разів на секунду, що забезпечує достатню частоту оновлення для більшості застосунків, пов'язаних із вимірюванням пульсу.

KY-009 — модуль із RGB-світлодіодом SMD 5050, який має три кольорові канали: червоний, зелений і синій (рис. 3.16). Яскравість кожного можна регулювати незалежно через PWM-сигнали. Це дозволяє створювати мільйони відтінків кольорів (рис. 3.17). Модуль використовується в декоративному освітленні, візуальних індикаторах і творчих проєктах.

Наступний код керує трьома світлодіодами, підключеними до цифрових пінів 9, 10 і 11 на Arduino. У функції setup() всі три піни налаштовані як вихідні, щоб можна було керувати їхньою яскравістю. У циклі loop() відбувається плавне змінювання яскравості світлодіодів за допомогою ШІМ з функцією analogWrite().

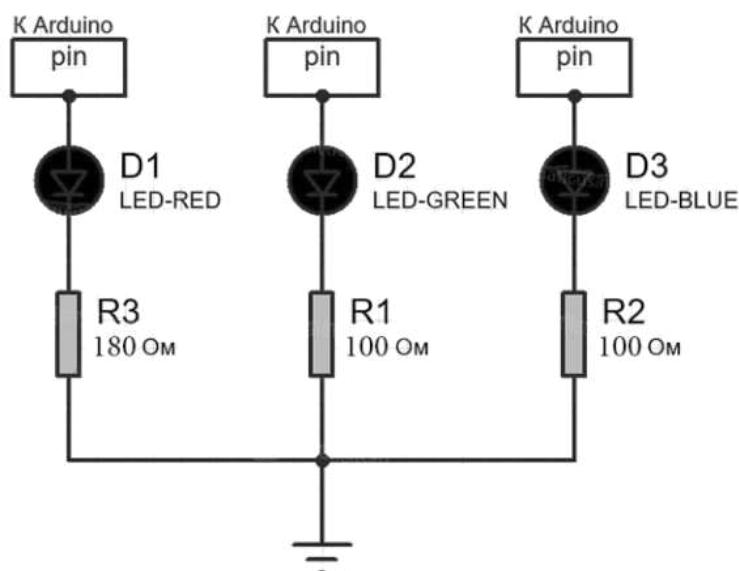


Рисунок 3.16 — Схема сенсора триколірного RGB світлодіоди KY-009

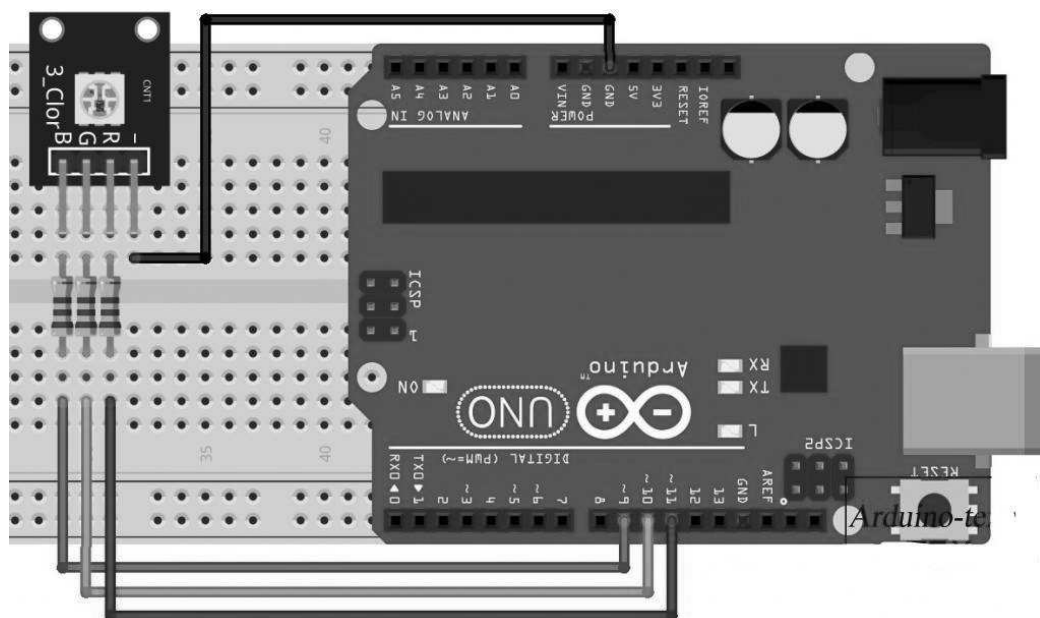


Рисунок 3.17 — Підключення сенсора KY-009 до Arduino UNO

Значення яскравості червоного світла поступово збільшується від 0 до 255, зелений світло одночасно змінюється у зворотному напрямку — від максимальної яскравості 255 до 0, а синій світло встановлюється на половину значення червоного (тобто повільно наростає з 0 до приблизно 127).

```
const int redPin = 9;
const int greenPin = 10;
const int bluePin = 11;
```

```

void setup() {
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(bluePin, OUTPUT);
}
void loop() {
  for (int i = 0; i < 256; i++) {
    analogWrite(redPin, i);
    analogWrite(greenPin, 255 - i);
    analogWrite(bluePin, (i / 2));
    delay(10);
  }
}

```

Затримка в 10 мс між кроками робить зміну кольорів плавною і поступовою, створюючи ефект переходу кольорів на RGB-світлодіоді.

Модуль KY-016 — це 5 мм RGB-світлодіод із чотирма ніжками: одна спільна (катод або анод) і три керуючі канали для червоного, зеленого й синього (рис. 3.18).

