

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки,  
загальної та прикладної фізики

Звіт з науково-дослідної практики

**ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДАТЧИКАМИ ВОЛОГОСТІ**  
спеціальності 171 Електроніка

Здобувач вищої освіти гр. ЕП.м-01н

М.В. Цись

Науковий керівник

к.ф.-м.н., доцент

Н.І. Шумакова

Завідувач кафедри ЕЗПФ

д-р фіз.-мат. наук, професор

І.Ю. Проценко

Суми – 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики  
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-наукова програма  
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕЗПФ



І.Ю. Проценко

«02» травня 2022 року

## **ЗАВДАННЯ**

### **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

**Цися Максима Вікторовича**

Тема роботи **Електронні системи керування датчиками вологості**

затверджена наказом по університету від «18» квітня 2022 р., № 0270-VI \_\_\_\_\_

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 17 травня 2022 року \_\_\_\_\_

### **3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета)**

Сучасний розвиток електроніки висуває нові вимоги до приладів та компонентів, що працюють у звичайних і особливо, в екстремальних умовах. Сучасні датчики вологості точно вимірюють відносну вологість і призначені для використання в різних областях. Мета магістерської роботи полягал у вивченні конструкції та принципу дії датчиків вологості та їх застосування у побуді. Необхідно було створити програмне забезпечення для збору та обробки інформації. Для програмування було обрано офіційне програмне забезпечення ArduinoIDE.

### **4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить їх розробити)**

1. Загальна класифікація датчиків вологості (огляд літературних даних).
2. Особливості будови та принцип дії датчиків вологості.
3. Складання системи контролю вологості середовища та написання програмного забезпечення.
4. Тестування створеної системи.
5. Висновки.

### **5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

Слайди № 1-2 – Актуальність і мета роботи.

Слайди № 3-5 – Класифікація датчиків та принципи роботи .

Слайди № 6-7 – Конструктивно-технологічні особливості

Слайди № 8-9 Методика та техніка експерименту Результати вимірювання.

Слайд № 10 – Висновки.

### **6. Дата видачі завдання 02.05.2022 р.**

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних даних	до 02.05.2022 р.	<i>вик.</i>
2.	Проведення експерименту, моделювання, розрахунків, обробка результатів	до 12.05.2022 р.	<i>вик.</i>
4.	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи.	до 17.05.2022 р.	<i>вик.</i>
5.	Попередній захист роботи	24.05.2022 р., онлайн	<i>вик.</i>
6.	Захист роботи в екзаменаційній комісії	26.05.2022 р., онлайн	<i>вик.</i>

Здобувач вищої освіти

Цись М.В.

Науковий керівник



Шумакова Н.І.

## РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягала в розробці електронної системи курування датчиками вологості на базі Arduino.

Під час виконання роботи були використані методи проектування електронних систем керування датчиками вологості та методи оптимізації плати Arduino UNO.

У результаті проведених наукових досліджень (вимірювань, моделювання або розрахунків) був розроблений датчик для вимірювання вологості ґрунту за допомогою плати Arduino UNO на популярному програмному забезпеченні Arduino IDE.

Робота викладена на 32 сторінках, зокрема, містить 16 рисунків, 0 таблиць, список використаних джерел із 26 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ, ARDUINO UNO, ГІГРОМЕТР, МОДУЛЬ КЕРУВАННЯ, ARDUINO ID

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1 ВИДИ ДАТЧИКІВ ВОЛОГОСТІ І ЇХ ПРИНЦИП РОБОТИ.</b> .....	8
1.1. Класифікація датчиків вологості, особливості різних конструкцій. ....	8
1.1.1. Ємнісний датчик вологості.....	8
1.1.2. Оптичний (конденсаційний) датчик вологості. ....	10
1.1.3. Резистивний датчик вологості.....	10
1.1.4. Електронний датчик вологості.....	12
1.1.5. Термісторний датчик вологості. ....	13
1.2. Вибір датчика вологості. ....	14
<b>РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ДАТЧИКІВ ВОЛОГОСТІ.</b> .....	15
2.1. Датчик вологості повітря. ....	15
2.2. Датчик протікання (раннього виявлення затоплення). ....	16
2.3. Датчик дощу (погодний модуль). ....	18
2.4. Датчик вологості ґрунту.....	20
<b>РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДАТЧИКАМИ ВОЛОГОСТІ</b> .....	22
3.1 Аналіз плати ArduinoUNO .....	22
3.2 Складання системи контролю вологості ґрунту та написання програмного забезпечення .....	22
3.3 Код програмного забезпечення .....	31
<b>ВИСНОВОК</b> .....	32
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	33

## ВСТУП

Вода входить до складу навколишнього повітря і є необхідним компонентом для всіх живих істот: людей та тварин. Комфортність навколишніх умов визначається, зазвичай, двома чинниками: відносною вологістю і температурою. Самопочуття та працездатність людини значно залежить від рівня вологості. Як правило, всі характеристики приладів визначаються при відносній вологості 50% і температурі 20-25°C. Рекомендується підтримувати такі ж умови і в робочих приміщеннях (винятки: у виробничих кімнатах класу А вологість має бути 38%, а в лікарняних операційних - 60%, та т.п.) [1].

Сучасний розвиток електроніки висуває нові вимоги до приладів та компонентів, що працюють у звичайних і особливо, в екстремальних умовах. Сучасні датчики вологості точно вимірюють відносну вологість і призначені для використання в різних областях. Вимоги галузі варіюються від економічно ефективних рішень та простої інтеграції до надійного контролю складних промислових процесів та вимогливих технологій кондиціонування.

