

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Сєвєродонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки
Кафедра Електронних апаратів

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня магістр
спеціальності 171 – Електроніка

на тему Система дистанційного управління процесом поливу кімнатних
рослин

Виконав: студент групи ЕЛ-19дм

Засько І.В. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник Паєранд Ю.Е. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедри Паєранд Ю.Е. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
(м. Сєверодонецьк)

Факультет Інформаційних технологій та електроніки

Кафедра Електронних апаратів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Спеціальність 171 – Електроніка
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ю.Е. Паєранд

“ ____ ” _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Засько Ігор Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Система дистанційного управління процесом поливу кімнатних рослин

керівник проекту (роботи) Паєранд Юрій Едуардович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “07” вересня 2020 року № 127/15.14

2. Строк подання студентом роботи 15.01.2021

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

- 1) Аналітичний огляд.
- 2) Розробка структурної та електричної схем системи. Вибір елементів.
- 3) Розробка програмного забезпечення.
- 4) Макетна модель пристрою.
- 5) Моделювання роботи пристрою та демонстрація функцій системи.
- 6) Охорона праці.

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

6. Дата видачі завдання 02.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Актуальність теми і постановка задачі	02.09.20 - 09.09.20	
2	Аналітичний огляд	10.09.20 - 29.09.20	
3	Розробка структурної та електричної схем системи	30.09.20 - 15.10.20	
4	Вибір елементів схеми	16.10.20 - 31.10.20	
5	Розробка програмного забезпечення	01.11.20 - 15.11.20	
6	Виготовлення макетної моделі пристрою	16.11.20 - 30.11.20	
7	Моделювання роботи системи	01.12.20 - 06.12.20	
8	Розділ «Охорона праці»	07.12.20 - 15.12.20	
9	Узагальнення результатів. Висновки	16.12.20 - 19.12.20	
10	Оформлення пояснювальної записки	20.12.20 - 30.12.20	

Студент Засько І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) Паєранд Ю.Е.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	7
1.1 Аналіз методів забезпечення кімнатних рослин водою.....	7
1.2 Способи і технології реалізації системи автоматичного поливу рослин.....	12
1.3 Актуальність роботи і постановка задачі.....	21
2 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	24
2.1 Розробка апаратної частини.....	24
2.1.1 Розробка структурної схеми системи.....	24
2.1.2 Розробка електричної принципової схеми системи.....	25
2.1.3 Вибір елементів системи дистанційного управління процесом	27
2.1.4 Висновки за розділом.....	49
2.2 Розробка програмного забезпечення.....	50
2.2.1 Загальні відомості.....	50
2.2.2 Обґрунтування вибору програмних засобів для реалізації завдання.....	51
2.2.3 Розробка алгоритму роботи пристрою та програмного забезпечення мікроконтролера.....	52
2.2.4 Розробка програмного забезпечення "My_plants" в середовищі розробки App Invento.....	63
2.2.5 Висновок за розділом.....	71
3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ТА ДЕМОНСТРАЦІЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ.....	72
3.1 Макетна модель пристрою.....	72
3.2 Моделювання роботи пристрою та демонстрація функцій системи.....	75
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	82
4.1 Правові основи охорони праці.....	82
4.2 Класифікація причин та методів аналізу виробничого травматизму і профзахворювань	84
4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці.....	85

4.4 Розрахунок штучного освітлення у кімнаті з заданими параметрами методом світлового потоку.....	86
4.5 Розрахунок захисного заземлення.....	88
ВИСНОВКИ.....	92
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

ВСТУП

Найнадійніший і звичний спосіб зберегти рослини, коли господар у від'їзді, - знайти того, хто буде їх в цей час поливати. Але є й інші можливості уберегти рослини, поки господар у відпустці або відрядженні.

Головне, що потрібно рослинам під час вашої відсутності - вода.

Глобально виходів може бути два:

Зберегти вологу, яку отримала рослина з останнім поливом, як можна довше. Це хороший варіант для двотижневої відлучки. Він може з обмовками працювати навіть до трьох тижнів. Перевага у нього тільки одна: він практично не вимагає фінансових вкладень.

Придумати, як автоматизувати процес поливу рослин з мінімальним втручання людини. Існують різні системи поливу кімнатних рослин, в тому числі і автоматичні. Вони незамінні, якщо рослинам належить існувати самотійно протягом довгого часу.

При автоматичній системі поливу особливо радує мінімальна кількість витрачених зусиль. Доступний автоматичний полив може бути представлений дощуванням, краплинним внутрішньогрунтовим поливом.

Автоматичний полив забезпечує чітке дозування води окремо під кожен рослину. Система також характеризується безперебійною і своєчасною подачею води. Завдяки використанню автоматичного поливу вдається істотно знизити трудомісткість і витрати на воду.

Сьогодні поширені кілька систем автополиву:

- краплинний (простота, доступність і ефективність);
- внутрішньогрунтовий (підійде для особливо примхливих культур);
- дощування (для одночасного поливу всіх рослин зверху).

Якщо порівняти ці системи то можна вважати, що кращим з них буде автоматизований краплинний полив. Завдяки його функціонуванню вода надходить до коренів рослин. При цьому шланги знаходяться на поверхні землі або під нею. Ця система є більш популярною тому, що вона працює з невеликою кількістю води і при помірному тиску.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз методів забезпечення кімнатних рослин водою

Відомо, що від поливу залежить, як будуть почувати себе квіти і чи будуть вони здоровими. І якщо цього правила не дотримуватися, то квіти можуть просто загинути, адже втрата всього десяти відсотків рідини загрожує рослині загибеллю.

Визначити необхідний рівень води кожній конкретній домашній рослині можна за її станом, зовнішніми умовами, в яких вона виростає, а також за її певними особливостям. Варто звернути увагу на те, яку саме будову мають надземні органи рослини, і на потужність його кореневої системи.

Частий полив шкідливий:

- для рослин, що перебувають у стані спокою;
- рослинам, у яких мало листя;
- для рослин, листя яких повні соку і м'ясисті; рослинам з малою кореневою системою, що постраждала від шкідливих комах, хвороб або не правильного догляду;
- для рослин, що ростуть в непористих горщиках (з металу, пластмаси, тощо);
- для рослин, що знаходяться в кімнаті з прохолодним і вологим мікрокліматом; рослинам, в горщиках яких відсутні дренажні отвори; в літній сезон дощів.

Полив рослин можливо організувати різними способами:

- крапельний;
- поверхневий;
- дощування або обприскування;
- внутрішньогрунтовий;

Крапельний полив (крапельне зрошення) – метод поливання, коли вода безпосередньо попадає у прикореневу зону вирощуваних культур регульованими малими порціями за допомогою крапельниць-дозаторів. Цей метод забезпечує ідеальний полив будь яких рослин – у промислових і фермерських теплицях, у відкритому ґрунті, на великих полях і малих присадибних ділянках, а також в приміщеннях невеликої площі.



Рис. 1.1 – Приклад крапельного поливу

Принцип роботи крапельного поливу: вода передається з ємності через фільтр під силою тяжіння по основній трубі попадає у стрічки з крапельницями, які розкладені біля рослини. Таким чином полив ґрунту робиться невеликим порціями саме під кореневу систему. Однією із вагомих переваг є автоматизація процесу. Після збору конструкції крапельного поливу роль людини зводиться до включення і виключення води. Процесу «включення- виключення» можливо уникнути при установці програмованого автоматичного пристрою.

Автоматизацію крапельного поливу рослин, зокрема кімнатних, можна реалізувати в рамках єдиного поняття «розумний будинок». Сьогодні налічується безліч оригінальних, а часом і неординарних рішень,

спрямованих на максимально комфортний благоустрій житлового приміщення.

Поверхневий полив - найпоширеніший спосіб поливу, суть якого розподілити воду по поверхні ґрунту. Вода поступово поглинається, рівномірно зволожуючи ділянку.

Вода не потрапляє на вегетативні частини рослин, завдяки цьому на листках не утворюються опіки, не поширюються грибкові та бактеріальні інфекції.



Рис. 1.2 – Приклад поверхневого поливу

Поверхневий метод поливу можна розділити на 4 підвиди:

Спосіб перший - рослини рясно поливають, так щоб поверхня землі повністю просочилася водою. Якщо горщики глиняні, то кожен горщик бажано обернути мохом, який також достатньо зволожують. Можна так само помістити глиняний горщик в пластмасовий, більшого розміру, а простір між стінками горщика засипати змоченим керамзитом. У пластмасових горщиках ґрунт згори прикривається вологим мохом або керамзитом. Політі рослини ставляться на піддони або в широкі тази з водою, без блюдечок, так, щоб нижня частина горщика опинилася у воді. Рослини, які категорично не переносять коли "ноги у воді", - залишають на блюдечках, а воду, що стекла

після поливу, зливають. Такий спосіб дієвий, якщо рослини залишаються без догляду на 7-10 днів і якщо рослин багато.

Спосіб другий - згодиться у разі, якщо рослин не багато, а також, якщо рослини дуже чутливі до зайвої вологості (як ґрунту, так і повітря). Рослину поливають, так щоб земляний покрив просочився водою. Береться пластикова пляшка з водою, і тонкою в'язальною спицею (чи навпаки товстою голкою, можна і шилом), нагрітою на вогні, в пробці проробляється отвір, потім такий же отвір треба зробити і на дні пляшки. Пляшка вкопується в горщик з рослиною шийкою вниз на глибину 2-3 см. Вода, витікаючи по краплях зволожує ґрунт. Тут є дуже важливий момент - треба заздалегідь потренуватися на пляшках в розмірах отворів. Адже може вийти так, що вода витікатиме занадто повільно, або навпаки занадто швидко. Краще всього за деякий час до від'їзду спробувати такий метод на горщику без рослини, заповненим сухою землею.

Спостерігаючи впродовж декількох днів як ґрунт наповнюється вологою, ви визначите для себе - підходить такий отвір в пляшці або доведеться його змінити. Коли ви зумієте оптимально "настроїти пляшку" - проблема поливу під час вашої відсутності буде розв'язана раз і назавжди. Тривалість такого поливу залежить від розміру пляшки.

Спосіб третій - з бинта або смужки тканини скручується гніт, один кінець якого кладеться на поверхню землі в горщику, а інший опускається в ємність з водою, яка повинна розташовуватися вище за горщик. Тут слід передбачити кількість гноту на певний розмір горщика. Так для горщика діаметром 10 см досить одного гніту, а на горщик діаметром 25-30 см знадобитися 3-4 гнотів для достатнього постачання водою. Такий спосіб дієвий, якщо рослини залишаються без догляду на 7-10 днів.

Спосіб четвертий - якщо господар від'їжджає не на 7-10 днів, а на 3-4 тижні, та ще не по одному разу в рік, то доцільно буде придбати звичайну систему автополиву. Зараз вони продаються у будь-якому великому місті і є ємністю з водою, набором тонких трубочок і програмним управлінням, що забезпечує подання води через певні проміжки часу, наприклад 2 рази в день.

Дощування або обприскування - спосіб поливу, при якому вода спеціальними пристроями розбризкується у вигляді дощу над поверхнею ґрунту і рослинами. Полив дощуванням відтворює природний спосіб зволоження ґрунту. Це один з найбільш ефективних прийомів зрошення рослин.



Рис. 1.3 – Приклад дощового поливу

При дощуванні збільшується вологість не тільки ґрунту, але і приземного шару повітря, знижується їх температура, змивається пил з рослин, що покращує дихання і фотосинтез. Волога більш рівномірно розподіляється по ґрунтовому профілю, що забезпечує кращу аерацію ґрунту.

При дощуванні допустиме менш ретельне поливання поверхні, не вимагається створення дрібної поливної мережі; менше поливної води йде вглиб.

Внутрішньогрунтовий спосіб - якщо рослини вирощуються в горщиках з хорошими дренажними отворами на дні, то вам підійде і цей спосіб. На стіл стелиться церата (щоб не зіпсувати меблі), на неї - широку смугу будь-якої щільної вовняної тканини (сукно, фетр, стара дитяча

ковдрочка, складений в декілька шарів ватин і тому подібне), заздалегідь змоченої у воді. На тканину ставляться горщики із вже политими рослинами (природно без блюдечок). Кінець тканини повинен звисати із столу і опускатися у велику ємність з водою, поставлену трохи нижче рівня столу з рослинами. Тканина знаходиться увесь час у вологому стані і рослини отримують воду через дренажні отвори горщика. Цей спосіб дієвий, якщо рослини залишаються без нагляду 10-20 днів.

1.2 Способи і технології реалізації системи автоматичного поливу рослин

Нині існують безліч приладів, пристроїв, елементів техніки, яка націлена на поліпшення життя людей будинку і на роботі. До таких приладів, зокрема відносяться системи автоматичного поливу рослин. Кімнатні рослини є майже в кожному будинку, а також в офісних будівлях. Вони використовуються як для прикраси приміщення, так і можуть прискорити час відновлення стану людини після роботи, зменшити стрес і так далі.