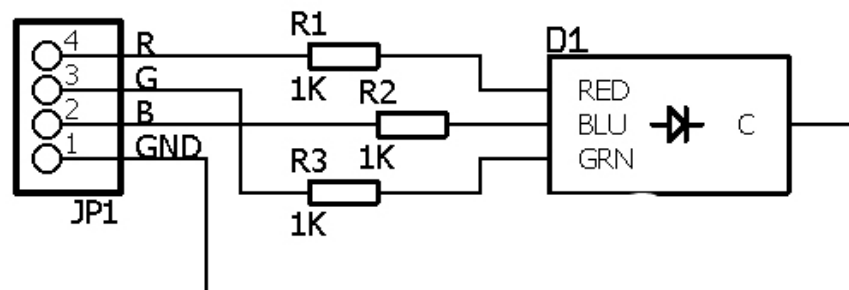


Рисунок 3.18 — Схема сенсора 5 мм RGB-світлодіода KY-016

Завдяки PWM-керуванню, можна створювати плавні переходи кольору, а також візуальні ефекти (рис. 3.19). Широко використовується у проєктах підсвітки, візуального зворотного зв'язку, статус-індикаторів тощо.

У наступному коді керують трьохкольоровим RGB-світлодіодом через пінти Arduino. У функції `setup()` три піни (червоно, зелено і синьо) налаштовані як вихідні. Функція `setColor()` приймає три значення для червоного, зеленого і синього каналів і встановлює їхню яскравість за допомогою ШІМ.

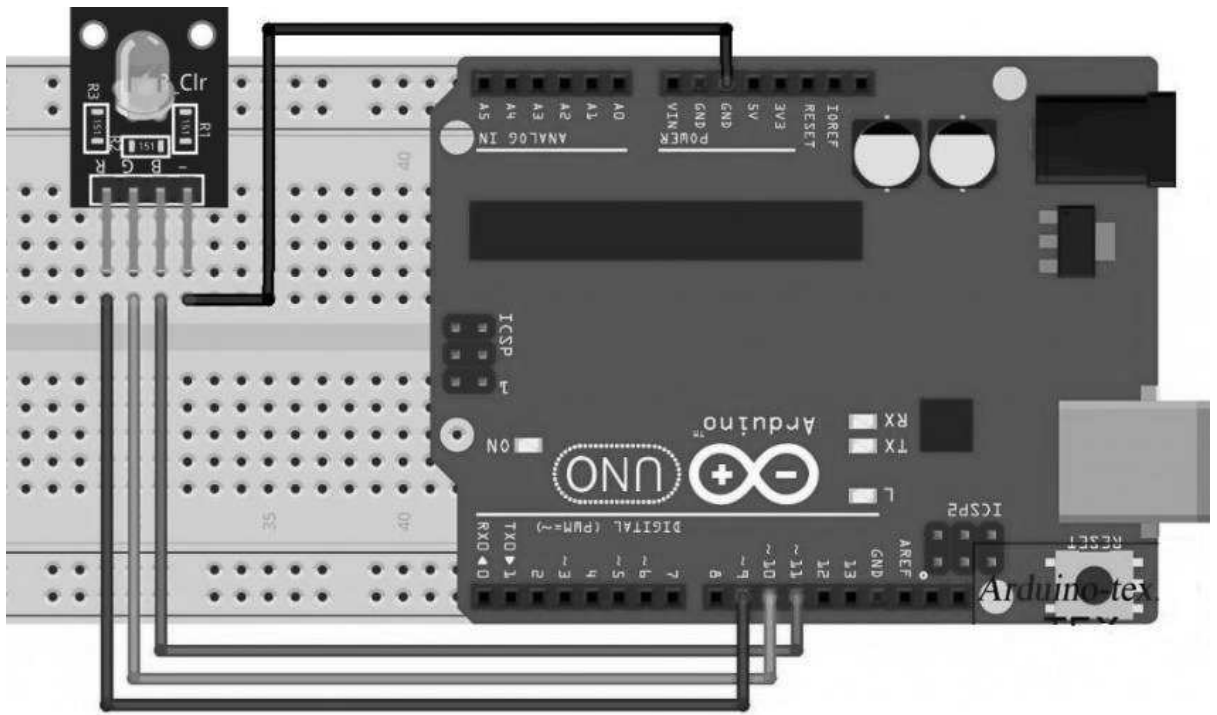


Рисунок 3.19 — Підключення сенсора RGB-світлодіода KY-016 до Arduino UNO

```

const int redPin = 3;
const int greenPin = 5;
const int bluePin = 6;
void setup() {
  pinMode(redPin, OUTPUT);
  pinMode(greenPin, OUTPUT);
  pinMode(bluePin, OUTPUT);
}
void setColor(int r, int g, int b) {
  analogWrite(redPin, r);
  analogWrite(greenPin, g);
  analogWrite(bluePin, b);
}
void loop() {
  for (int hour = 0; hour < 24; hour++) {
    if (hour < 6 || hour >= 21) {
      setColor(10, 0, 30); // нічне світло
    } else if (hour < 12) {
      setColor(255, 140, 0); // ранкове
    } else {
      setColor(0, 255, 60); // денне
    }
    delay(500);
  }
}

```

В циклі `loop()` залежно від часу змінюється колір світла: вночі встановлюється темно-синій, вранці — помаранчевий, вдень — яскраво-зелений, причому кожен колір горить 500 мс.

KY-034 — незвичайний світлодіод, який змінює колір залежно від частоти сигналу, що на нього подається (рис. 3.20).