Високоякісні датчики вологості, модулі, зонди та передавачі добре перевірені в більшості промислових застосувань протягом декількох десятиліть. Для багатьох виробничих процесів дуже важливо підтримувати необхідний мікроклімат, зокрема, певний зміст парів води в повітрі або газі. Для виробничих процесів (наприклад, для визначення характеристик деревини), використовуються такі прилади, як гігрометр і гігростат. Перші вимірюють вміст водяної пари, другі підтримують їх необхідний рівень [2].

Підтримка мікроклімату на заданому рівні важливо не тільки для деяких виробничих процесів, а й для комфортного проживання людей. За допомогою датчика вологості можна регулювати сухість повітря в приміщенні, вимірювати насичення ґрунту водою і т. п. [3].

## **РОЗДІЛ 1 ВИДИ ДАТЧИКІВ ВОЛОГОСТІ І ЇХ ПРИНЦИП РОБОТИ.**

### **1.1. Класифікація датчиків вологості, особливості різних конструкцій.**

Гарне самопочуття людини залежить від температури, сили вітру, сонячного випромінювання, вологості і співвідношення цих параметрів. Для оцінки рівня комфортності застосовують індекс «температура-вологість» (ІТВ). Прилад, яким вимірюють рівень вологості, називається гігрометром або просто датчиком вологості. Оптимальна для людини вологість 40-60%. При збільшенні цього числа в рази збільшується швидкість розмноження хвороботворних мікроорганізмів, з'являється грибок. У разі зниження рівня вологості будуть пересихати слизові, з'явиться закладеність носа, сльозотеча.

Існує п'ять найбільш популярних видів датчиків вологи в повітрі:

- ємнісні (Рисунок 1.1.1.);
- оптичні;
- резистивні (Рисунок 1.1.3.);
- електронні (Рисунок 1.1.4.);
- термісторні (Рисунок 1.1.5.).

Кожен з видів має свої недоліки й переваги. Вибрати собі датчик вологості повітря щоб установити його в конкретний пристрій який заснований на співвідношенні недоліків і достоїнств конкретної моделі. [4].

#### **1.1.1. Ємнісний датчик вологості.**

Найпростіший варіант такого вимірювального приладу являє собою повітряний конденсатор. Принцип роботи заснований на зміні діелектричних властивостей повітря, яка залежить від вмісту в ньому водяної пари. Коли змінюється кількість пару води в газі змінюються властивості газу також і



проникності діелектриків. При вимірюванні діелектричної проникності з аналізом даних дає уявлення, що повітря насичене парами води. Більш складна модифікація різниться тим, що повітря заміщується особливим діелектриком проміжки обкладинок конденсатора, який є чутливим до вологості в повітрі. Цей прилад може вимірювати не тільки зволоженість газів, а й невеликих твердих предметів. Точний і досконаліший приклад ємнісного датчика будується з двох гребінчатих електродів, поміщених на підкладку. Це замінює обкладання конденсатора.

Перевагами ємнісного датчику можна назвати: простота конструкції, низька в собівартість та надійність приладу. [5].



Рисунок 1.1.1. - Ємнісний датчик вологості. Адаптовано із  
Роботи [6].

Із недоліків:

- при вимірі низька точність, коли виміри наближаються до нижнього рівня ;
- чистота середовища впливає на данні (діелектрична проникність істотно залежить від дрібного пилу в газі);
- датчику потрібне електроживлення [5].

### **1.1.2. Оптичний (конденсаційний) датчик вологості.**

Точніший вид датчика вологості. Він використовується на виробництві де технологічні процеси дуже чутливі до водяних парів, та у лабораторних пристроях. Застосування цього датчика у побутових пристроях не має сенсу. За основу роботи оптичного датчика вологи взяли таке явище, як «точка роси». Коли досягається температура точки роси, рідка і газоподібна фази – в умовах термодинамічної рівноваги. Якщо встановити скло у газоподібному середовищі встановити скло, де температура точки роси вища в момент, а потім почати охолоджувати це скло, то при певних даних температури скла починає створюватися водяний конденсат, ця водяна пара буде переходити в іншу фазу, рідку. Ця температура і стане точкою роси. Наприклад, температура точки роси нерозривно пов'язана і залежить від таких характеристик як тиск і вологість навколишнього середовища.

У підсумку, якщо ми можемо виміряти тиск і температуру точки роси, буде дуже просто знайти вологість. Даний принцип є ґрунтом для функціонування оптичних датчиків вологи. Оптичний тип є одночасно датчиком вологості і температури.

Перевагою оптичних датчиків є те, що вони найточніші з існуючих. Але недоліком таких датчиків є висока вартість. Такий сенсор – не тільки найдорожчий, але і найточніший. Закупівля оптичних датчиків для побутової експлуатації межує з марнотратством [7].

### **1.1.3. Резистивний датчик вологості.**

Резистивні датчики прості по пристрою. Такий датчик вологості включає в себе два електрода, які нанесені на підкладку, а поверх на ці електроди нанесено шар матеріалу, котрий виділяється досить малим опором, втім, легко змінним залежно від вологи. Оксид алюмінію виступає відповідним матеріалом

в пристрої. Цей оксид відмінно поглинає із зовнішнього середовища воду, при цьому питомий опір його видно змінюється. В результаті загальний опір ланцюга вимірювання такого датчика перебуватиме в залежності від вологи. Так, про рівень вологи буде вказувати розмір протікаємого струму [4].

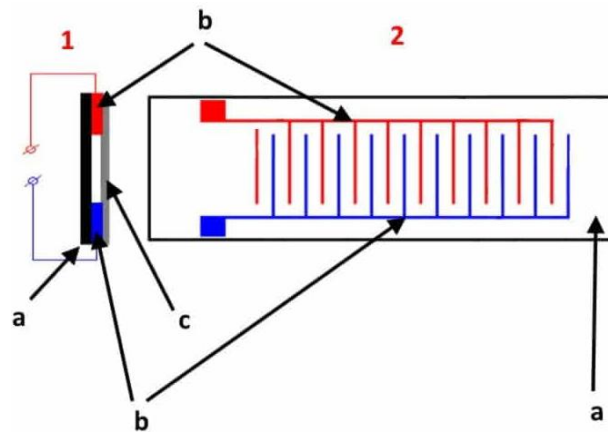


Рисунок 1.1.3. - Резистивний датчик вологості. 1- вид збоку; 2 - вид зверху. а - керамічна підкладка; б - напилені електроди; с - гігроскопічна покриття на основі оксиду алюмінію.