Проте, стан кімнатних рослин залежить від своєчасного поливу і догляду, який складно забезпечити сучасній людині за відсутності знань про вимоги догляду за конкретною рослиною, а також через необхідність проводити зовні дому багато часу. Для того, щоб забезпечити своєчасний полив рослин, необхідно орієнтуватися на безліч різних чинників, включаючи поточну пору року, характеристики вологості ґрунту, температури і вологості доквілля і так далі.

В ході виконання роботи був проведений огляд існуючих на ринку систем поливу рослин. Основні системи представлені нижче. Можна відзначити, що більшість систем не дозволяють забезпечувати полив з урахуванням поточної вологості ґрунту і функціонують по таймеру. Крім того, в таблиці 1 представлені ціни і магазин продажів систем поливу рослини.

Таблиця 1.1 Існуючі системи поливу рослин

Назва систем	Ціна	Функціональні характеристики	Магазин
Claber 8053 Oasis 4-Programs /20 Plants Garden Automatic Drip Watering System [1]	\$92.00	Таймер має 4 налаштування програми: 10, 20, 30 і 40 днів для поливу до 20 рослин; Відкривається двічі в день, щоб доставити 4 унції, 2 унції, 1,5 унцій або 1 унція води на крапельницю.	Amazon
Orbit 62061Z Single-Outlet Hose Watering Timer, 1, Green [2]	\$29.99	Великий РК (рідкокристалічний) дисплей, забезпечує найкращу читабельність в класі; просте програмування забезпечує гнучке управління тривалістю і частотою поливу; Затримка дощу і ручне поливання забезпечують максимальну економію води.	Amazon
Rachio 3 Smart Bundle: Includes Rachio 3rd Generation-16 Zone Smart Sprinkler Controller [3]	\$240.2	Економія води поливу 30-50%, автоматично адаптується до погоди. Постійно адаптується до місцевої погоди, зміні сезонів, автоматично оптимізуючи графік поливу.	Amazon
Система автополиву Plant! T GoGro 15 л. на 24 рослини [4]	21855 грн.	Економія води поливу, рослина самостійно бере потрібну кількість води. Майже не потребує втручання людини. Статична робота системи. Повністю механізований спосіб без залучення електроніки.	Prom.ua
Система автополиву RROHN 5869 [5]	1500 грн	Інтелектуальна система автополиву поливу крапельного зрошення з водяним насос та таймером. Є можливість дистанційного управління з телефону та пультом дистанційного керування. Є можливість налаштування програми для поливу рослин. Дистанційне	Aliexpress

		<p>управління системою за допомогою вбудованих програми зрошення рослин.</p> <p>Підійде для рослин які знаходяться на не великій ділянці або для настільних горщики і т.д.</p>	
--	--	--	--

Розглянемо кожну із систем окремо:

1. Система Claber 8053 Oasis 4-Programs /20 Plants Garden Automatic Drip Watering System



Рис. 1.4 – Система автоматичного поливу Claber 8053 Oasis 4-Programs

Дана система автоматичного поливу має такі особливості та набір елементів:

- таймер має 4 налаштування програми: 10, 20, 30 і 40 днів для поливу до 20 рослин;
- відкривається двічі на день, щоб доставити воду у 4 унції, 2 унції, 1,5 унції або 1 унцію води на крапельницю;
- набір включається: пластмасовий резервуар із поліпропілену на 6,6 літра, шланг із ПВХ на 33 фути, 20 крапельниць та 20 шипів;
- працює на гравітаційній подачі; потрібна одна батарея 9 В (не входить у комплект)

При детальному огляді даної системи було виявлені такі недоліки:

1. В даній системі відсутня помпа, тобто полив відбувається за рахунок сили тяжіння, а отже сам резервуар повинен знаходитися вище за рослину.
2. Дана система не передбачає індивідуальний полив кожної рослини.
3. Водопостачання до рослин проходить по одній трубці, тобто кожна з рослин отримує однакову порцію води, незалежно від ситуації, це є великим недоліком.
4. Система не спроможна відстежувати індивідуальні показники вологості ґрунту в кожному горщику.
5. Неможливість дистанційного управління.
6. Відсутність можливості дистанційного огляду функціонування системи.
7. Висока ціна даної системи.

Підведемо висновок по даній системі автоматичного поливу: дана система добре підійде для потреб невибагливих квітів, в той же час вона не підійде для квітів, які потребують ретельного догляду. Також неможливість дистанційного відстеження функціонування системи в цілому та даних про вологості ґрунту в кожному з горщиків, залишок води в резервуарі та в цілому інформації про роботу системи є вагомими недоліками, які потрібно удосконалити в системі для зручності користування.

2. Система Orbit 62061Z Single-Outlet Hose Watering Timer, 1

Дана система автоматичного поливу призначена для поливу великих територій тепличного типу та має такі особливості та набір елементів:

- Дана система призначена для економії води, а саме: самостійно перекидає воду;
- легкий у використанні набір: ергономічний циферблат легко перемикається між встановленим годинником, часом запуску, як довго, як часто, автоматично, та вимикається;
- великий цифровий дисплей: який легко читати, видно на відстані;

- затримка дощу: заощаджує воду, пропускаючи цикли поливу після дощу, не перериваючи встановлену програму, встановіть затримку на 1-3 дні;
- інтервальне програмування: є можливість налаштування таймера на полив кожні 6 годин, 12 годин або від одного разу на день до одного разу на 7 днів;
- економить воду в умовах посухи.



Рис. 1.5 - Система Orbit 62061Z Single-Outlet Hose Watering Timer, 1

Дана система має наступні недоліки:

- 1) неможливість відстеження актуальних даних роботи системи;
- 2) неможливість дистанційного перевірки системи;
- 3) відсутність даних вологості ґрунту;
- 4) відсутність можливості індивідуального поливу рослин, оскільки система призначена для загального поливу поверхності;
- 5) залежність поливу рослин від загального водопровіду;
- 6) необхідність періодичного заміни системи живлення, так як живлення від батарейок.

Підведемо висновок стосовно даної системи:

- дана система добре підходить для поливу великої площі, яка не вимагає особливої уваги зі сторони господаря, тобто ця система ідеально підійде для поливу газонів, садів та невеликих периметрів садівництва;

- дана система має дистанційне управління, завдяки якому полегшує керування та має можливість переналаштувати систему під потрібні завдання;

- в системі в якості системи живлення використовуються батарейки, які з часом потребують заміни.

3. Система Rachio 3 Smart Bundle: Includes Rachio 3rd Generation-16 Zone Smart Sprinkler Controller



Рис 1.6 - Система Rachio 3 Smart Bundle: Includes Rachio 3rd Generation-16 Zone Smart Sprinkler Controller

Дана система автоматичного поливу призначена для поливу великих територій та має такі особливості та набір елементів:

- у комплект входить інтелектуальний контролер спринклерів Rachio з голосовими управлінням (Alexa та Apple HomeKit, сумісні з Hyperlocal Weather Intelligence, зовнішній корпус Rachio Weatherproof (спеціально розроблений та повністю захищений від атмосферних впливів для зовнішнього використання для захисту контролера Rachio);

- рекомендовано уникати поливу під дощем. Ексклюзивний погодний інтелект автоматично пропускає непотрібний полив за допомогою таких функцій, як пропуск від дощу, пропуск вітру, промерзання, тощо;

- управління з будь-якого місця за допомогою простого у використанні додатка. За допомогою додатка є можливість відстежувати графіки та приблизні об'єми використання води.

Підведемо висновок стосовно даної системи, система підійде для поливу великої площі типу газонів, системою передбачено голосове управління, що є перевагою перед іншими пристроями. Але дана система не підійде для виконання наших потреб.

4. Система автополиву Plant! T GoGro 15 л. на 24 рослини

Дана система автоматичного поливу призначена для безперервної подачі води до горщиків та має такий набір елементів та особливості:

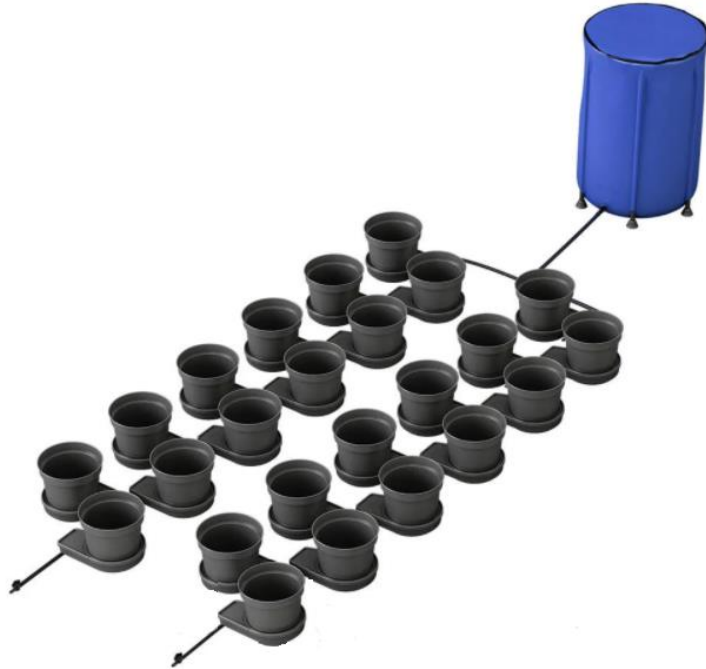


Рис. 1.7 - Система автополиву Plant! T GoGro 15 л. на 24 рослини

У комплект входить 24 горщика, бак на 15 літрів з можливістю встановлення до 500 літрів.

Система являється повністю механічною, виконавчий механізм влаштований таким чином: вода з бака подається до кожного з горщика. Конструкція горщика представляється в вигляді невеликої ємності для води, звідки корнева система бере необхідну собі вологу. При потраплянні води в ємність горщика заповнюється резервуар для води, при досягненні необхідного рівня води подача води завершується методом перекриття каналу подачі.

Ця система є повністю автоматизованою і майже не потребує контролю зі сторони, окрім заповнення центрального бака водою, але цю функцію теж можливо автоматизувати. В даній системі не передбачений індивідуальний полив, а також відсутня можливість відстеження актуальних даних стосовно вологості ґрунту.

5. Система автополиву RROHH 5869



Рис. 1.8 - Система автополиву RROHH 5869

Представлена система автоматичного поливу призначена для крапельного поливу рослин та має нижче вказаний набір елементів, функціонал та характеристики.

Робоча напруга: 5V-9V

Робочий струм: більше 1 А

Комплект: модуль управління, один водяний насос, 15 трійників, десятиметровий шланг, 15 крапельних стріл, 1 фільтр, 1 USB кабель.

Є можливість дистанційного управління та налаштування програми для поливу рослин.

Для того, щоб запустити пристрій, потрібно установили резервуар з водою, провести шланги до кожного горщика, підключитись по безпроводному Wi-Fi зв'язку до пристрою, налаштувати потрібну програму для поливу рослин, та запустити її в роботу в потрібний час.

Щодо даної системи можна зробити висновок, що система є автоматичною і може самостійно працювати без допомоги людини протягом довгого часу. Для того щоб збільшити час роботи пристрою без допомоги людини потрібно лише встановити резервуар води більшої ємності. В даній системі є такі наступні недоліки: відсутній моніторинг вологості ґрунту в режимі реального часу, при відключенні електроенергії насос починає перекачувати воду в системі без задання користувачем такого налаштування, що є недоліком системи.

Таким чином, більшість існуючих систем поливу рослин не дозволяють:

- забезпечувати полив залежно від вологості ґрунту, вологості і температури довкілля;
- взаємодіяти з системою через зручний, призначений для користувача інтерфейс, доступний на персональному комп'ютері або мобільному пристрої;
- проводити збір, аналізу і обробку даних вологості і температури для отримання оптимальних режимів поливу рослин;
- відображати або візуалізувати поточні показники системи (вологість, температура і так далі).

Спираючись на недоліки існуючих систем, актуальним є завдання розробки системи автоматичного поливу рослин з урахуванням поточної

вологості ґрунту, а також з можливістю "розумного" поливу (тобто вибору оптимального режиму поливу).

1.3 Актуальність роботи і постановка задачі

Функціональні характеристики ідеальної системи поливу рослин залежать від безлічі зовнішніх чинників, до яких можна віднести наступні:

- поточна вологість ґрунту;
- температура і вологості довкілля;
- освітленість рослини;
- особливостей самої рослини, які полягають в тому наскільки рослина потребує поливу і як часто.

Таким чином, для оптимального поливу рослини необхідно вичислити два параметри, залежних від вище перелічених чинників:

- об'єм води, яким необхідно забезпечити рослину;
- час, в який необхідно виконати полив рослини.