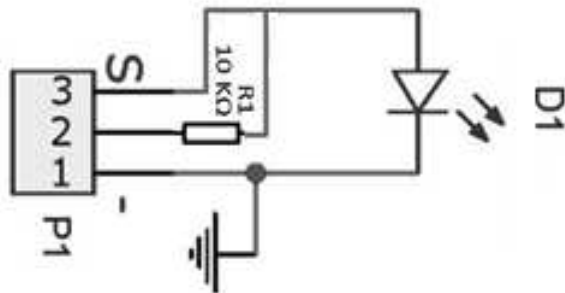


Рисунок 3.20 — Схема сенсора світлодіода KY-034

Він не підтримує PWM у стандартному розумінні, однак використовуючи зміну частоти імпульсів, можна впливати на колір (рис. 3.21). Застосовується в декоративних та навчальних проєктах, де важлива простота, але хочеться мультиколірного ефекту.

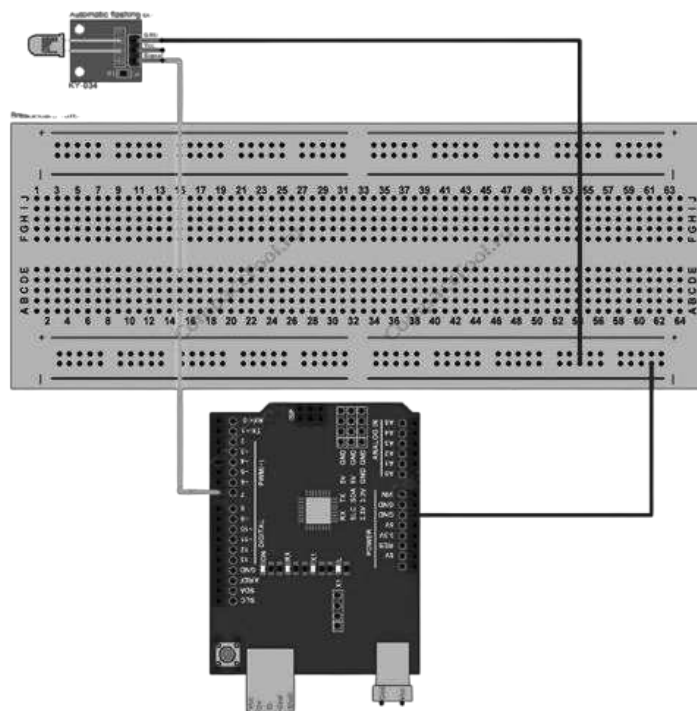


Рисунок 3.21 — Підключення сенсора світлодіода KY-034 до Arduino

Наступний код керує світлодіодом, підключеним до піна 8 Arduino. У циклі від 1 до 10 змінюється частота миготіння світлодіода, причому для кожної частоти він миготить 50 разів. Затримка між вмиканням і вимиканням світлодіода розраховується так, щоб сумарний час одного циклу відповідав обраному значенню частоти.

```
const int ledPin = 8;
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
void loop() {
  for (int freq = 1; freq <= 10; freq++) {
    int delayTime = 1000 / freq;
    for (int i = 0; i < 50; i++) {
      digitalWrite(ledPin, HIGH);
      delayMicroseconds(delayTime * 500);
      digitalWrite(ledPin, LOW);
      delayMicroseconds(delayTime * 500);
    }
    delay(300);
  }
}
```

Для точнішого керування використовується функція `delayMicroseconds()`, що дозволяє задавати затримку в мікросекундах. Після кожної серії миготінь йде коротка пауза 300 мс, і цикл переходить до наступної частоти. Це дає ефект поступового прискорення миготіння світлодіода від повільного до швидкого.

KY-006 — пасивний зумер, який може генерувати звуки різної частоти, коли на нього подається PWM-сигнал (рис. 3.22).

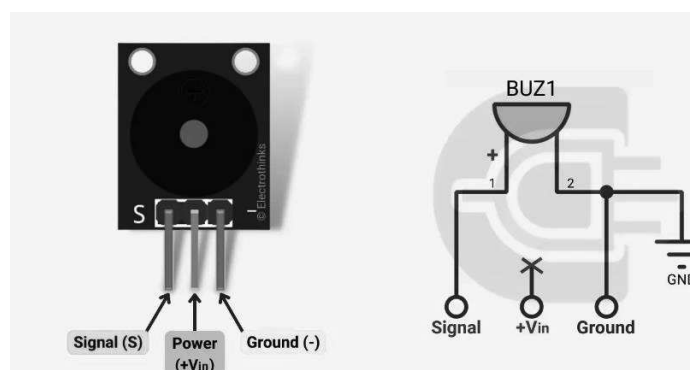


Рисунок 3.22 — Схема пасивного зумера KY-006

На відміну від активного зумера, він не має вбудованого генератора і не буде пищати без частотного керування (рис. 3.23). Застосовується в сигналізації, створенні музики, або озвученні подій у пристрої.

Наступний код управляє пасивним буюером, підключеним до цифрового піну 9 Arduino. У масиві `melody` зберігаються частоти нот музичної гаи від 262 Гц до 523 Гц, що утворює октаву. У функції `loop()` відбувається послідовне відтворення кожної ноти: за допомогою функції `tone()` на пін подається звуковий сигнал певної частоти, який тримається 400 мілісекунд.

```
const int buzzerPin = 9;
int melody[] = {262, 294, 330, 349, 392, 440, 494, 523}; // До–До
void setup() {}
void loop() {
  for (int i = 0; i < 8; i++) {
    tone(buzzerPin, melody[i]);
    delay(400);
    noTone(buzzerPin);
    delay(100);
  }
  delay(1000);
}
```

Після кожної ноти звук вимикається функцією `noTone()` і робиться коротка пауза в 100 мілісекунд, щоб розділити ноти і зробити мелодію чіткішою. Після програвання всіх восьми нот програма робить паузу в 1 секунду, після чого цикл повторюється, і мелодія грає знову. Такий простий код дозволяє легко реалізувати музичні звуки або сигнали на Arduino за допомогою пасивного буюера.