Перевага датчиків такого типу:

- невеликий розмір який дозволяє встановлювати його малих пристроях;
- малі розміри, що дозволяє його встановлювати в невеликих за розмірами пристроях. Електронні гігрометри при цьому, мають достатню точність вимірюванб для побутових пристроїв та надійність.
- це здатність вимірювати зволожене повітря незалежно від температури навколишнього середовища.

Недоліком таких датчиків є найнижча точність вимірювання [4].

#### 1.1.4. Електронний датчик вологості.

Принцип роботи електронного датчика вологості повітря реалізований на змінах напруги електроліту, який собою покриває будь який електроізоляційний матеріал. Ці прилади також бувають з автоматичним обігрівом та з прив'язкою «точки роси». Дуже часто значення «точка роси» вимірюється насиченим розчином хлориду літію, що вважається дуже чутливим до найменших коливань вологи Для більш зручнішого гігрометра, його нерідко обладнують термометром додатково [4].



Рисунок. 1.1.4 Електронний гігрометр. Адаптовано із роботи [8].

Даний пристрій обумовлений високою точністю і мінімальною похибкою. Він здатний міряти вологість незалежно від температури навколишнього середовища [4].

### 1.1.5. Термісторний датчик вологості.

Термісторний датчик вироблено з пари ідентичних термісторів. Термістор являється електронним нелінійним елементом, опір якого дуже змінюється при малих змінах температури. Один термістор датчику вбудований в герметичну камеру з сухим повітрям, а другий контактує з навколишнім середовищем. При попаданні пари вологи на другий термістор, частково проходить конденсація і випаровування. Також змінюється його температура та опір. Термістори об'єднують за мостовою схемою, на першу діагональ моста подається напруга, а з другої діагоналі отримують показання. У тому випадку, коли напруга на вихідних клеммах дорівнюватиме нулю, то і температури обох компонентів будуть однаковими, значить рівна і вологість. У випадку, коли значення напруги на виході стане не нульове, то це говорить про наявність різниці вологості у камерах. Так, при отриманому значенні напруги визначають вологість [9].

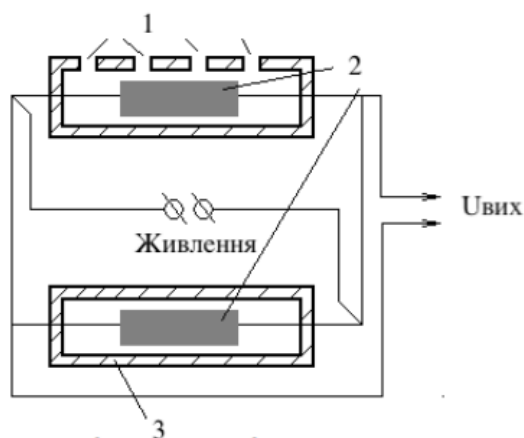


Рисунок 1.1.5. - Термісторний датчик вологості. 1 - Камера з отворами; 2 - Термістори; 3 - Герметична камера.

Перевага датчиків такого типу - бюджетність і доступність. Недоліки таких датчиків: наявність похибки, середня швидкість відгуку [9].

## **1.2. Вибір датчика вологості.**

При виборі датчика вологості повітря слід звертати увагу на ряд параметрів:

- взаємозамінність датчиків;
  - здатність до стабільних і точним показаннями протягом тривалого часу;
  - відновлення від конденсату;
  - На ринку представлено різноманітність моделей датчиків контролю вологості. Серед них можна виділити чотири основні типи пристроїв, що розрізняються за показниками, методам роботи і сфері застосування
  - корпус, розмір, вартість пристрою;
  - захищеність датчика до фізичних і хімічних забруднень;
- [10].

## РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ДАТЧИКІВ ВОЛОГОСТІ.

### 2.1. Датчик вологості повітря.

Майже у всіх сферах життя людини застосовуються датчики вологості. Навіть кілька таких пристроїв потрібні в побуті. Наприклад, для газону оранжереї, дитячої та ванної кімнати потрібні сенсори налаштовані до різних серед.

Найзатребуваніший тип датчика - це датчик вологості повітря (Рисунок 2.1.). Часто цей тип датчика суміщений з температурним сенсором. Цей вимірювальний пристрій, який контролює мікроклімат жилих приміщень. Це особливо актуально для дитячої та спальної кімнати. Рівень вологості 40-60% вважається для людини найкомфортнішим. При дуже сухому повітрі з'являється кашель та першіння пересихають покриви шкіри та страждають слизові оболонки носа і очей, але якщо клімат занадто вологий, він сприяє розвитку плісняви та грибків. Це погано впливає на картини, книги, меблі, а головне на здоров'я людини.