У простому випадку обчислення цих параметрів замінюється простим поливом рослини по таймеру, деяким середнім об'ємом води, проте часто такий полив не підходить рослині і не є ефективним. Огляд літератури [1-5], присвячених розробці систем поливу рослин показав, що центральною частиною таких систем є мікроконтролери і мікроконтролерні плати (МП), такі як:

- мікроконтролер Arduino Nano;
- мікроконтролер Arduino UNO;
- мікроконтролери Atmega16;
- спеціалізовані контролери для краплинного поливу ESP.

Аналіз літератури [6] показав, що МП Arduino Nano дозволяє використати широкий спектр відносно недорогих датчиків і пристроїв, а також задавати програмно складні алгоритми поливу, які потрібно при поливі рослини. Мікропроцесорна плата Arduino Nano побудована на базі

контролера "ATmega328" [6]. Додаткова інформація про контролер Arduino Nano представлена в розділі 2.1.

На даний час системи автоматизації швидко рухаються вперед, також вони не можуть обійти стороною і полив кімнатних рослин, оскільки даний процес зберігає людині час та є незамінним помічником людини в процесі догляду за кімнатними рослинами.

Системи автоматизації життєдіяльності забезпечують:

- зручність проживання;
- раціонально використовувати ресурси.

Тобто, такі системи допомагають оптимізувати витрати в сфері житлово-комунального господарства. На даний час існує багато варіантів для самостійного створення розумного будинку. Є можливість розпочати із створення систем для дистанційного керування освітленням, автоматичного поливу рослин, переходячи до більш складних систем керування з різним ступенем інтелекту і автоматизації.

На даний момент на ринку електроніки стосовно догляду за кімнатними рослинами дуже мала кількість пропозицій стосовно саме автоматичного поливу кімнатних рослин, тому дана розробка є актуальною.

Виходячи з аналізу предметної області проведеного вище, можна сформулювати мету цієї роботи таким чином.

Метою цієї роботи є розробка системи автоматичного регулювання поливу кімнатних рослин, що дозволяє забезпечувати своєчасний полив рослин відповідно до заданих параметрів, а також навчатися "правильному" поливу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Вивчити можливості мікроконтролерної плати Arduino Nano, отримати знання і навички програмування цієї плати з допомогою середовища Arduino IDE.

2. Вибрати необхідні для функціонування системи датчики і пристрої, вивчити їх можливості і отримати знання в області їх програмування за допомогою середовища Arduino IDE.

3. Створити і протестувати апаратну частину системи автоматизованого поливу рослин.

4. Розробити програмну частину системи автоматизованого поливу рослин.

5. Створити інтерфейс між мікроконтролерною платою Arduino Nano і пристроєм на операційній системі Android, реалізувати відображення поточних характеристик системи (вологість, температура, режим роботи і так далі).

6. Провести комплексне тестування системи автоматизованого поливу рослин і відпрацювати алгоритм зрошування і навчання на реальних кімнатних рослинах.

7. Виявити напрями подальшого розвитку системи.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Розробка апаратної частини

2.1.1 Розробка структурної схеми системи

В даній системі виконується розробка системи дистанційного управління процесом поливу кімнатних рослин, тому структурна схема такої системи повинна містити такі елементи (рис. 2.1):

- аналогові датчики вологості;
- мікроконтролер Atmega 328;
- транзистори IRF520;
- помпа;
- датчик рівня води T1592;
- Bluetooth модуль HC-08/



Рис. 2.1 - Структурна схема системи поливу

Для стабільної роботи системи потрібно подати 5В постійної напруги і 1А сили струму. Користувач, маючи в своєму розпорядженні пристрій на операційній системі (ОС) Android має можливість підключитися до системи

через бездротову мережу, за допомогою Bluetooth-модуля. Після підключення пристрою користувача до системи, необхідно налаштувати режими поливу для кожної квітки. Після завершення налаштувань користувачем дані відправляються по асинхронному прийомопередавачу UART на мікроконтролер Atmega 328. Як тільки передача даних по UART буде завершена, мікроконтролер ініціалізує прийняті дані і звертається до датчика рівня ємності води в резервуарі, для того, щоб перевірити чи є достатній рівень води в резервуарі для поливу і приймає рішення, на який з транзисторів подати логічний сигнал, якщо це необхідно. Далі система працює в нескінченному циклі, мікроконтролер збирає кожну секунду дані з датчиків рівня вологості ґрунту і приймає рішення про необхідність поливу, з допомогою подання логічного сигналу на транзистори. Якщо рівень вологості буде нижче позначки заданої користувачем, то транзистор відкривається і подає живлення на помпи, в іншому випадку транзистори чекають команди.

2.1.2 Розробка електричної принципової схеми системи

Схема електрична принципова показана на рис. 2.2.

Електрична принципова схема складається з блока управління та датчиків вологи, дані з датчиків вологи посилаються на аналогові порти мікроконтролера «A0, A1» та «A2, A3».

Мікросхема DD1 - є головною мікросхемою для обробки команд користувача. Для живлення мікросхеми підключимо її до піну "VIN" 5 Вольт і до піну "GND" загальний.

Мікросхема DD2 – Bluetooth є вузлом зв'язку та служить для передачі даних по бездротовому зв'язку. Для живлення підключимо мікросхему до піну "5V" 5 Вольт і до піну "GND" загальний.

Для обміну даних між мікросхемами DD1 і DD2 потрібно підключаємо піни "TX" і "RX" до пінів "RX" і "TX" відповідно.

До аналогових пінів "A0, A1" і "A2, A3" мікросхеми DD1 підключаються аналогові датчики вологості ґрунту і датчик рівня води до піну A4.

До цифрових пінів "D11" і "D12" мікросхеми DD1 підключимо бази транзисторів VT1 і VT2. На клемний блок X1 подаємо живлення 5 Вольт і загальний для живлення всієї схеми.

До клемним блокам X3, X5, X6, X7 - підключаються аналогові датчики вологості ґрунту. До піну "SIG" - подаємо аналоговий сигнал з датчика, VCC – живлення 5 Вольт, GND - загальний.

Входи клемних блоків X2 і X3 підключені до транзисторів, вихід - для підключення помпи.

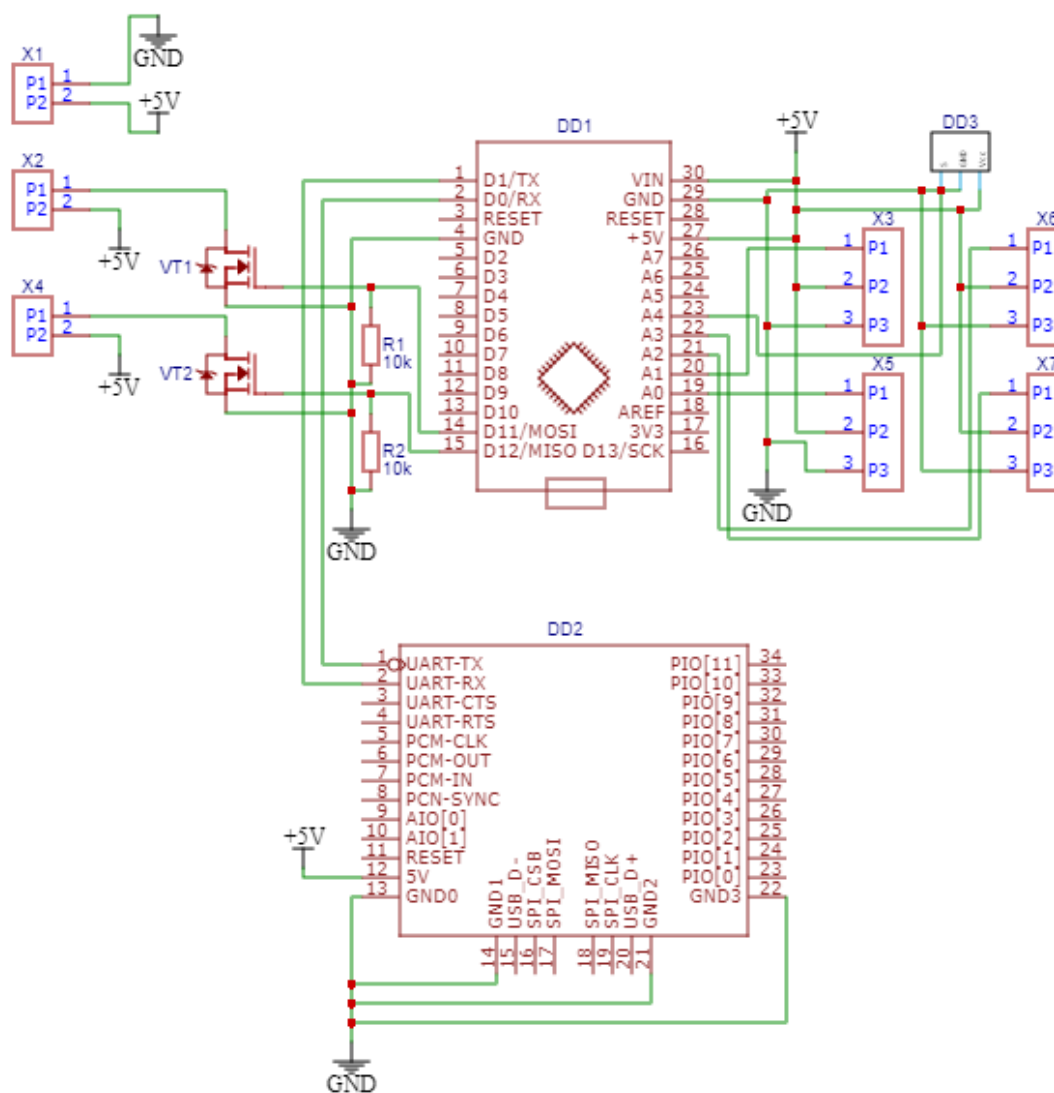


Рис. 2.2 - Схема електрична принципова

2.1.3 Вибір елементів системи дистанційного управління процесом поливу

Для розробки даного проекту були використані: аналогові датчики вологості [7], мікроконтролер Atmega 328[8], мікроконтролерна плата Arduino Nano[9], транзистори IRF520[10], помпа[11], датчик рівня води T1592[12], Bluetooth модуль HC-08[13], клемні блоки Degson DG350[14].

Датчики вологості ґрунту. Датчики вологості ґрунту обираються за необхідним функціоналом та набором можливостей датчика [16]. В особливих випадках обирають датчики з малою погрішністю, стійкістю до хімічних та фізичних забруднень датчика.

Додатковими факторами до розгляду можуть стати вартість заміни, калібрування, складність конструкції, надійність схеми обробки даних. Щоб розглянути всі пропозиції, які доступні на сучасному ринку електронних компонентів, необхідно розглянути основні типи датчиків вологості і загальні закономірності роботи кожного з них.

Ємнісні датчики відносної вологості (RH). Ємнісні датчики вологості широко використовуються в сучасному промисловому обладнанні, побутовій техніці і телеметричних системах збору метеорологічних даних.

Такі датчики конструктивно складаються з підкладки, на якій розташований тонкоплівковий полімерний або металооксидний між двома провідними електродами. Чутлива поверхня покрита пористим металевим електродом для захисту від забруднення і конденсату.

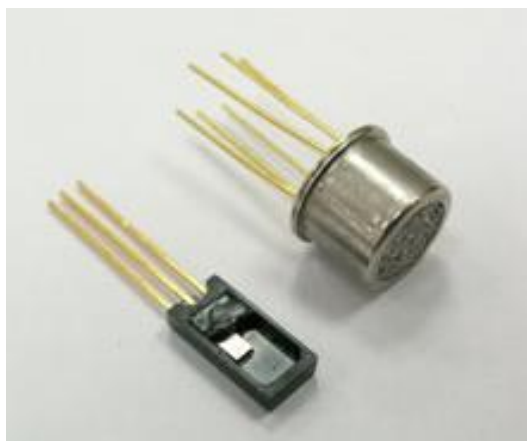


Рис. 2.3 - Ємнісні датчики відносної вологості ґрунту

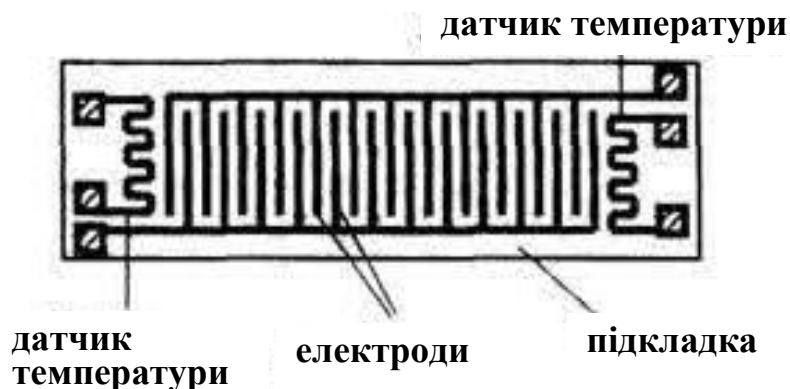


Рис. 2.4 - Структурна схема ємнісного датчика вологи

Резистивні датчики вологості. Резистивні датчики вологості фіксують зміни електричного опору гігроскопічного середовища (наприклад, провідного полімеру, солі або обробленої підкладки).