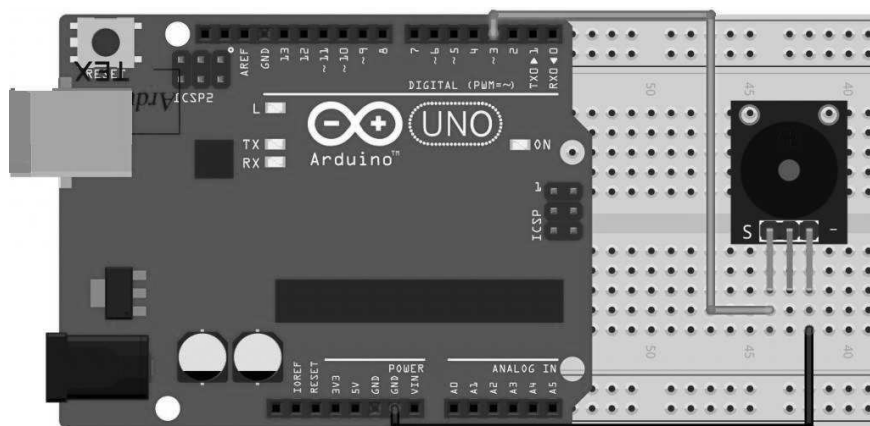


Рисунок 3.23 — Підключення пасивного зумера KY-006 до Arduino

Має два виходи: аналоговий — для точного визначення рівня звуку, і цифровий — що спрацьовує при перевищенні порогу (рис. 3.24). Часто використовується для виявлення хлопків, шуму в приміщенні, систем розпізнавання подій тощо (рис. 3.25).

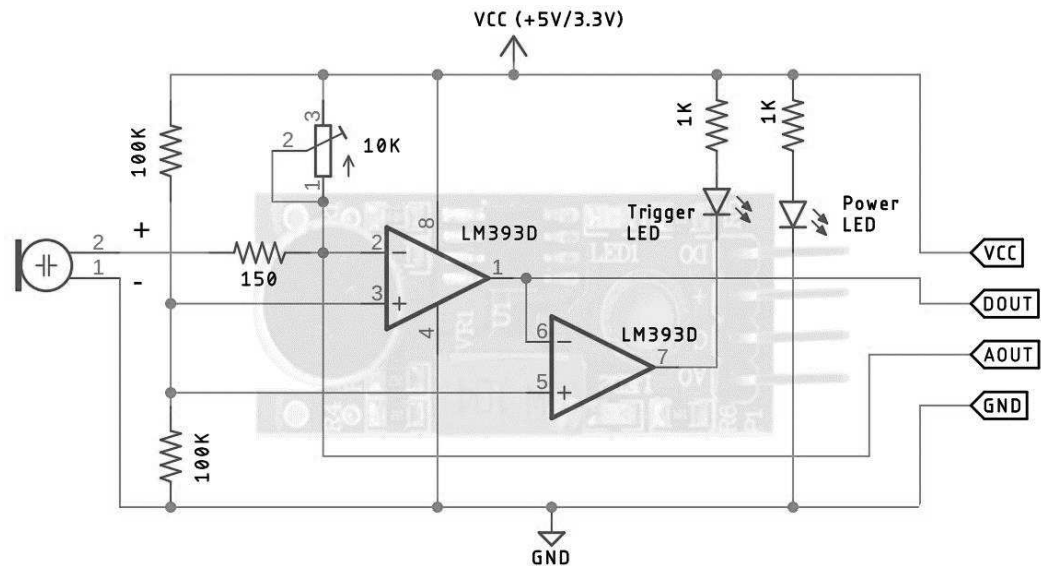


Рисунок 3.24 — Схема звукового сенсора KY-038

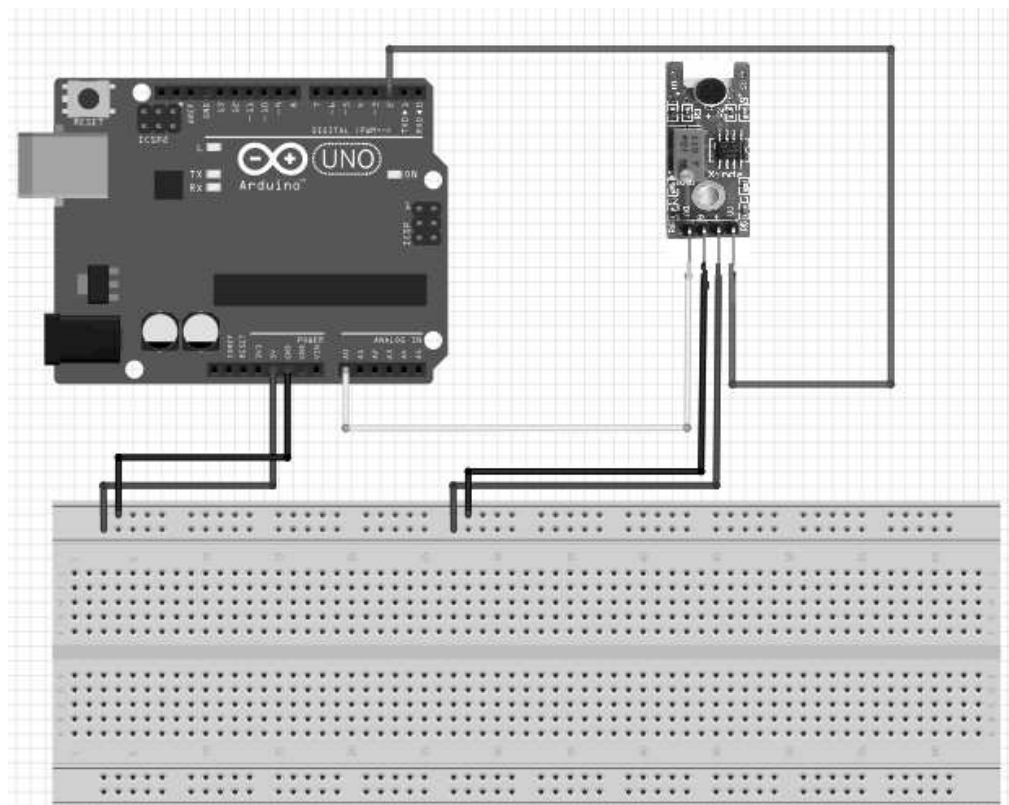


Рисунок 3.25 — Підключення звукового сенсора KY-038 до Arduino

Дає чіткіший аналоговий сигнал, а також реагує на менші зміни звуку. Добре підходить для більш чутливих систем реагування на шум, голос, або для запуску логіки за подіями навколишнього середовища (рис. 3.27).