Рівень вологості залежить від опалювальних приладів, пори року, провітрювання приміщення і т.д. Датчик вологості допоможе відстежити ці зміни. Актуальними є датчики, суміщені зі зволожувачем повітря або з вентиляцією. Для вітальні або спальні найкраще підійде датчик зі зволожувачем. А для лазні, сауни або ванної кімнати підійде датчик з системою вентиляції

Сучасні датчики вологості призначені для безперервного перетворення відносної вологості неагресивного газу в два уніфіковані вихідні сигнали 4...20 мА та RS-485, а також комбінований вихідний сигнал (два канали 4...20 мА та RS-485 (Modbus RTU)). Існують різні варіанти конструктивного та

кліматичного виконання: від офісного до промислового, у т. ч. призначеного для роботи у важких умовах при високих температурах (до  $+120^{\circ}\text{C}$ ). Корпус сучасного датчика - ергономічний, зручність монтажу та експлуатування. Є також можливість заміни зонду з сенсором та/або фільтра зонду датчика. Такий датчик характеризується високою повторюваністю ( $\pm 0,1\% \text{RH}$ ,  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ), високою точністю вимірювання, високою стабільністю ( $0,25\% \text{RH}$  на рік,  $0,02^{\circ}\text{C}$  на рік), великим терміном служби [11].

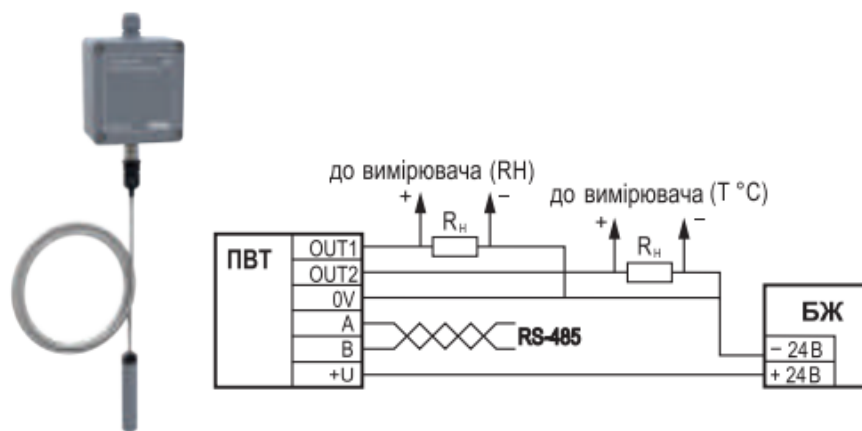


Рисунок 2.1. - Настінний датчик вологості з виносним зондом, та схема підключення датчику вологості та температури. Адаптовано із роботи [12].

## 2.2. Датчик протікання (раннього виявлення затоплення).

До датчиків вологості відносять також детектори виявлення затоплення. Волога розлита на підлозі буде виявлена цим приладом.

Такі прилади встановлюють за пральною машиною, бочком унітазу, ванною, під раковиною та в місцях розгалуження труб і т.д. Принцип роботи дуже простий – він не реагує у сухому стані, а як тільки волога потрапляє на



нього, він подає сигнал, замикаються полюси електродів і надсилається запит на припинення подачі води та оповіщення.

Датчик вологості (Рисунок 2.2.), з'єднаний з автоматичними вентилями, не тільки виявить розлив води, але і перекриє її подачу. Це дуже важлива система, якщо ви не маєте прямого доступу до квартири, коли надовго її залишаєте. До того ж покриття для сенсорів можуть контролювати літніх людей та дітей, які залишаються надовго без нагляду. Вони можуть затопити приміщення навіть через неуважність.

Частіш за все це невеликий датчик, який можна розмістити під трубами, в важкодоступному місці. Як правило, кілька приладів входить до комплекту або купується додатково – датчик, блок керування та запірні арматура. Важливі всі ці елементи, але саме датчик подає сигнал про можливий витік, сигналізуючи на блок керування, який закриває прорив та сигналізує про поломку. Існує два види підключення – бездротове та провідне. Сигнал подається як по радіоканалах, так і по дротах. Сенсор вчасно зреагує, з якого б боку не утворилася б теча. Однієї батареї вистачає на п'ять років роботи. Корпус датчика обов'язково водонепроникний. Його не потрібно розбирати, щоб налаштувати або змонтувати. Пристрій готовий до роботи з самого початку [13].

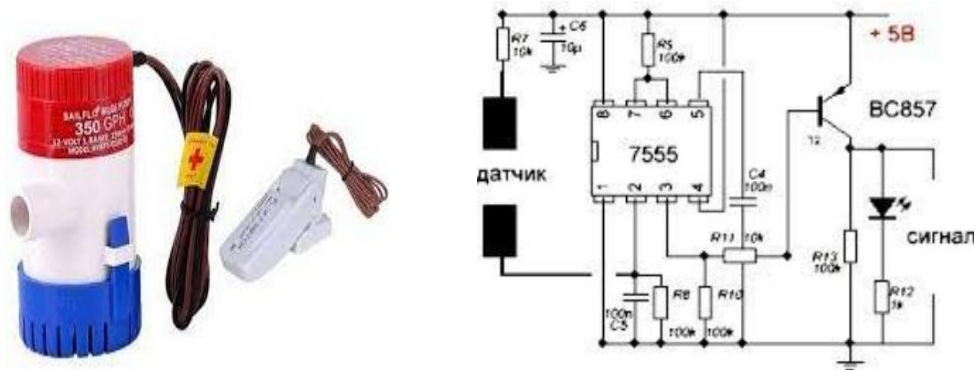


Рисунок 2.2. - Схема підключення датчику протікання.  
Адаптовано із роботи [14].

### 2.3. Датчик дощу (погодний модуль).

До датчиків вологості відносять також датчики дощу (Рисунок 2.3.). В більшості випадків він використовується в автомобілях (встановлюється на лобове скло, внутрішню поверхню, порч із дзеркалом заднього виду). Пристрій складається з фотодіода і світлодіода. Дуже простий принцип дії: світлодіод випромінює світло яке не видиме оку людини, яке частково відбивається від поверхні лобового скла та вертається на фотодіод, а фотодіод вже відзначає рівень зволоженості скла. У програмі пристрою є параметри заломлення світла для вологих і сухих поверхонь, завдяки їм пристрій визначає, коли потрібно включати «двірники».