Резистивні датчики мають біфілярне намотування. Після покриття гігроскопічним полімером, їх опір виявляється обернено пропорційним вологості.



Рис. 2.5 - Резистивні датчики вологості

Зазвичай, резистивні датчики складаються з металевих електродів, накладених на підкладку за допомогою фоторезистора або намотаних на пластикових або скляний циліндр електродів.

Теплопровідні датчики абсолютної вологості. Такі датчики вимірюють абсолютну вологість шляхом визначення різниці між теплопровідністю сухого повітря і повітря, насиченого водяними парами.

Для вимірювання абсолютної вологості на високих температурах часто використовуються теплопровідні датчики. Їх робочий принцип сильно відрізняється від резистивних і ємнісних датчиків.

Якщо повітря або газ сухі, він має значні можливості поглинання тепла. Типовий приклад - клімат пустелі. Днем в пустелі дуже жарко, однак вночі температура різко падає завдяки сухому атмосферному клімату. І навпаки, вологий клімат не може так швидко охолоджуватися, оскільки тепло зберігається водяними парами в атмосфері.



Рис. 2.6 – Теплопровідні датчики абсолютної вологості

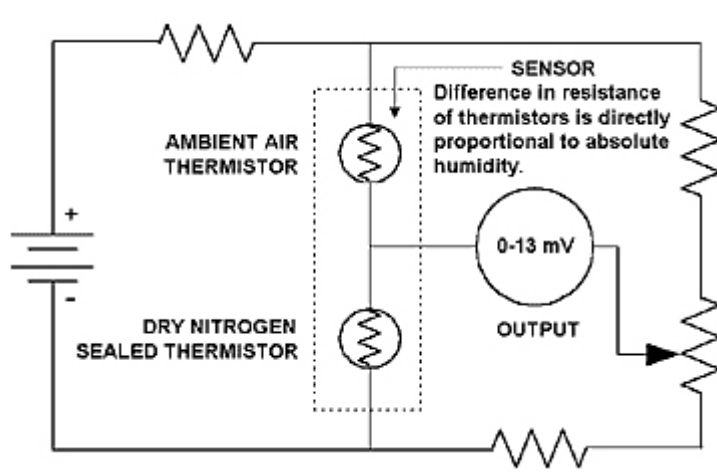


Рис. 2.7 – Електрична структура теплопровідного датчика

При аналізі технічного завдання роботи першочергово визначаємо необхідний нам функціонал датчика. Виходячи з технічного завдання потрібен датчик для точного вимірювання вологості ґрунту на обмеженій ділянці, який не буде використовуватися на великому периметрі площі. В даному випадку найбільш відповідним рішенням буде саме резистивний датчик вологості, оскільки він підходить по своїм параметрам та по своєму набору функцій.

Специфікації датчика вологості ґрунту FC-28:

- вхідна напруга: 3.3-5V;
- вихідна напруга: 0-4.2V;
- вхідний струм: 35mA;
- вихідний сигнал: аналоговий та цифровий .
- терморегулятори.

Датчик вологості ґрунту FC-28 має чотири контакти:

- VCC: живлення;
- A0: аналоговий вихід;
- D0: цифровий вихід;
- GND: земля.

Модуль також містить потенціометр, який встановить граничне значення. Це порогове значення буде порівнюватися на компараторі LM393. Світлодіод буде нам сигналізувати значення вище або нижче порогового.

З даних моделей найкращим варіантом буде саме резистивний датчик вологи ґрунту, представлений на (рис. 2.8). Тому що він має найнижчу ринкову вартість та задовольняє потреби в точності вимірювання. При необхідності має цифровий вихід, який можливо використовувати, не підключаючи схему до мікроконтролера. Має невеликі габарити, що важливо для використання системи в домашніх умовах, та ряд переваг в порівнянні з більш дорогими датчиками вологи, а також є легким в програмуванні.

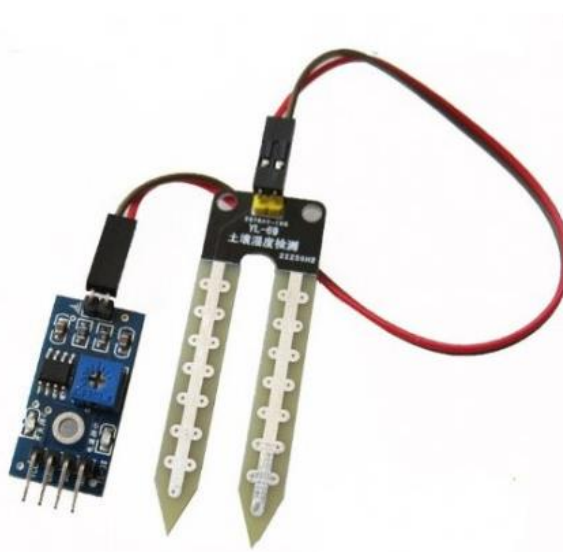


Рис. 2.8 – Аналоговий датчик вологи ґрунту

Мікроконтролер Atmega328

Оскільки даний процес не вимагає високої швидкості виконання команди, то буде доцільно використати мікроконтролер Atmega 328 (рис 2.9), який являється 8-розрядним високопродуктивним мікроконтролером CMOS із низькою потужністю. Може виконувати потужні інструкції за один тактовий цикл, пропускна здатність близька до 1 MIPS на МГц. Це дає можливість оптимізувати пристрій за потужністю споживання порівняно зі швидкістю обробки. Має такі характеристики:

- прогресивну RISC архітектуру;
- 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконується за один тактовий цикл;
- 32 8-розрядних робочих регістра загального призначення;
- Наближена до 20 MIPS пропускна здатність на 20 МГц продуктивності;
- вбудований 2-цикловий перемножувач;
- енергонезалежна пам'ять програм і даних
- 4/8/16/32 Кбайт внутрісистемної програмованої Flash пам'яті (In-System Self-Programmable Flash) - забезпечує 1000 циклів стирання / запису;
- додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними бітами блокування;
- забезпечений режим одночасного читання / запису (Read-While-Write);
- 512 байт EEPROM - забезпечує 100000 циклів стирання / запису;
- 1 Кбайт вбудованої SRAM;
- програмоване блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача;

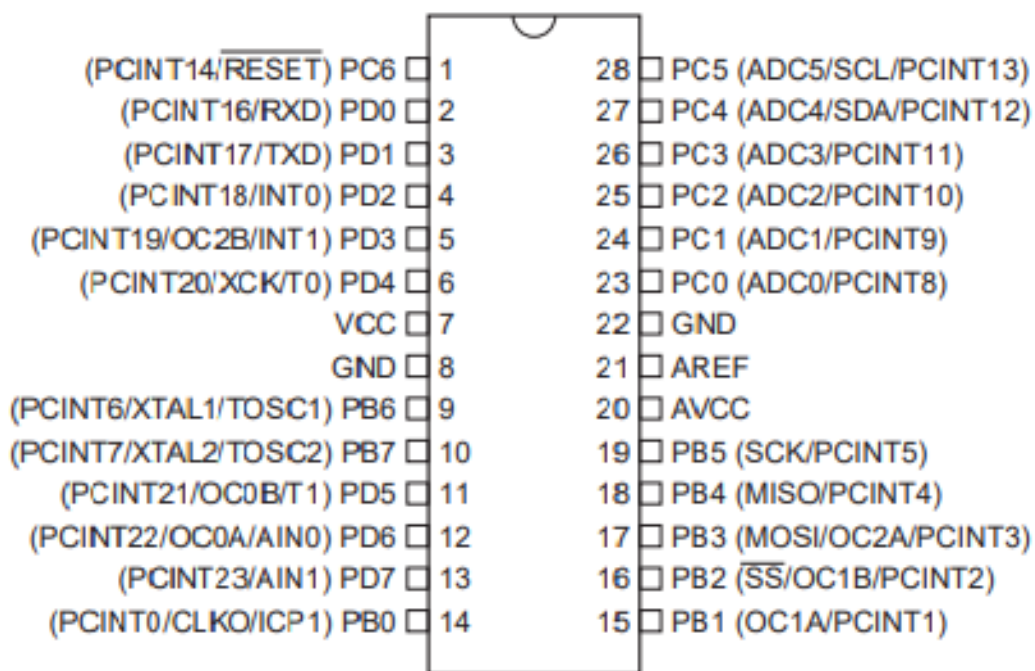


Рис 2.9 – Позначення пінів мікроконтролера Atmega 328

Вбудована периферія:

- два 8-розрядних таймера/лічильника з окремим попереднім дільником, один з режимом порівняння;
- один 16-розрядний таймер/лічильник з окремим попереднім дільником і режимами захоплення і порівняння;
- лічильник реального часу з окремим генератором;
- шість ШІМ-каналів;
- 8-канальний 10-розрядний АЦП в пакеті TQFP та QFN / MLF з вимірюванням температури;
- 6-канальний 10-бітний АЦП в пакеті PDIP з вимірювання температури;
- програмований послідовний порт USART;
- послідовний інтерфейс Master / Slave SPI;
- байтовий 2-провідний послідовний інтерфейс (сумісний з Philips I2 C);
- програмований таймер лічильник з окремим вбудованим осцилографом;
- вбудований аналоговий компаратор;
- переривання та пробудження при зміні контактів;

Спеціальні функції мікроконтролера:

- скидання по подачі живлення і програмований детектор короткочасного зниження напруги живлення;
- внутрішній калібрований генератор;
- зовнішні та внутрішні джерела переривань;
- шість режимів сну: режим очікування, зменшення шуму АЦП, економія енергії, вимкнення, режим очікування та розширений режим очікування
- 23 програмовані лінії введення-виведення;
- 28-контактний корпус PDIP, 32-контактний TQFP, 28-контактний QFN / MLF та 32-контактний QFN / MLF
- робоча напруга: - 1,8 - 5,5;
- робочий діапазон температур: - -40°C до 85 ° C;
- робоча частота : 0 - 20 МГц;

Мікроконтролер має розміри, які показані на рис. 2.10.

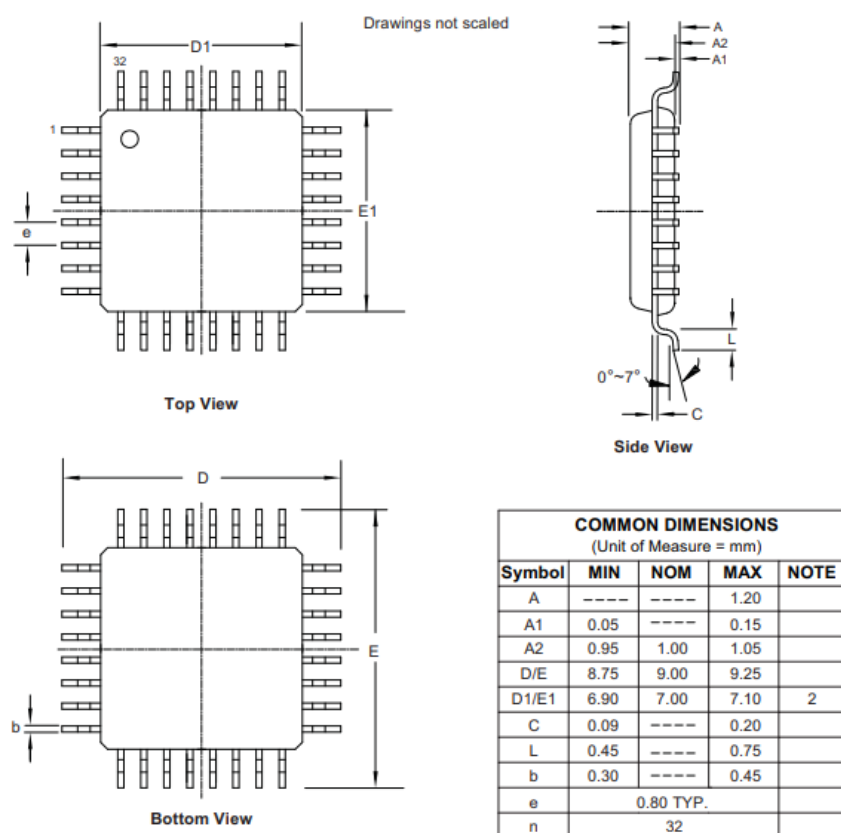


Рис. 2.10 – Розміри мікроконтролера Atmega 328

Вибір був зупинений на мікроконтролері Atmega 328, тому що він має наступні переваги:

- має достатній об'єм пам'яті SRAM, FLASH, EEPROM
- низьку ринкову вартість;
- легкість в програмуванні через плату Arduino;
- компактність;
- підтримку великої кількості датчиків;
- наявність цифрових та аналогових портів введення-виведення;
- наявність ШІМ-каналів;
- внутрішнє джерело тактування;
- наявність вбудованого осцилографа.