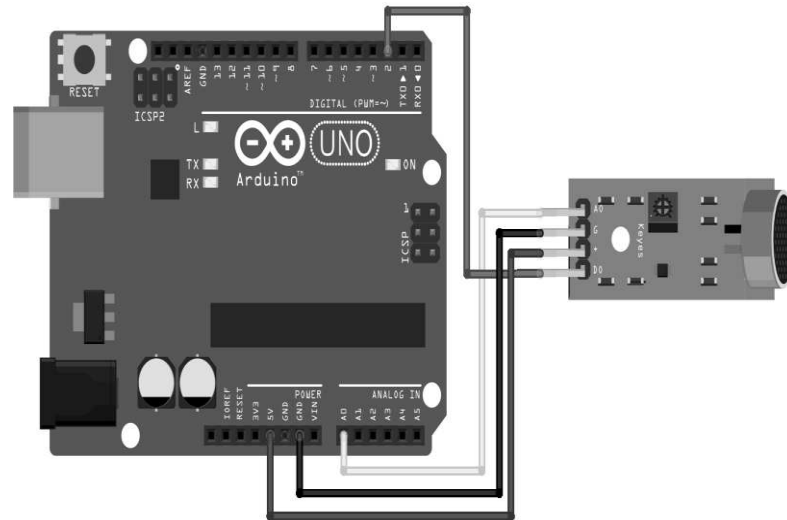


Рисунок 3.27 — Підключення високочутливого звукового сенсора KY-037

Цей код зчитує аналоговий сигнал з піну A1, який підключений до звукового сенсора або мікрофона.

```
const int soundPin = A1;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  long total = 0;
  for (int i = 0; i < 100; i++) {
    total += analogRead(soundPin);
    delayMicroseconds(100);
  }
  float average = total / 100.0;
  Serial.print("Середній рівень шуму (чутливий): ");
  Serial.println(average);
  delay(500);
}
```

Отримане середнє значення виводиться в серійний монітор з підписом «Середній рівень шуму (чутливий)». Затримка 500 мс між циклами дає час для оновлення показників та запобігає надмірному завантаженню серійного порту.

4 ТЕСТУВАННЯ СЕНСОРНИХ МОДУЛІВ У ПРИКЛАДНИХ ПРОЄКТАХ.

4.1 Аналіз ефективності цифрових сенсорів у практичних проєктах

Цифрові сенсори забезпечують просту й надійну взаємодію між фізичними об'єктами та мікроконтролерами завдяки своїй здатності передавати сигнал у двійковій формі — "1" або "0", залежно від заданого порогу. У дипломній роботі було протестовано низку цифрових сенсорів серії KY, які демонструють свою ефективність у різноманітних прикладних проєктах.

Наприклад, сенсор вогню KY-026 використовувався у системі виявлення полум'я, що активується при появі інфрачервоного випромінювання. Сенсор перешкод KY-032 застосовувався для створення прототипу автономного робота з функцією уникнення об'єктів, і показав хорошу чутливість на малій відстані. Сенсор удару KY-031 дозволив реалізувати функцію реагування системи на фізичний поштовх, що є корисним для сигналізаційних застосувань. Сенсор Холла KY-003, у свою чергу, використовувався для реєстрації магнітного поля та виявлення переміщення об'єктів з магнітами — наприклад, для контролю відкриття дверей.

Аналогічно, геркон KY-021 також реагує на магнітне поле і вмикає логічну одиницю при його наявності, що робить його ідеальним для проєктів безконтактного керування. Сенсор дотику KY-036 забезпечив реалізацію інтерфейсу, який спрацьовує при легкому торканні металевої пластини, і може бути використаний для заміни традиційних кнопок.

Крім сенсорів, також було використано цифрові керовані пристрої: реле KY-019 для ввімкнення зовнішніх навантажень за допомогою Arduino, та лазерний модуль KY-008 як приклад керованого випромінювача, що вмикається при логічному сигналі HIGH. Енкодер KY-040 демонструє складніше цифрове зчитування: він дозволяє визначати напрям обертання та кількість кроків, і був інтегрований у систему вибору режимів у моделі користувацького інтерфейсу.

Ці модулі легко підключаються до цифрових входів Arduino і не потребують складної калібровки. Перевагами цифрових сенсорів є швидкість

обробки сигналів, низька похибка при виявленні стану і простота кодування. До недоліків можна віднести обмежену точність — сенсор лише повідомляє про наявність або відсутність події, без деталізації її інтенсивності. Проте в умовах створення навчальних, демонстраційних чи побутових пристроїв ці недоліки є несуттєвими.

4.2 Аналіз застосування аналогових сенсорів у прикладних рішеннях

Аналогові сенсори, на відміну від цифрових, дозволяють зчитувати змінні значення параметрів навколишнього середовища, що відкриває ширші можливості для аналізу й обробки даних. У межах реалізованих проєктів було розглянуто роботу з кількома аналоговими модулями серії KY, що охоплюють як сенсори навколишнього середовища, так і виконавчі пристрої з аналоговим керуванням.