Якщо сухе скло, то на приймач повертається багато світла. Якщо скло брудне або мокре – світла повертається мало і датчик посилає сигнал для очищення скла. Пристрій датчика дощу складається з блоку реле. Блок управління системою є зв'язком фотодіода та світлодіода. А блок реле відповідає за управління механізмів щіток та є виконавцем в цій системі. А

також блок реле захищає систему від перешкод та перепадів напруги. Він встановлюється там, де зручніше підвести живлення.

. Під час їзди водієві не потрібно переводити погляд від дороги для регулювання руху склоочисників, а це знижує ризик ДТП і робить їзду більш комфортною при несприятливих метеорологічних умовах [15].

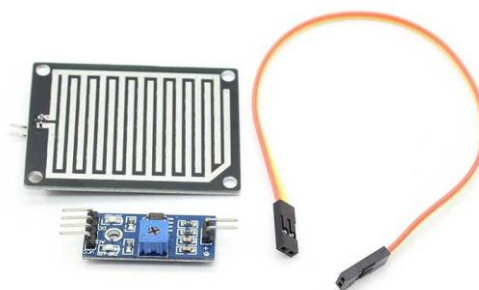


Рисунок 2.3. - Датчик дощу (погодний модуль). Адаптовано із роботи [16].

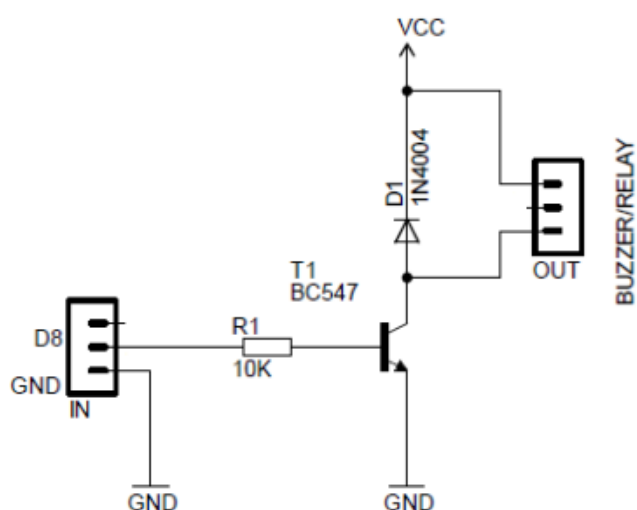


Рисунок 2.4. - Схема підключення датчику дощу. Адаптовано із роботи [17].

## 2.4. Датчик вологості ґрунту.

При конструюванні системи автоматичного поливу для присадибної ділянки або для невеликого садівничого підприємства важливим компонентом є пристрій контролю стану ґрунту і наявності опадів (Рисунок 2.5.). Адже зовсім нема чого зайвий раз включати насосну станцію, щоб та качала воду і зрошувала і без того вологий ґрунт. Більш того, було б непогано організувати більш гнучке регулювання інтенсивності включення поливу. Датчик вологості призначений для забезпечення контролю за рівнем вологості ґрунту і здійснення управління процесом поливу. Подібного роду компоненти значно спрощують процес зрошення, виключаючи необхідність виконання самостійно контролю за опадами, їх інтенсивністю і кількістю.

Такий датчик вологості схожий на зонд, а його кінець занурює в ґрунт. Електроди вимірюють рівень вологості землі. Таким чином пристрій зрозуміє чи потребує додаткового поливу грядка (горщик з розсадою, газон ...). Коли ґрунт сухий, між електродами збільшується опір, і датчик вмикає авто полив. Так само цей сенсор відключить оприскувачі, щоб від надмірної волого не загинули рослини [4].

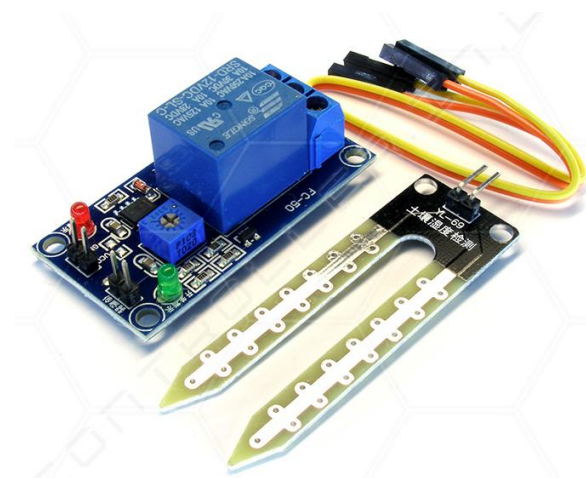


Рисунок 2.5. - Модуль вимірювання ґрунту або різних сипучих матеріалів. Адаптовано із роботи [18].

Місце установки вибирається, виходячи з важливості рослин. Тобто ті, яким найбільш часто потрібно водяна підживлення. Розміщується пристрій безпосередньо в зоні коренів і не далі 300 м від контролера. Для оптимальної роботи системи поливу настройка датчика повинна проводитися прямо на місці його установки. Управління гранично просте і не вимагає специфічних навичок для настроювання [4].

## РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДАТЧИКАМИ ВОЛОГОСТІ

### 3.1 Аналіз плати ArduinoUNO

Arduino uno - це стандартна плата Arduino і можливо найбільш поширена. Вона заснована на чіпі AtmelATmega 328, що має 32 КБ флеш-пам'яті, 2 КБ SRAM і 1 Кбайт EEPROM пам'яті. На периферії 14 дискретних (цифрових) каналів введення / виводу і 6 аналогових каналів введення / виводу, це дуже різнобічно-корисні девайси, що дозволяють перекривати більшість аматорських завдань в області мікроконтроллерній техніки. Чіп ATmega 16u2 керує послідовним зв'язком. Дана плата (рис. 3.1) контролера є однією з найдешевших і найбільш часто використовуваних [19].