Мікроконтролерна плата Arduino Nano.

Оскільки розробляється система автоматичного поливу, то потрібно підібрати плату на якій буде розроблятися система автоматичного поливу. На ринку електроніки є такі плати: Arduino Uno, Arduino Nano, Arduino MEGA. Розглянемо їхні характеристики.

1. Arduino Uno:

Має такі характеристики:

- мікроконтролер - ATmega328P;
- ядро - 8-бітний AVR;
- тактова частота - 16 МГц;
- Flash-пам'ять - 32 КБ;
- RAM-пам'ять - 2 КБ;
- EEPROM-пам'ять: -1 КБ;
- піни введення-виведення: - 20;
- піни з перериванням - 2;
- піни з АЦП - 6;
- розрядність АЦП - 10 біт;

- піни з ШІМ - 6;
- розрядність ШІМ - 8 біт;
- апаратні інтерфейси - 1 × UART, 1 × I²C, 1 × SPI;
- напруга логічних рівнів - 5 В;
- вхідна напруга живлення:
 - через USB - 5 В;
 - через DC-роз'єм або пін Vin - 7,5-12 В;
- максимальний вихідний струм Піна 3V3 - 150 мА;
- максимальний вихідний струм Піна 5V - 1 А;
- розміри - 69 × 53 мм.

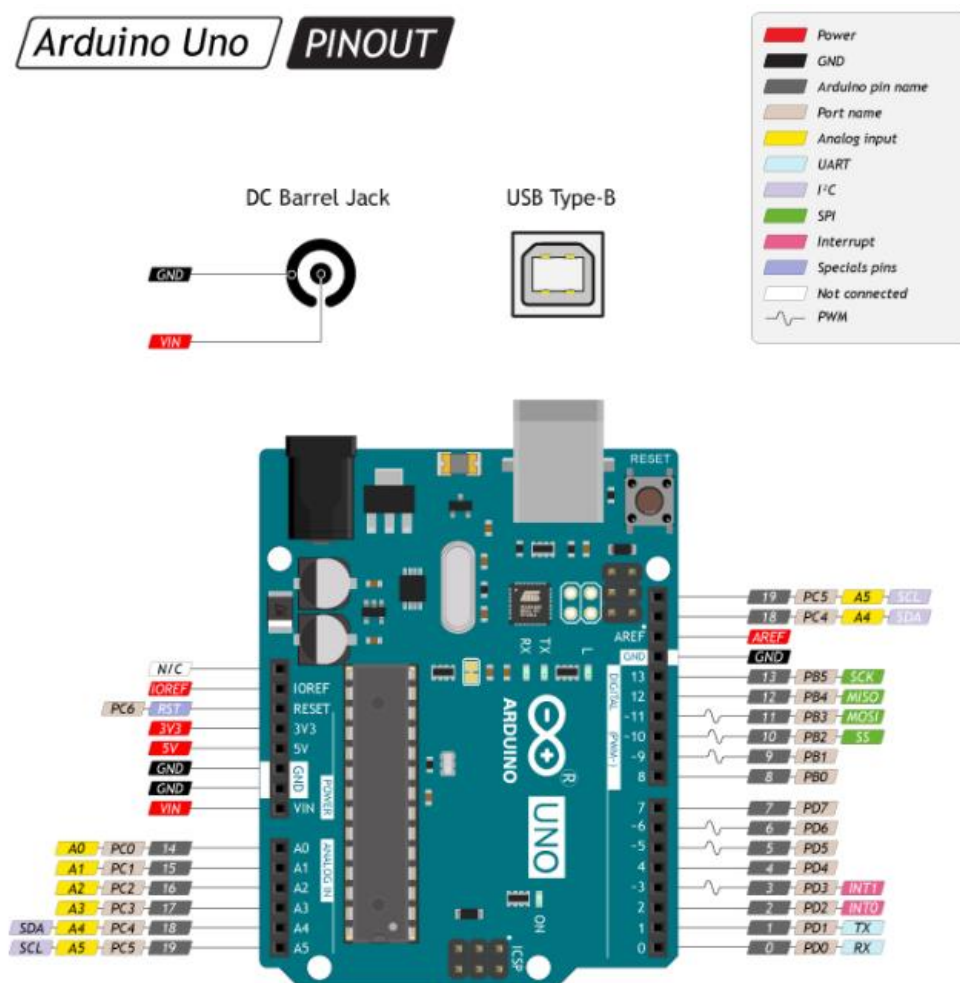


Рис. 2.11 – Мікроконтролерна плата Arduino Uno

2. **Arduino Nano** це зменшений аналог Arduino Uno, який відрізняється формфактором плати, яка в 2-2.5 рази менше, ніж Arduino Uno, у відсутності силового роз'єму постійного струму і роботі через кабель Mini-B USB і має наступні характеристики:

- мікроконтролер - ATmega328P;
- ядро - 8-бітний AVR;
- тактова частота - 16 МГц;
- Flash-пам'ять - 32 КБ (2 КБ займає завантажувач);
- SRAM-пам'ять - 2 КБ;
- EEPROM-пам'яті - 1 КБ;
- портів введення-виведення всього -: 20;
- портів з АЦП - 8;
- розрядність АЦП - 10 біт;
- портів з ШІМ - 6;
- розрядність ШІМ - 8 біт;
- апаратних інтерфейсів SPI - 1;
- апаратних інтерфейсів I²C / TWI - 1;
- апаратних інтерфейсів UART / Serial -: 1;
- номінальна робоча напруга - 5 В;
- максимальний вихідний струм Піна 5V - 800 мА;
- максимальний вихідний струм Піна 3V3 - 50 мА;
- максимальний струм з Піна або на пін - 40 мА;
- допустима вхідна напруга від зовнішнього джерела – 7 - 12 В;
- габарити - 18 × 45 мм.

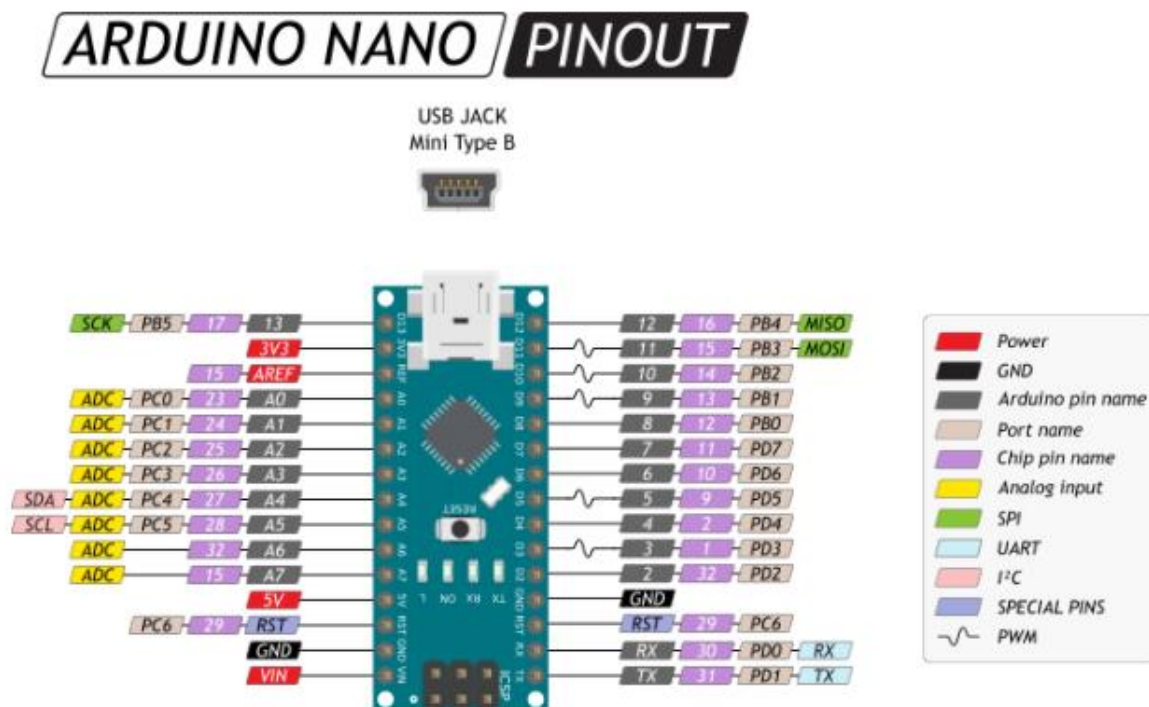


Рис. 2.12 - Мікроконтролерна плата Arduino Nano

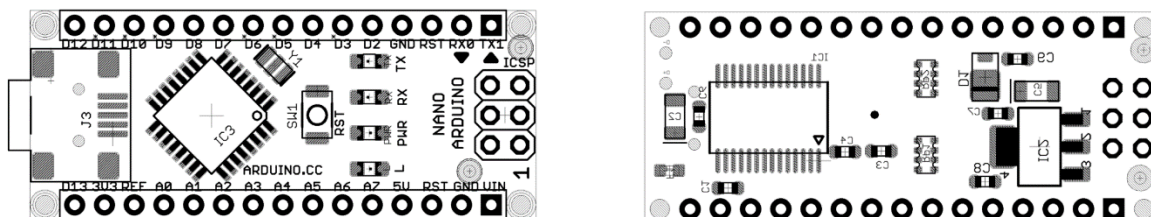


Рис. 2.13 – Монтажна схема Arduino Nano

3. Arduino LilyPad має наступні характеристики:

- мікроконтролер - ATmega328p/ ATmega168V;
- кількість цифрових входів/виходів - 20, з них PWM підтримують 6;
- кількість аналогових входів - 6;
- кількість контактів для апаратного переривання - 2;
- обсяг Flash-пам'яті - 32 кб;
- обсяг SRAM-пам'яті - 2 кб;
- обсяг EEPROM-пам'яті - 1 кб;
- тактова частота - 8 МГц;
- напруга живлення - 2,7-5,5 В;

- максимальний постійний струм через контакт вводу / виводу - 40 мА;
- діаметр - 50 мм;
- товщина друкованої плати - 0,8 мм.