Мікроконтролери в радіотюнерах відіграють важливу роль у забезпеченні функціональності, контролю та настройки різноманітних параметрів. Вони є центральними інструментами, що виконують керування та координацію різних процесів в тюнері.

Одним із основних сенсорів був терморезистор KY-013. Його використання дозволило реалізувати систему моніторингу температури, в якій значення температури відображалось на екрані, а при перевищенні певного порогу активувалося охолодження або звуковий сигнал. Сенсор світла KY-018, що представляє собою фотодіод, використовувався для керування освітленням залежно від зовнішньої яскравості, тобто система автоматично вмикала підсвітку при сутінках.

Пульсометр KY-039, що працює на основі оптичного датчика, дав змогу вимірювати пульс людини шляхом аналізу змін інтенсивності світла, що проходить крізь палець — ідеальне рішення для медичних проєктів або фітнес-гаджетів.

Окремо було розглянуто керування виконавчими пристроями через аналогові сигнали. RGB-світлодіоди KY-009 та KY-016 дають змогу створювати різні кольори через широтно-імпульсну модуляцію на трьох каналах: червоному,

зеленому та синьому. Семикольоровий світлодіод KY-034, хоча і керується цифровими імпульсами, забезпечує динамічну зміну кольору, що візуально схоже на аналогове керування. Пасивний зумер KY-006 також використовує PWM для генерації звуків різної висоти. За допомогою простого коду можливо створити сигналізацію або навіть музичні мелодії.

Аналогові сенсори вимагають використання ADC (аналогово-цифрового перетворення), тому підключаються до пінів A0–A5 на Arduino. Перевагою аналогових модулів є більша гнучкість та точність — можна отримати деталізовану інформацію про рівень освітлення, температуру чи інші фізичні величини. Проте недоліками є потреба в обробці шумів, складніша логіка порівняно з цифровими модулями та більший вплив зовнішніх чинників на стабільність показників.

Реалізація проєктів на основі аналогових сенсорів дозволила створити більш «розумні» системи, здатні реагувати на поступові зміни у середовищі, адаптуючи поведінку пристрою до поточних умов. Такі підходи можуть бути ефективними в екологічному моніторингу, побутовій автоматизації або біомедичних дослідженнях.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту на тему "Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем" було розглянуто принципи роботи, технічні характеристики та особливості застосування цифрових і аналогових сенсорів.

У першому розділі виконано огляд і класифікацію сенсорних модулів. Проаналізовано сучасні тенденції в розвитку сенсорних технологій та принципи класифікації за фізичними величинами.

У другому розділі було розглянуто цифрові сенсори серії KY, їхню будову, принцип дії, електричні параметри та типові схеми підключення до мікроконтролера Arduino. Також було проаналізовано приклади зчитування цифрових сигналів у середовищі Arduino IDE.

У третьому розділі наведено особливості роботи аналогових сенсорів. Розглянуто технічні характеристики аналогових модулів, переваги використання ADC для обробки сигналів, схеми підключення та типові задачі, де аналогові сенсори мають перевагу.

У четвертому розділі описано прикладне використання сенсорів. Представлено розроблені приклади інтеграції сенсорів у практичні проєкти, що демонструють реальні сценарії застосування сенсорних модулів у системах моніторингу, автоматизації та навчальних демонстраціях.

У результаті виконання роботи було створено апаратно-програмний комплекс для роботи з сенсорами KY-серії, реалізовано приклади програмного коду, структурні та принципові електричні схеми, а також виконано аналіз ефективності застосування сенсорних модулів у мікроконтролерних системах.

Отже, всі задачі роботи виконані, а мета яка полягала в результаті, що тепер можуть бути використані як навчальний матеріал для студентів технічних спеціальностей та як основа для створення інженерних проєктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Туна Д. М., Крупельницький Л. В. Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем // Матеріали всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» (15 листопада 2024 р . - 14 червня 2025 р., Вінниця) : — Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/24931>
2. Мікроконтролер [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мікроконтролер> (дата звернення 10.05.2025 р.).
3. Аналогові датчики [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://joiner.org.ua/informatsiini-tekhnologii/systemy-upravlinnia-na-osnovi-komp-iuternykh-tekhnologii/analohovi-datchyky.html> (дата звернення 11.05.2025 р.).
4. Азаров О. Д. Комп'ютерна електроніка, частина 2. Елементи цифрових схем / О. Д. Азаров, В. В. Байко, М. Р. Обертюх . – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 170 с.
5. Вальвано Д. В. Вбудовані системи: Вступ до ARM Cortex-M мікроконтролерів / Д. В. Вальвано. — 2012. — 656 с.
6. Азаров, О. Д. Комп'ютерна схемотехніка : навчальний підручник / [Азаров О. Д., Гарнага В. А., Клятченко Я. М., Тарасенко В. П.] – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 230
7. Датчик Холла [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Датчик_Холла (дата звернення 16.05.2025 р.).
8. Комп'ютерна електроніка. Лабораторний практикум. / О. Д. Азаров, В. В. Байко, Л. В. Крупельницький // Навчальний посібник. – Вінниця; ВДТУ, 2001. – 111 с.
9. Монк С. Програмування Arduino: Початок роботи зі скетчами / С. Монк. — 2011. — 192 с.