Рисунок 3.1 Зовнішній вигляд плати ArduinoUNO Адаптовано із роботи [19]

### 3.2 Складання системи контролю вологості ґрунту та написання програмного забезпечення

- 1 Визначитися з найбільш підходящою платою

- 2 Вибрати датчик вологості
- 3 Встановити програмне забезпечення Arduino IDE
- 4 Підключення датчика вологості ґрунту до плати Arduino
- 5 Налаштування електричної схеми
- 6 Тестування конструктора.

Типовий датчик вологості ґрунту складається з двох компонентів. Датчик містить навантажувач зонд з двома відкритими провідниками, який занурюється в ґрунт або в будь-яке інше місце, де має вимірюватися вміст води. (рис. 3.2). Він діє як змінний резистор, опір якого змінюється в залежності від вологості ґрунту..



Рисунок 3.2 Зонд датчика вологості ґрунту Адаптовано із роботи [20]

Датчик також містить електронний модуль, який з'єднує датчик з Arduino. Відповідно за опором датчика модуль видає вихідну напругу, яке є на виведенні аналогового виходу (AO). Цей же сигнал подається на високоточний компаратор LM393 для його оцифровки, з виходу якого сигнал подається на висновок цифрового виходу (DO) (рис. 3.3) [21]. Для регулювання чутливості цифрового виходу (DO) модуль містить вбудований потенціометр.



Рисунок 3.3 Регулювання чутливості датчика вологості ґрунту  
Адаптовано із роботи [22]

Для регулювання чутливості цифрового виходу (DO) модуль містить вбудований потенціометр. За допомогою цього потенціометра можна встановити граничне значення; таким чином, коли рівень вологості перевищить граничне значення, модуль видасть низький логічний рівень, в інших випадках на цифровий вихід буде подаватися високий логічний рівень (рис. 3.4) [21]. Крім цього, модуль має два світлодіоди. Індикатор живлення загориться, коли на модуль буде подано напругу. Світлодіод стану займеться, коли на цифровий вихід буде подаватися низький логічний рівень.



Рисунок 3.4 Світлодіодні індикатори живлення і стану ґрунту Адаптовано із роботи [22]



Датчик вологості ґрунту дуже простий у використанні і містить тільки 4 виведення для зв'язку із зовнішнім світом (рис. 3.5) [21].

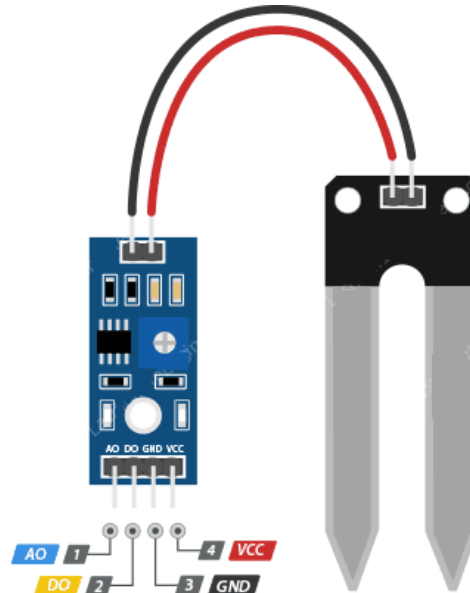


Рисунок 3.5 Терморегулятори датчика вологості ґрунту Адаптовано із роботи [23]

АО (аналоговий вихід) видає аналоговий сигнал з напругою в діапазоні між напругою живлення у 0 В і буде підключений до одного з аналогових входів плати Arduino.

Вивід DO (цифровий вихід) видає цифровий вихідний сигнал зі схеми вбудованого компаратора. Він може підключитися до будь-якого цифрового висновку на Arduino або безпосередньо до 5-вольтової реле чи подібного пристрою.

Вивід VCC подає живлення на датчик. Рекомендується живити датчик напругою від 3,3 до 5 В. Сигнал на аналоговому виході буде залежати від того, яка напруга живлення подається на датчик. GND для підключення землі.

### **Вимірювання вологості ґрунту за допомогою аналогового виходу.**

Модуль надає як аналоговий, так і цифровий вихідні сигнали, то для першого експерименту буду вимірювати вологість ґрунту, зчитуючи аналогові показники[23].

**Підключення.** Спочатку потрібно подати напругу на датчик. Для цього можна підключити вивід VCC на модулі до висновку 5V на Arduino. Однак однією з широко відомих проблем з цими датчиками є їх короткий термін служби при впливі вологого середовища. При постійній подачі живлення на зонд швидкість корозії значно збільшується. Щоб подолати цю проблему, можна не подавати напругу на датчик постійно.

Найпростіший спосіб зробити це - підключити вивід VCC до цифрового висновку Arduino і встановлювати на ньому високий або низький логічний рівень, коли це необхідно. Крім того, підсумкова потужність, споживана модулем (обидва світлодіода горять), становить близько 8 мА, тому можна жити модуль від цифрового виводу на Arduino.

Вивід VCC модуля буде підключений до цифрового висновку 7 Arduino, а висновок GND модуля до висновку GND Arduino. Вивід АО модуля буде підключений до висновку А0 аналого-цифрового перетворювача Arduino[23].

Схема з'єднань датчика вологості ґрунту до Arduino для зчитування показань на аналоговому виході показана на рисунку 3.6. Перед запуском і початком вимірювань датчик необхідно відкалібрувати відповідно до типу ґрунту.