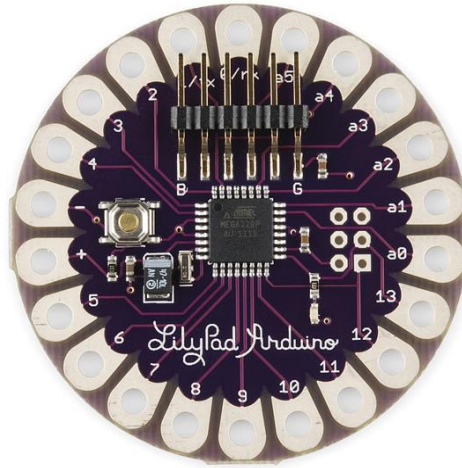


Рис. 2.14 - Мікроконтролерна плата Arduino LilyPad

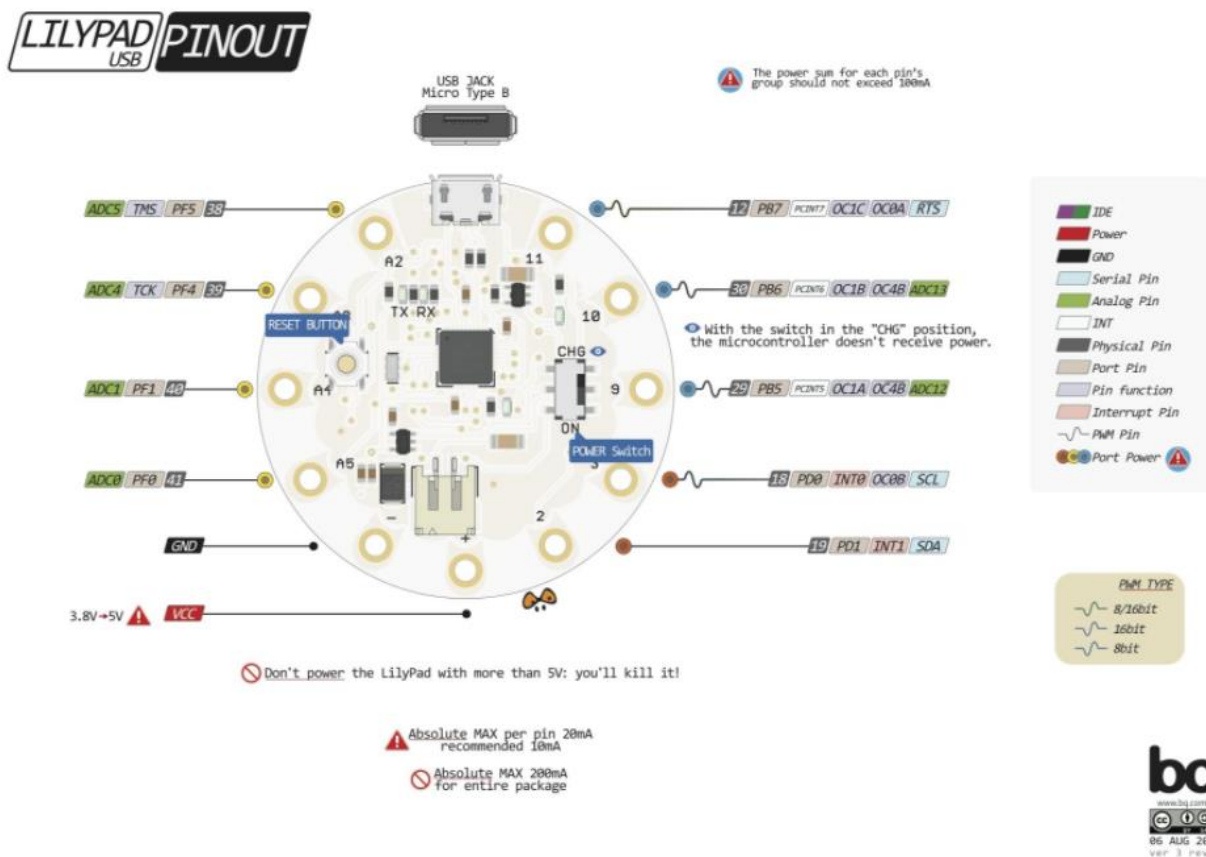


Рис. 2.15 – Розпіновка мікроконтролерної плати Arduino LilyPad

4. **Arduino Mega** призначена для створення проектів, в яких не вистачає можливостей звичайних Arduino Uno. У цьому пристрої максимальна з усіх плат сімейства Arduino кількість пінів і розширений набір інтерфейсів.

Плата мікроконтролера має наступні характеристики:

- мікроконтролер - ATmega2560;
- ядро - 8-бітний AVR;
- тактова частота - 16 МГц;
- обсяг Flash-пам'яті - 256 КБ (8 КБ займає завантажувач);
- обсяг SRAM-пам'яті - 32 КБ;
- обсяг EEPROM-пам'яті - 4 КБ;
- портів введення-виведення всього - 54;
- портів з АЦП - 16;
- розрядність АЦП - 10 біт;
- портів з ШІМ - 15;
- розрядність ШІМ - 8 біт;
- апаратних інтерфейсів SPI - 1;
- апаратних інтерфейсів I²C / TWI - 1;
- апаратних інтерфейсів UART / Serial - 4;
- номінальна робоча напруга - 5 В;
- максимальний вихідний струм Піна 5V - 800 мА;
- максимальний вихідний струм Піна 3V3 - 150 мА;
- максимальний струм з Піна або на пін - 40 мА;
- допустима вхідна напруга від зовнішнього джерела - 7-12 В;
- габарити - 101 × 53 мм.

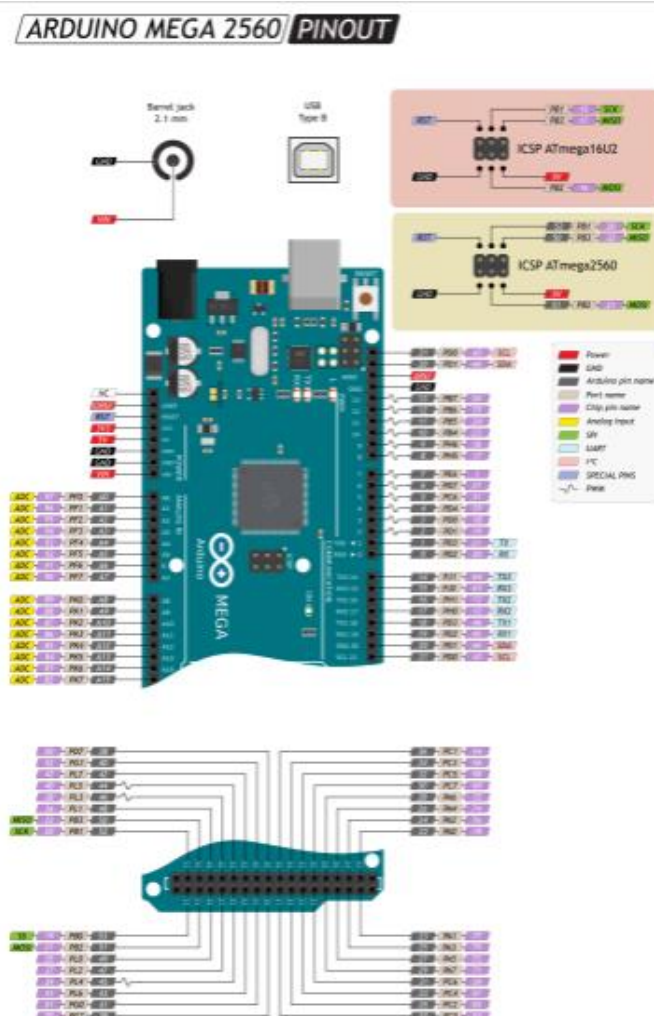


Рис. 2.16 - Мікроконтролерна плата Arduino Mega

Після аналізу функціональних та технічних можливостей вище приведених плат була обрана макетна плата Arduino Nano, тому що зодовільняє потреби проекту. Макетна плата Arduino Nano має необхідну технічну периферію та переваги перед іншими, а саме:

- цифрових входів/виходів (6 з них можуть використовуватися як ШІМ-виходи);
- 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц;
- роз'єм Mini – USB;
- роз'єм живлення;
- роз'єм для внутрішньо-схемного програмування (ICSP) і кнопка скидання.

- найбільш доступна ціна;
- компактні розміри;
- найнижче споживання електроенергії.

Транзистори IRF520.

Транзистор IRF520 n-канальний, МОП (MOSFET) (рис. 2.17).



Рис. 2.17 - Транзистор IRF520

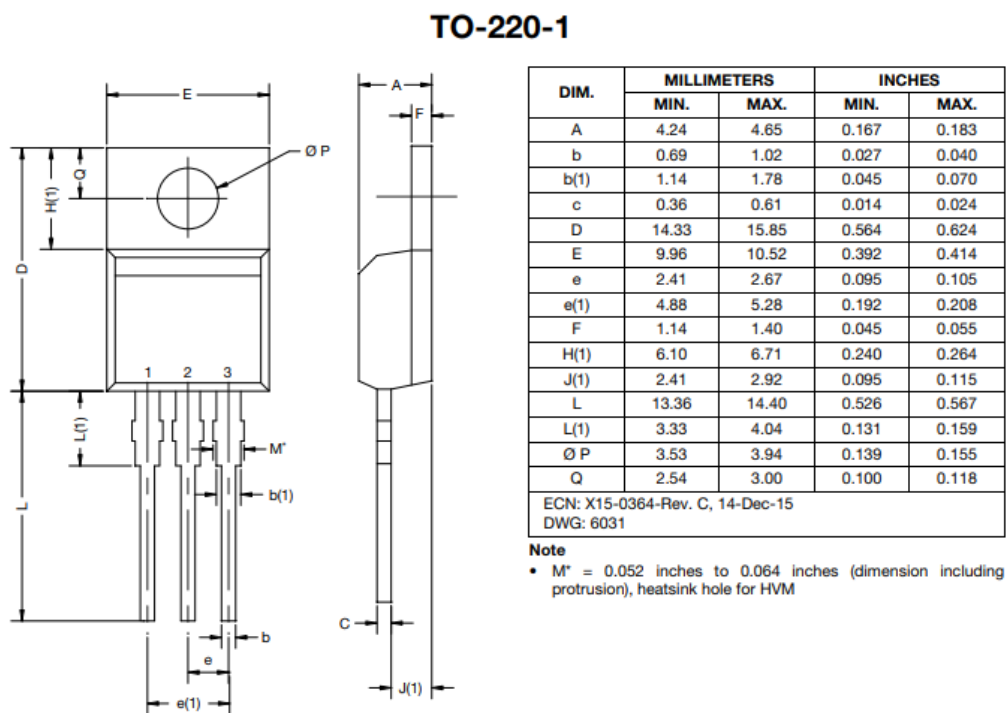


Рис. 2.18 – Розміри транзистора IRF520

Транзистор IRF520 призначений для роботи в регуляторах потужності, високочастотних імпульсних джерелах живлення, в перетворювачах і інверторах управління швидкістю електродвигунів, високочастотних і ультразвукових генераторах, звукових підсилювачах і в інших радіоелектронних пристроях загального призначення.

Випускається в пластмасовому корпусі з жорсткими виводами і має наступні характеристики:

- максимальна напруга сток-виток - 100 В;
- максимальний струм стоку - 9,2 А.
- статичні сток-виток-опір - 0,27 Ом.
- діапазон робочих температур - від -55 до +175 ° С.

Вибір був зупинений на даному транзисторі, тому що він має наступні переваги:

- низьку ринкову вартість;
- малий споживаний струм;
- малий опір.

Заглиблювальна помпа.



Рис. 2.19 – Заглиблювальна помпа для рідини

Помпа призначений для перекачування води або інших рідин, схожих з водою по хімічних і фізичних властивостях.

Характеристики помпи:

- продуктивність - 70-120л / год;
- максимальний підйом води - 40-110см;
- діаметр - 24мм;
- зовнішній діаметр виходу - 7,5мм;
- матеріал - пластик;
- час безперервної роботи - 500 год.;
- тип живлення - постійний струм;
- напруга живлення - 2,5 - 6 V;
- розмір - 24x45x33 mm.

Вибір був зупинений на даному представнику, тому що:

- низька ринкова ціна;
- малий споживаний струм;
- задовільна швидкість перекачки води з резервуару.

Датчик рівня води глибиномір T1592.

Датчик рівня води - глибиномір T1592 використовується в проектах з використанням мікроконтролерів для вимірювання рівня води в невеликому резервуарі.

Для підключення живлення і контролера датчик має однорядну групу з трьох штирьових контактів, позначених на платі S (вихідний сигнал), «+» (напруга живлення), «-» (загальний контакт). Коли на датчик подається напруга живлення, то горить червоний світлодіод, позначений Power.

В резервуарі датчик монтується вертикально. Для закріплення на плоскій поверхні в платі датчика є два монтажних отвори.

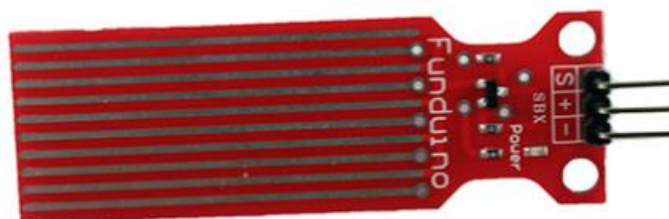


Рис. 2.20 - Датчик рівня води глибиномір T1592

Характеристики:

- модель - T1592
- вихідний сигнал - аналоговий;
- напруга живлення - 3 - 5 В;
- споживаний струм - близько 20 мА;
- розмір чутливих елементів (Д x Ш) - 41 x 16 мм;
- розмір - 62 x 20 x 8 мм;
- вага - 4 м.

Вибір був зупинений на даному датчику, тому він має наступні переваги:

- низька ринкова ціна;
- виконує необхідний набір функцій для проекту;
- не має конкурентів за свою ціну.

Безпроводний модуль Bluetooth HC-08.

В даний час існує достатньо велика кількість безпроводного з'єднання приладів, основними її представниками являються Bluetooth, WI-FI, PDC (мобільний зв'язок 2G), WiMAX, GSM, GPRS. Серед даних представників для наших цілей добре підійдуть такі типи зв'язку: Bluetooth та Wi-Fi. Розглянемо дані типи зв'язку більш детально.

Wi-Fi технологія бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандарту IEEE 802.11. Wi-Fi містить не менше однієї точки доступу і не менше одного клієнта. Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с - найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi.

Розглянемо Wi-Fi модуль ESP8266 ESP 12E [15] [17] , зображений на рис. 2.21.



Рис. 2.21 - Модуль Wi-Fi ESP8266

Спочатку даний Wi-Fi модуль Arduino використовувався, в основному, як Arduino Wi-Fi Shield, так як був найбільш дешевим варіантом. Пристрій не має вагомих мінусів. Має безліч бібліотек, в тому числі і призначених для користувача, а також підтримує роботу через Serial шини і найпростіші AT і AT + команди.