10. Arduino UNO - популярна плата розробки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/directory/kits-nabory/arduino-uno.html> (дата звернення 21.05.2025 р.).
11. ATmega328 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328> (дата звернення 21.05.2025 р.).
12. AVR microcontrollers [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/AVR_microcontrollers (дата звернення 21.05.2025 р.).
13. Multi-level cell [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-level_cell (дата звернення 21.05.2025 р.).
14. EOM (техніка) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/EOM_\(техніка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/EOM_(техніка)) (дата звернення 21.05.2025 р.).
15. C++ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B> (дата звернення 21.05.2025 р.).
16. Downloads Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/software/> (дата звернення 21.05.2025 р.).
17. Arduino Library Manager [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/en/guide/libraries> (дата звернення 21.05.2025 р.).
18. Мова програмування Ардуіно С: просто про складне [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://cloud.itstep.org/blog/arduino-c-programming-language-simple-about-complex> (дата звернення 21.05.2025 р.).
19. Arduino Installation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://maker.pro/arduino/projects/arduino-installation> (дата звернення 21.05.2025 р.).
20. How to Code Arduino: A Complete Guide for Beginners [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://thinkrobotics.com/blogs/learn/how-to-code-arduino-a-complete-guide-for-beginners> (дата звернення 21.05.2025 р.).

ДОДАТОК А

Технічне завдання

Міністерство освіти та науки України

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н. проф., Азаров О.Д.

10.03.2025 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

«Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем»

08-54.БКР.016.00.000 ТЗ

Керівник роботи к.т.н. доц. каф. ОТ

_____ Крупельницький Л. В.

Студент групи 1КІ-216

_____ Туна Д. М.

1 Підстава для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)

1.1 Актуальність теми полягає в тому, що мікроконтролерні платформи відіграють важливу роль у багатьох сферах — від побутових рішень до складних систем автоматизації. Дослідження особливостей таких модулів є актуальним з огляду на їхнє прикладне застосування в освітніх, наукових та комерційних проєктах

1.2 Наказ ВНТУ №97 про затвердження теми БКР від 20.03.2025.

2 Мета БКР і призначення розробки

2.1 Мета роботи — створення умов для ефективного вивчення студентами основних типів сенсорних модулів для Arduino шляхом ознайомлення з принципами їхньої роботи, способами підключення та програмування.

2.2 Призначення розробки — навчання студентів основам мікроконтролерних систем

3 Вихідні дані для виконання БКР

- 3.1 Базові знання сенсорних модулів;
- 3.2 Принципи роботи та технічні характеристики сенсорів;
- 3.3 Методи підключення сенсорів до плати Arduino;
- 3.4 Середовище розробки програмного забезпечення;
- 3.5 Приклади програмного для сенсорів;
- 3.6 Застосування сенсорних модулів в автоматизації та побутовій електроніці.

4 Вимоги до виконання БКР

- 4.1 Провести аналіз сенсорних модулів для систем на базі Arduino та оцінити їх застосування
- 4.2 Розробити апаратну частину;

4.3 Розробити програмне забезпечення для збору, обробки та виведення даних із сенсорних модулів;

5 Етапи БКР та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати приведено в Таблиці

А.1. Таблиця А.1 — Етапи БКР

№ з/п	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Аналіз задачі	21.03.25	27.03.25	Огляд джерел, висновки із взаємодії викладачів та студентів
2	Огляд і класифікація сенсорних модулів	28.03.25	04.04.25	Розділ 1
3	Технічні характеристики та електричні параметри цифрових сенсорів, принцип їх роботи й способи підключення до Arduino	05.04.25	12.04.25	Розділ 2
4	Особливості роботи аналогових сенсорів: технічні характеристики, електричні параметри та схеми підключення до Arduino.	13.04.25	27.04.25	Розділ 3
5	Тестування сенсорних модулів у прикладних проектах	28.04.25	09.05.25	Розділ 4
6	Оформлення пояснювальної записки та презентації	10.05.24	13.05.24	ПЗ, графічний матеріал, презентація

6 Матеріали, що подаються до захисту БКР

До захисту подаються: пояснювальна записка БКР, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук рецензента, анотації до БКР українською та іноземною мовами.

7 Порядок контролю виконання та захисту БКР

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами.

Захист БКР відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8 Вимоги до оформлювання та порядок виконання БКР

8.1 При оформлюванні БКР використовуються:

— ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;

— ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;

— методичні вказівки до виконання бакалаврських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія»;

— документи на які посилаються у вище вказаних.

8.2 Порядок виконання БКР викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ-03.02.02- П.001.01:21.

ДОДАТОК Б

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень

Назва роботи: Сенсори фізичних величин для мікроконтролерних систем

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ _____ кафедра обчислювальної техніки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності StrikePlagiarism

Оригінальність	93.5%	Схожість	6.5%
----------------	-------	----------	------

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Захарченко С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою StrikePlagiarism щодо роботи.

Автор роботи _____ Туна Д.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

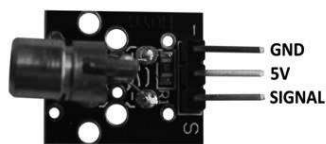
Керівник роботи _____ Крупельницький Л. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

ДОДАТОК В
Графічна частина

СЕНСОРИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ СИСТЕМ



Сенсор LM393 KY-026



Сенсор цифрового лазерного модуля KY-008



Сенсор оптичного інфрачервоного обходу перешкод KY-032



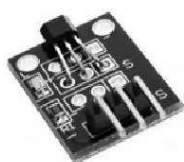
Сенсор оптичного інфрачервоного обходу перешкод KY-032



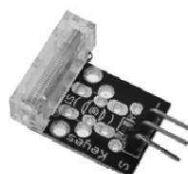
Сенсор 1-канального модуля реле 5V KY-019



Сенсор положення, контролер, енкодер KY-040



Сенсор Холла KY-003



Сенсор індукційний сенсор удару KY-031



Сенсор дотику KY-036

Рисунок В.1 — Протестовані цифрові сенсори серії KY

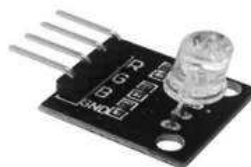
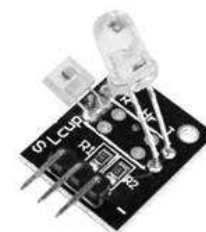
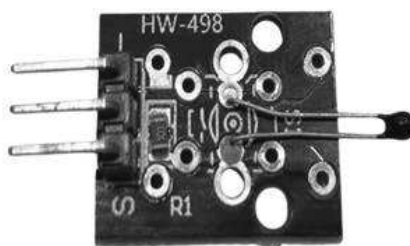