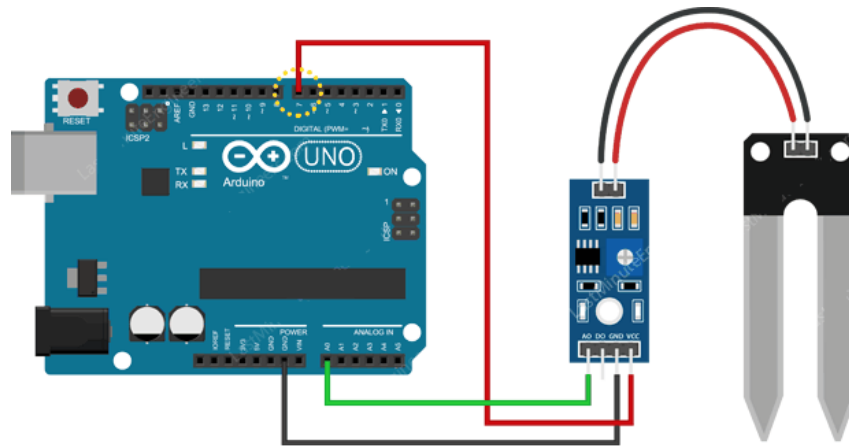


Рисунок 3.6 Підключення датчика вологості ґрунту до Arduino для зчитування показань на аналоговому виході Адаптовано із роботи [24]

**Калібрування.** Щоб отримати точні свідчення з датчика вологості ґрунту, спочатку треба відкалібрувати його для конкретного типу ґрунту. Різні типи ґрунту можуть по-різному впливати на показання датчика, тому мій датчик в залежності від типу ґрунту може бути більш-менш чутливим.

Перш ніж я почну зберігати дані або запускати події, я повинен побачити, які свідчення насправді отримаю від датчика.

Щоб відзначити, які значення виводить датчик, коли ґрунт максимально сухий, і коли він повністю насичений вологою, треба скористатися скетчем, наведеним нижче [25,26]. Коли цей скетч буде запущений, можна побачити схожі значення в моніторі послідовного порту:

- ~ 850, коли ґрунт сухий;
- ~ 400, коли ґрунт повністю насичений вологою.

Тестування системи контролю вологості ґрунту

Ґрунтуючись на значеннях калібрування, програма, наведена нижче, задає такі діапазони для визначення стану ґрунту:

- <500 - надто вологий;

- 500-750 - це цільовий діапазон;  
750 – досить суха для поливу

```

#define sensorPower 7
#define sensorPin A0

void setup()
{
  pinMode(sensorPower, OUTPUT);

  digitalWrite(sensorPower, LOW);

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Serial.print("Analog output: ");
  Serial.println(readSensor());

  delay(1000);
}

int readSensor()
{
  digitalWrite(sensorPower, HIGH);
  delay(10);
  int val = analogRead(sensorPin);
  digitalWrite(sensorPower, LOW);
  return val;
}

```

```

#define SENSORPOWER 7
#define SENSORPIN A0

void setup()
{
  pinMode(SENSORPOWER, OUTPUT);
  digitalWrite(SENSORPOWER, LOW);

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int moisture = readSensor();
  Serial.print("Analog Output: ");
  Serial.println(moisture);

  if(moisture < soilwet)
  {
    Serial.println("Status: Soil is too wet");
  }
  elseif(moisture >= soilwet && moisture < soildry)
  {
    Serial.println("Status: Soil moisture is perfect");
  }
  else
  {
    Serial.println("Status: Soil is too dry - time to water!");
  }

  delay(1000);

  Serial.println();
}

int readSensor()
{
  digitalWrite(SENSORPOWER, HIGH);
  delay(10);
  int val = analogRead(SENSORPIN);
  digitalWrite(SENSORPOWER, LOW);
  return val;
}

```

Вивід аналогових показань датчика вологості ґрунту в моніторі послідовного порту. Рисунок 3.7.

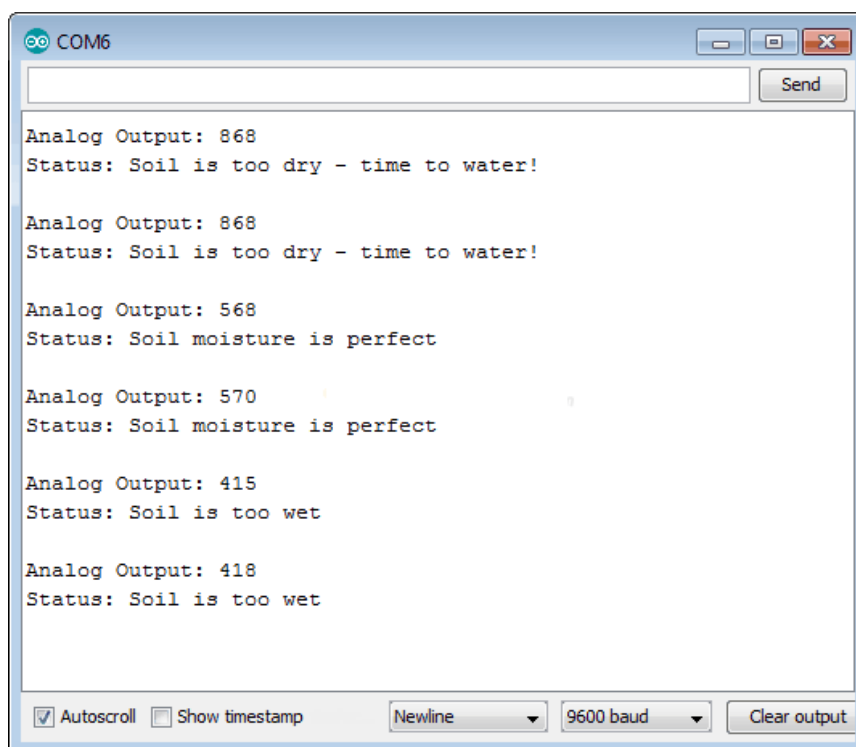


Рисунок 3.7 Вивід аналогових показань датчика вологості ґрунту

### 3.3 Код программного обеспечения

```

#define soilwet 500
#define soildry 750

#define sensorPower 7
#define sensorPin A0

void setup()
{
  pinMode(sensorPower, OUTPUT);

  digitalWrite(sensorPower, LOW);

  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  int moisture = readSensor();
  Serial.print("Analog Output: ");
  Serial.println(moisture);

  if(moisture < soilwet)
  {
    Serial.println("Status: Soil is too wet");
  }
  elseif(moisture >= soilwet && moisture < soilDry)
  {
    Serial.println("Status: Soil moisture is perfect");
  }
  else
  {
    Serial.println("Status: Soil is too dry - time to water!");
  }
  delay(1000);
  Serial.println();
}

int readSensor()
{
  digitalWrite(sensorPower, HIGH);
  delay(10);
  int val = analogRead(sensorPin);
  digitalWrite(sensorPower, LOW);
  return val;
}