Серед переваг можна виділити:

- легкість в використанні бібліотек;
- процесор на 160 МГц;
- сучасні стандарти захисту мережі;
- 16 портів виведення, в тому числі 10-бітний, що дозволяє проводити експерименти з платою.

Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями, як персональні комп'ютери (настільні, кишенькові, ноутбуки), мобільні телефони і т.п. Bluetooth дозволяє цим пристроям обмінюватися даними, коли вони знаходяться один від одного в радіусі близько 10 м.

В якості безпроводного зв'язку був обраний саме Bluetooth модуль тому, що він краще підходить для виконання необхідних завдань, тому що він є більш легким в програмуванні, взаємодії з ним та дешевше ніж Wi-Fi модуль.

ESP-12E PINOUT

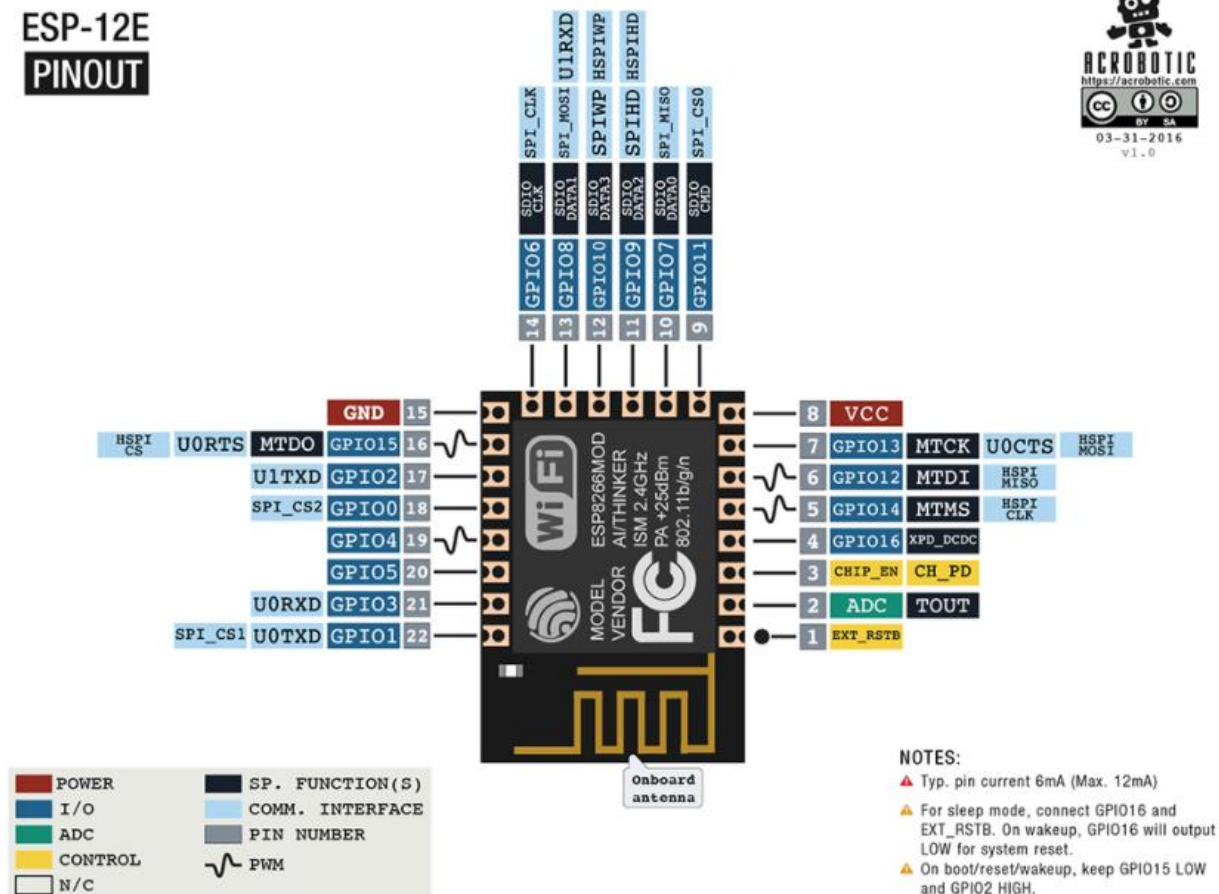


Рис. 2.22 – Розпіновка модуля Wi-Fi ESP8266

HC-08 - модуль передачі даних нового покоління, заснований на протоколі Bluetooth специфікації Bluetooth V4.0 з технологією BLE (Bluetooth Low Energy - ультранизьким енергоспоживанням). Його бездротовий діапазон робочих частот становить 2,4-2,48 ГГц ISM з методом модуляції GFSK (Gaussian Frequency-Shift Keying - згладжування частотних перебудов фільтром Гаусса при зміні значення інформаційного символу). Унікальність технології BLE полягає в максимальній економії енергоспоживання, при якій модуль самостійно регулює потрібне йому живлення в процесах встановлення зв'язку або передачі / прийомі даних. Перебуваючи в стані очікування, модуль знижує живлення до мінімального, і збільшує до робочого номіналу при активних сеансах зв'язку.

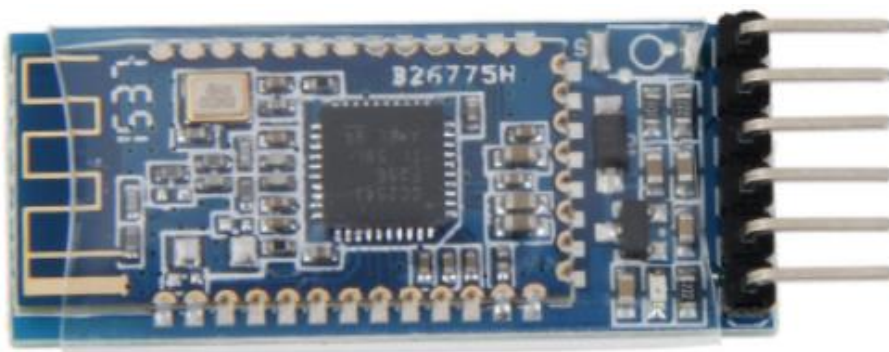


Рис 2.23 - Bluetooth модуль HC-08

Модуль зібраний з двох електронних компонентів: базової плати HC-08 BLE 4.0 з встановленим Bluetooth-чіпом CC2540 і плати-адаптера, що забезпечує зниження і стабілізацію вхідного напруги в діапазоні 3,6-6 вольт до робочого 3,3 вольт. Плата-адаптер оснащена світлодіодним індикатором, що відображає активні режими: головний / другорядний, встановлення зв'язку і обмін даними.

Модуль має такі особливості:

- ультранизьке енергоспоживання 90uA ~ 400uA;
- відносно великий радіус зв'язку - приблизно 20 метрів;
- швидкі реакції - 0,4 секунди;
- використання чіпу CC2541;
- підтримка системи IOS6 і Android 4.3;
- підтримка стандартного протоколу BLE;
- підтримка UART інтерфейсу I2C;
- підтримка Bluetooth class1 і class;
- вбудована антена PCB;
- вхідна напруга - 3V.

Вибір був зупинений на даному Bluetooth модулю, тому що він має:

- необхідні завдання для проекту;
- ультранизьке енергоспоживання;
- одну з найновіших технологій передачі по Bluetooth;
- не має конкурентів за свою ціну.

Клемний блок Degson DG350

Клемний блок Degson DG350 призначений для з'єднання кабелів. Може бути представлений в парному виді металевих контактів, або більше, з місцями кріплення кабелів в діелектричному корпусі.



Рис. 2.24 – Клемний блок Degson DG350

Характеристики Degson DG350:

- покриття контактів луджена латунь;
- відстань між ніжками, мм 3.5;
- січення дроту 1мм² IEC, 24-18AWG UL;
- матеріал корпусу PA66, UL94V-0;
- напруга, В 300 UL;
- струм, А 7 UL;
- максимальна напруга AC1250V / 1Min
- робочі температури, ° С -40 ~ + 105

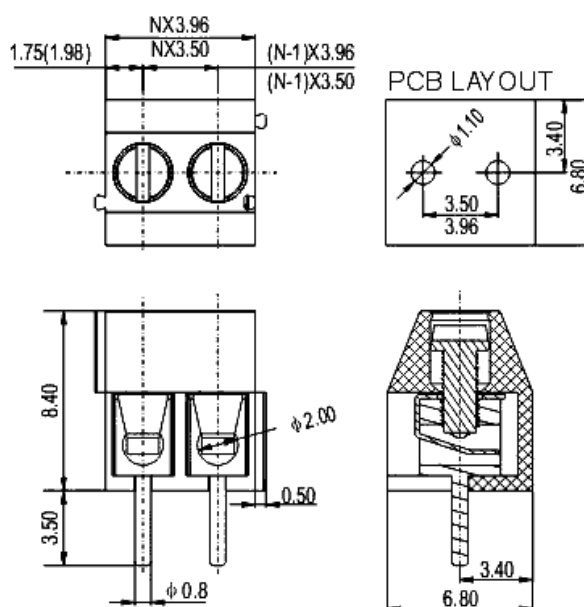


Рис. 2.25- Креслення Degson DG350

2.1.4 Висновки за розділом

Центральним елементом даної системи є мікроконтролер Atmega328. Мікроконтролер виконує завдання збору та обробки даних з датчиків і є найкращим варіантом, тому що має необхідний набір функцій та необхідні технічні характеристики, які задовольняють потреби системи, а також має ряд переваг перед конкурентами.

Для визначення вологості ґрунту були використані аналогові датчики вологості ґрунту. Вони задовольняють потреби проекту та є найбільш ефективними в співвідношенні ціна-функціонал.

Для можливості підключення по безпроводному зв'язку був обраний саме Bluetooth-модуль. Серед представників Bluetooth-модулів типу Bluetooth 4.0 BLE (HC-08), тому що має ряд переваг серед інших представників, основним критерієм, по якому була обрана дана модель - це енергоефективність, даний модуль на даний час є одним із найбільш енергоефективних в співвідношенні ціна-функціонал.

Транзистор був обраний типу IRF520, тому що має велику швидкість перемикання і високу провідність відкритого каналу.

Мікроконтролерна плата була обрана саме Arduino Nano. Вона має такі переваги перед конкурентами: 14 цифрових входів/виходів, 6 аналогових входів, роз'єм Mini – USB, окремий роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньо-схемного програмування (ICSP) і кнопка скидання, найбільш доступна ціна, компактні розміри, найнижче споживання електроенергії.

Датчик рівня води був обраний саме T1592. Перевагою даного датчика, в порівнянні з аналогами, є ціна, універсальність для вимірювання об'єму рідин в резервуарів, задовільна точність вимірювання води в ємності та не великі габарити.

В системі задіяна заглиблювальна помпа, її вибір обґрунтовується тим, що вона виконує необхідний набір функцій та цілком задовільняє технічні потреби проекту. Управління помпою є легким, дана помпа найбільш вигідна з точки зору ціна-функціонал.

Клемний блок Degson DG350 є задовільним для виконання технічного завдання проекту, та є найбільш розповсюдженим рішенням в завданні з'єднання елементів.

2.2 Розробка програмного забезпечення

2.2.1 Загальні відомості

Розробка програмного забезпечення – це процес створення та підтримання працездатності програмного забезпечення, націлений на якість та стабільну роботу програмного комплексу, використовуючи знання з суміжних галузей та застосовуючи різні методології.

Етапи розробки програмного забезпечення можливо розділити так:

1. Аналіз вимог. Найпершим етапом розробки програмного забезпечення - це аналіз вимог до створюваного ПО, щоб визначити ключові цілі та завдання кінцевого продукту.

2. Проектування. Наступний етап - стадія проектування, тобто моделювання теоретичної основи майбутнього продукту.

3. Кодування. Наступним кроком стає безпосередня робота з кодом, спираючись на обрану в процесі підготовки мову програмування.

4. Тестування та відлагодження. Після завершення процесу кодування наступним етапом є тестування продукту і подальше налагодження, що дозволяє ліквідувати недоліки та дає змогу досягти повнофункціональної роботи програми. Процес тестування дозволяє змодельовати ситуації, при яких програмний продукт перестає функціонувати.

5. Введення продукту в експлуатацію. Процедура впровадження програмного забезпечення в експлуатацію є завершальною стадією розробки, яка відбувається одночасно з налагодженням системи.

Проблеми, які виникають при розробці програмного забезпечення.

1. Не дотримання строків. Через неточність та складність аналізу технічного завдання кінцеві строки до етапу введення продукту в експлуатацію будуть зсунені.

2. Виявлення та усунення існуючих проблем отриманого програмного забезпечення. На нього впливають такі фактори, як етап виявлення проблем, об'єм необхідної роботи.

3. При зміні вимог, критеріїв чи перепланування вимог до програмного забезпечення.