Рисунок В.2 — Протестовані аналогові сенсори серії KY

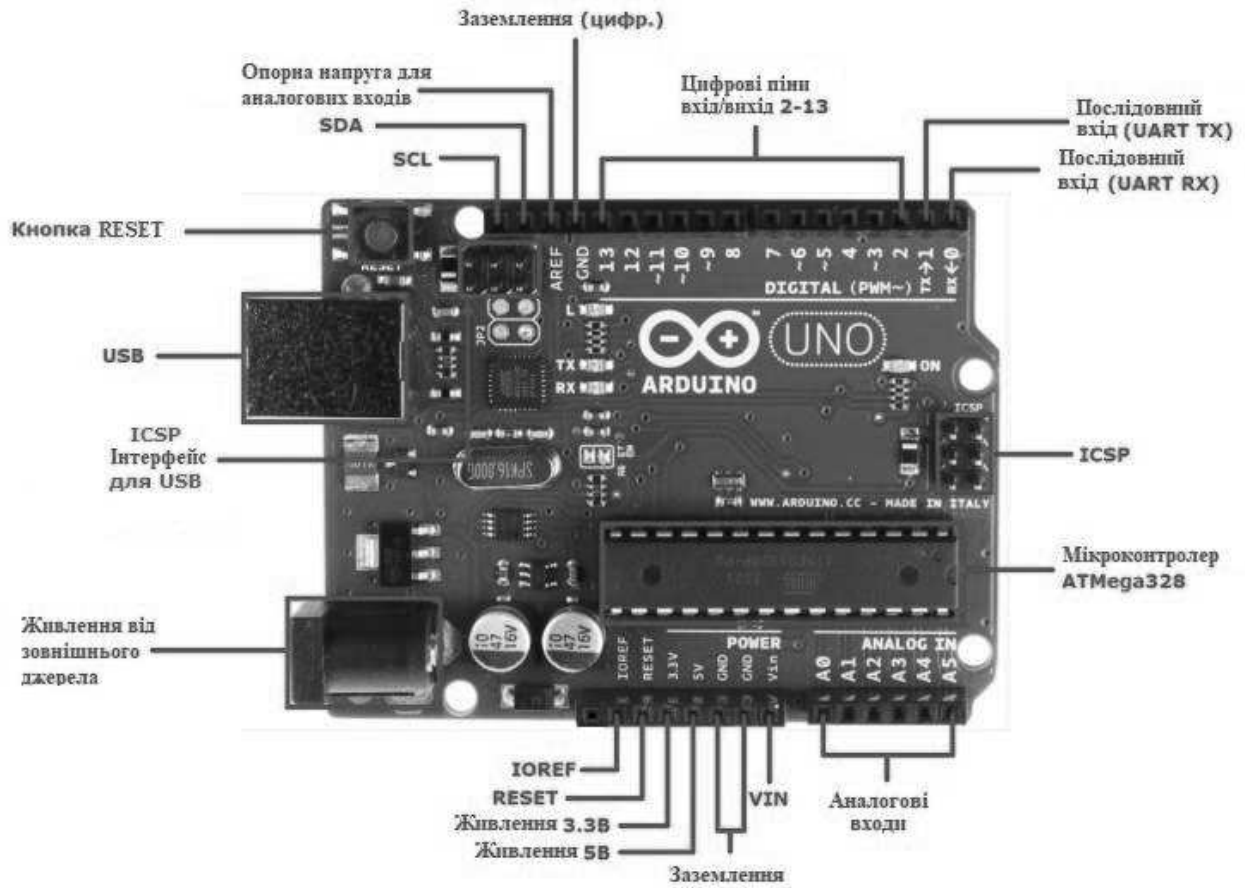


Рисунок В.3 — Опис Arduino UNO

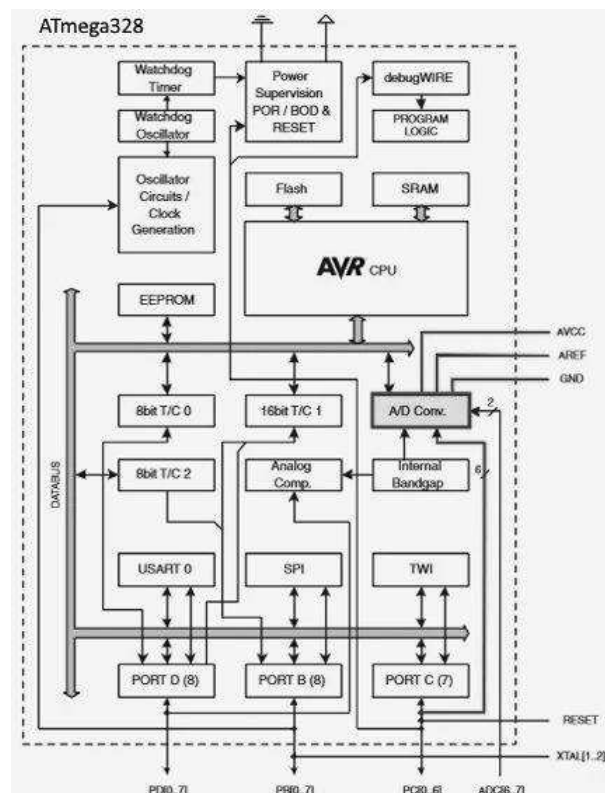


Рисунок В.4 — Функціональна блок схема мікроконтролера ATmega328