```

## ВИСНОВОК

1 На основі аналізу літературних даних була проведена класифікація основних видів гігрометрів, а саме: ємнісні, резистивні, термисторні, оптичні, електронні.

2 Було також з'ясовано, які використовуються основні види систем контролю вологості ґрунту за принципом дії, точності вимірювання.

3 Для програмування було обрано офіційне програмне забезпечення ArduinoIDE, воно використовується для написання і завантаження програм на плату Arduino. Вихідний код для IDE випущений відповідно до GNU GeneralPublicLicense, версія 2. Дані фактори є основними для обрання саме цього програмного забезпечення, адже воно є більш гнучким та стабільним, що є дуже важливим фактором при розробці системи керування датчиками вологості.

4 Був розроблений автоматичний комплекс керування електричним датчиком вологості, який підключений до платформи Arduino.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довкілля [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D1%96%D0%BB%D0%BB%D1%8F)
2. E+E Elektronik [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [epluse.com.ua/products/humidity.html](http://epluse.com.ua/products/humidity.html)
3. Керування мікрокліматом [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC#4](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BC%D1%96%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BC#4).
4. Датчики вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://ua-referat.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA%D0%B8\\_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96](https://ua-referat.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA%D0%B8_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96)
5. Capacitive humidity sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.rotronic.com/en/humidity\\_measurement-feuchtemessung-mesure\\_de\\_l\\_humidite/capacitive-sensors-technical-notes-mr](https://www.rotronic.com/en/humidity_measurement-feuchtemessung-mesure_de_l_humidite/capacitive-sensors-technical-notes-mr)
6. Ємнісний датчик вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://electronica.in.ua/ua/p1530388141-emkostnoj-datchik-vlazhnosti.html>
7. Оптичний (конденсаційний) датчик вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/humidity-sensor>

8. Електронний гігрометр [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQPSnQMTZYkn6uwOw\\_Ieg\\_MaIVoPgTMOOn5g&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQPSnQMTZYkn6uwOw_Ieg_MaIVoPgTMOOn5g&usqp=CAU)
9. Термісторний датчик [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://sitemasters.com.ua/elektroobladnannja/datchiki-vologosti-i-temperaturi-dlja/>
10. Вибір датчика вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://blog.allo.ua/ua/yak-vibrati-datchik-vologosti-dlya-domu\\_2021-05-55/](https://blog.allo.ua/ua/yak-vibrati-datchik-vologosti-dlya-domu_2021-05-55/)
11. Датчик вологості повітря [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://sitemasters.com.ua/elektroobladnannja/datchiki-vologosti-i-temperaturi-dlja/>
12. Настінний датчик вологості [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://ds-electro.com.ua/p884405090-promyshlennyj-datchik-preobrazovatel.html>
13. Leak sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nytimes.com/wirecutter/reviews/the-best-smart-leak-detector/>
14. Датчик протікання [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://blox.com.ua/datchyk-protikannia-vody-svoimy-rukamy-3-skhemy-riznoi-skladnosti.html>
15. Rain sensor [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rain\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Rain_sensor)
16. Датчик дощу [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod562-datchik-dojdya-vlagi-snega>
17. Схема підключення датчику дощу [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://tigerdoor.ru/en/the-ceiling/principialnaya-shema-datchik-dozhdya-na-lobovom-stekle-ustanovka/>

18. Soil Moisture Sensor wit Arduino Uno [Електронний ресурс]. –

Режим доступу до ресурсу:

<https://create.arduino.cc/projecthub/biharilifehacker/soil-moisture-sensor-with-arduino-uno-2f118b>

19. Stuart Nicholas. Arduino Programming: A Comprehensive Beginner's Guide to Learn the Realms of Arduino from A-Z. Publication date February 28, 2020 — 182 p.

20. Зонд датчика вологості ґрунту [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

<https://radioprogram.ru/uploads/media/articles/0001/05/7df4eeb21d6152b12ee9751fa7f8a0f666645d67.jpeg>

21. Michael McRoberts. Beginning Arduino Publication date September 18, 2013. — 455 p.

22. Регулювання чутливості датчика вологості ґрунту [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

<https://radioprogram.ru/uploads/media/articles/0001/05/93366b702fabdbc716909bb196a890cdcdfa662a.jpeg>

23. Jody Culkin. Learn Electronics with Arduino: An Illustrated Beginner's Guide to Physical Computing Publication date September 12, 2017. — 372p.

24. Підключення датчика вологості ґрунту до Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:

<https://radioprogram.ru/uploads/media/articles/0001/05/0a435550d6cace6b5e169988681ca0402013b6b2.png>

25. Richard Blum. Arduino Programming in 24 Hours, Sams Teach Yourself (Sams Teach Yourself: In 24 Hours) 1st Edition Publication date August 21, 2014 — 432 p.

26. Simon Monk. Programming Arduino Next Steps: Going Further with Sketches, Second Edition 2nd Edition Publication date October 25, 2018 — 320 p.