2.2.2 Обґрунтування вибору програмних засобів для реалізації завдання

В даному проекті прошивка для мікроконтролера Atmega328 створена в середовищі розробки Arduino IDE.

Arduino IDE - інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS і Linux, розроблена на Сі і С++, призначена для створення і завантаження програм на Arduino-сумісних плат, а також на плати інших виробників.

Перевагами Arduino IDE:

– Arduino IDE заснований на AVRGCC. Є можливість взаємозаміни бібліотек Arduino з С ++;

– програмування та обмін даних з Arduino виконується за допомогою USB кабелю (або FTDI кабелю для деяких клонів);

– простота в використанні стандартних бібліотек. Зчитування сигналів кнопок, виведення інформації на семисегментні або РК-дисплеї та управління двигунами, для всього передбачені стандартні бібліотеки, які не потребують додаткового досвіду в програмуванні.

– послідовні і SPI інтерфейси працюють стабільно.

Недоліки Arduino IDE:

- Arduino IDE. Інтегроване середовище розробки Arduino - це крос-платформний додаток на Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату;

- для завершення проекту із застосуванням Arduino потрібно вручну прошити завантажувач в кожен новий мікроконтролер ATmega;

- відсутність простого способу зміни тактової частоти;

- складність в відключенні стандартних бібліотек для послідовної апаратної частини для того, щоб брати переривання з TX та RX, незалежно від того, запущена вона чи ні.

- при переповненні ISR таймера переривання відбувається кожні 16 тактів в фоновому режимі.

Для керування системою був розроблений мобільний додаток в середовищі розробки App Inventor.

App Inventor - середовище візуальної розробки Android-додатків, що не вимагає від користувача спеціальних знань в програмуванні.

Переваги App Inventor:

- безкоштовний сервіс;

- можливість вибору мови інтерфейсу;

- весь функціонал знаходиться на одному сайті;

- великий набір функцій та можливостей середовища.

2.2.3 Розробка алгоритму роботи пристрою та програмного забезпечення мікроконтролера

Алгоритм включення системи починається з підключення живлення до системи. Для стабільної роботи схеми потрібно подати 5В напруги і 1А сили струму. Після підключення живлення починається процес ініціалізації даних.

Мікроконтролер Atmega328 є центральним елементом даної системи.

Для можливості передачі команд по безпроводному зв'язку до мікроконтролера підключимо Bluetooth – модуль [18]. Після процесу ініціалізації мікроконтролер очікує дані від прийомо-передавача UART. Для отримання інформації про вологість ґрунту використані аналогові датчики, які збирають дані стану ґрунту та передають їх на мікроконтролер. Мікроконтролер дає запит на збір даних з датчиків, датчики вологості ґрунту після збору даних передають їх до мікроконтролера. Далі мікроконтролер відпрацьовує алгоритм, після опрацювання приймає рішення, чи потрібно подавати сигнал на транзистор для полив. Якщо рівень знаходиться в рамках зазначених користувачем, то сигнал не подається. Якщо потрібен полив, то спочатку мікроконтролер дає запит на датчик, який знаходиться в резервуарі з водою на запит: чи достатня там кількість води для роботи помпи. В випадку, якщо рівень води не задовільний, тоді подається керуючий сигнал на транзистор і процес перекачки води з ємності не відбувається. Якщо рівень вологи знаходиться нижче за заданий користувачем, в цьому випадку подається сигнал на запит резервуара води. Якщо кількість води в резервуарі достатня, то відбувається наступний крок. Керуючий сигнал потрапляє на транзистор, тим самим подається сигнал на помпу і помпа починає перекачувати воду з резервуара в горщик. Помпа працює приблизно 2-3 секунди, після припиняє для того, щоб мікроконтролер встиг опрацювати актуальні дані, які збирають датчики вологи ґрунту. Якщо рівень вологи ґрунту достатній, то мікроконтролер знаходиться в стані збору інформації з датчиків в безкінечному циклі. Якщо рівень вологи не є задовільним, то транзистор відкривається знову і помпа знову працює приблизно 2-3 секунди і так, до тих пір, доки рівень вологи в горщику не буде задовільним для користувача.

Алгоритм роботи пристрою показан на рис. 2.26

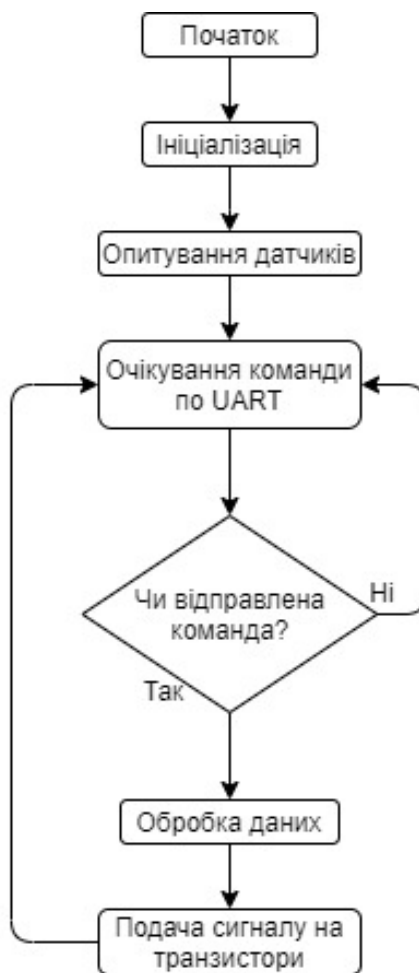


Рис. 2.26 – Алгоритм роботи пристрою

Ознайомимося з блоками програмного коду з середовища Arduino IDE.

Визначаємо піни (A0 - A3) для підключення аналогового датчика для визначення вологості ґрунту і пін A4 для аналогового датчика рівня води в баку:

```

#define moisture_sensor0 A0;
#define moisture_sensor1 A1;
#define moisture_sensor2 A2;
#define moisture_sensor3 A3;
#define moisture_sensor4 A4.
  
```

Створюємо змінні для роботи з таймером:

```
unsigned long currentTime;  
unsigned long loopTime;  
unsigned long timing;  
unsigned long timing2.
```

Створюємо цілочисельні змінні, які використовуються для задання рівня вологості ґрунту в процентах:

```
int data1 = 0;  
int data2 = 0.
```

Функція setup виконується один раз при запуску прошивки:

```
void setup()
```

Починаємо роботу з comport, задаємо швидкість 9600 бод:

```
{  
  Serial.begin(9600).
```

Налаштовуємо піни 11 і 12 на вихід (режим output):

```
pinMode(11, OUTPUT);  
pinMode(12, OUTPUT).
```

Зчитуємо час з моменту запуску програми:

```
currentTime = millis();  
loopTime = currentTime.
```

Функція loop виконується в нескінченному циклі:

```
}  
void loop()
```

Передаємо значення з аналогового датчика рівня води в цілочисельну змінну plant5 і обмежуємо діапазон вимірювань від 0 до 100:

```
{
int plant5 = analogRead(moisture_sensor4);
plant5 = map(plant5, 0, 850, 0, 100).
```

Якщо рівень води в баку більше 0%, тоді виконуємо основний цикл програми:

```
if (plant5 >= 0)
```

Передаємо значення з аналогового датчиків рівня вологості ґрунту в цілочисельні змінні plant1-4 і обмежуємо діапазон вимірювань від 0 до 100:

```
{
int plant1 = analogRead(moisture_sensor0);
int plant2 = analogRead(moisture_sensor1);
int plant3 = analogRead(moisture_sensor2);
int plant4 = analogRead(moisture_sensor3);
plant1 = map(plant1, 1023, 0, 0, 100);
plant2 = map(plant2, 1023, 0, 0, 100);
plant3 = map(plant3, 1023, 0, 0, 100);
plant4 = map(plant4, 1023, 0, 0, 100).
```

Якщо пройшла 1 секунда часу, тоді відправляємо в послідовний порт значення з аналогових датчиків рівня вологості ґрунту:

```
currentTime = millis();
if(currentTime >= (loopTime + 1000));
{
Serial.print(((plant1 + plant2)/2)/100.0);
Serial.print("% ");
Serial.print(((plant3 + plant4)/2)/100.0);
```



```

Serial.print("%");
if (plant1 < data1) {Serial.print("H");} else {Serial.print("h");}
if (plant2 < data2) {Serial.print("Z");} else {Serial.print("z");}
loopTime = currentTime;
}

```

Якщо в порт прийшли якісь дані, тоді вносимо їх в змінну data.

```

if (Serial.available() > 0) {
char data = Serial.read();

```

Якщо відповідний символ, що надійшов, дорівнює рівню вологості, зазначеному в циклі програми, тоді запам'ятовуємо дані і виходимо з циклу:

```

switch (data)
{
case '~':
Serial.flush();
break;
case "'":
data1 = 5;
break;
case '#':
data1 = 10;
break;
case '$':
data1 = 15;
break;
case '%':
data1 = 20;
break;

```

```
case '&':  
    data1 = 25;  
    break;  
case '(':  
    data1 = 30;  
    break;  
case ')':  
    data1 = 35;  
    break;  
case '*':  
    data1 = 40;  
    break;  
case '+':  
    data1 = 45;  
    break;  
case ',':  
    data1 = 50;  
    break;  
case '-':  
    data1 = 55;  
    break;  
case '.':  
    data1 = 60;  
    break;  
case '/':  
    data1 = 65;  
    break;  
case '@':
```

```
data1 = 70;
break;
case '[':
data1 = 75;
break;
case ']':
data1 = 80;
break;
case '{':
data1 = 85;
break;
case '}':
data1 = 90;
break;
case '|':
data1 = 95;
break;
case '_':
data1 = 100;
break;
case 'A':
data2 = 5;
break;
case 'B':
data2 = 10;
break;
case 'C':
data2 = 15;
```

```
break;
case 'D':
data2 = 20;
break;
case 'E':
data2 = 25;
break;
case 'F':
data2 = 30;
break;
case 'G':
data2 = 35;
break;
case 'I':
data2 = 40;
break;
case 'J':
data2 = 45;
break;
case '9':
data2 = 50;
break;
case '8':
data2 = 55;
break;
case '7':
data2 = 60;
break;
```

```
case '6':  
data2 = 65;  
break;  
case '5':  
data2 = 70;  
break;  
case '4':  
data2 = 75;  
break;  
case '3':  
data2 = 80;  
break;  
case '2':  
data2 = 85;  
break;  
case '1':  
data2 = 90;  
break;  
case '0':  
data2 = 95;  
break;  
case '!':  
data2 = 100;  
break;  
}  
}
```

Якщо середнє арифметичне значення даних з двох аналогових датчиків рівня вологості ґрунту менше даних з змінної data1, тоді кожні 5

секунд подаємо на 11-й цифровий порт мікроконтролера високий рівень сигналу:

```

if ((plant1 + plant2)/2 < data1)
{
if (millis() - timing > 5000)
{
digitalWrite(11,HIGH);
}
}

```

Якщо високий рівень сигналу на цифровому порту був більш 3-х секунд, тоді подаємо низький логічний сигнал:

```

if (millis() - timing > 8000)
{
timing = millis();
digitalWrite(11,LOW);
}
}
else
{
digitalWrite(11,LOW);
}
}

```

Якщо середнє арифметичне значення даних з двох аналогових датчиків рівня вологості ґрунту менше даних з змінної data2, тоді кожні 5 секунд подаємо на 12-й цифровий порт мікроконтролера високий рівень сигналу:

```

if ((plant3 + plant4)/2 < data2)
{
if (millis() - timing2 > 5000)
{

```

```
digitalWrite(12,HIGH);
}
```

Якщо високий рівень сигналу на цифровому порту був більш 3-х секунд, тоді подаємо низький логічний сигнал

```
if (millis() - timing2 > 8000)
{
  timing2 = millis();
  digitalWrite(12,LOW);
}
}
else
{
  digitalWrite(12,LOW);
}
}
}
```

2.2.4 Розробка програмного забезпечення "My Plants" в середовищі розробки App Inventor

Програмне забезпечення My Plants необхідне для зв'язку користувача з приладом за допомогою безпроводного модуля Bluetooth.

Ознайомимося з блоками програмного коду App Inventor:



Рис. 2.27 - Вибір пристрою Bluetooth зі списку доступних мереж



Рис. 2.28 - Обробник подій для кнопки "отключиться" відключаємося від Bluetooth і показуємо кнопку "подключиться"



Рис 2.29 - Обробник подій для кнопки " подключиться ", підключаємося до Bluetooth і показуємо кнопку " отключиться ".



Рис. 2.30 - Ініціалізація змінної flag



Рис. 2.31 - Ініціалізація змінної flag1



Рис. 2.32 - Ініціалізація змінної flag2



Рис. 2.33 - Ініціалізація змінної flag12

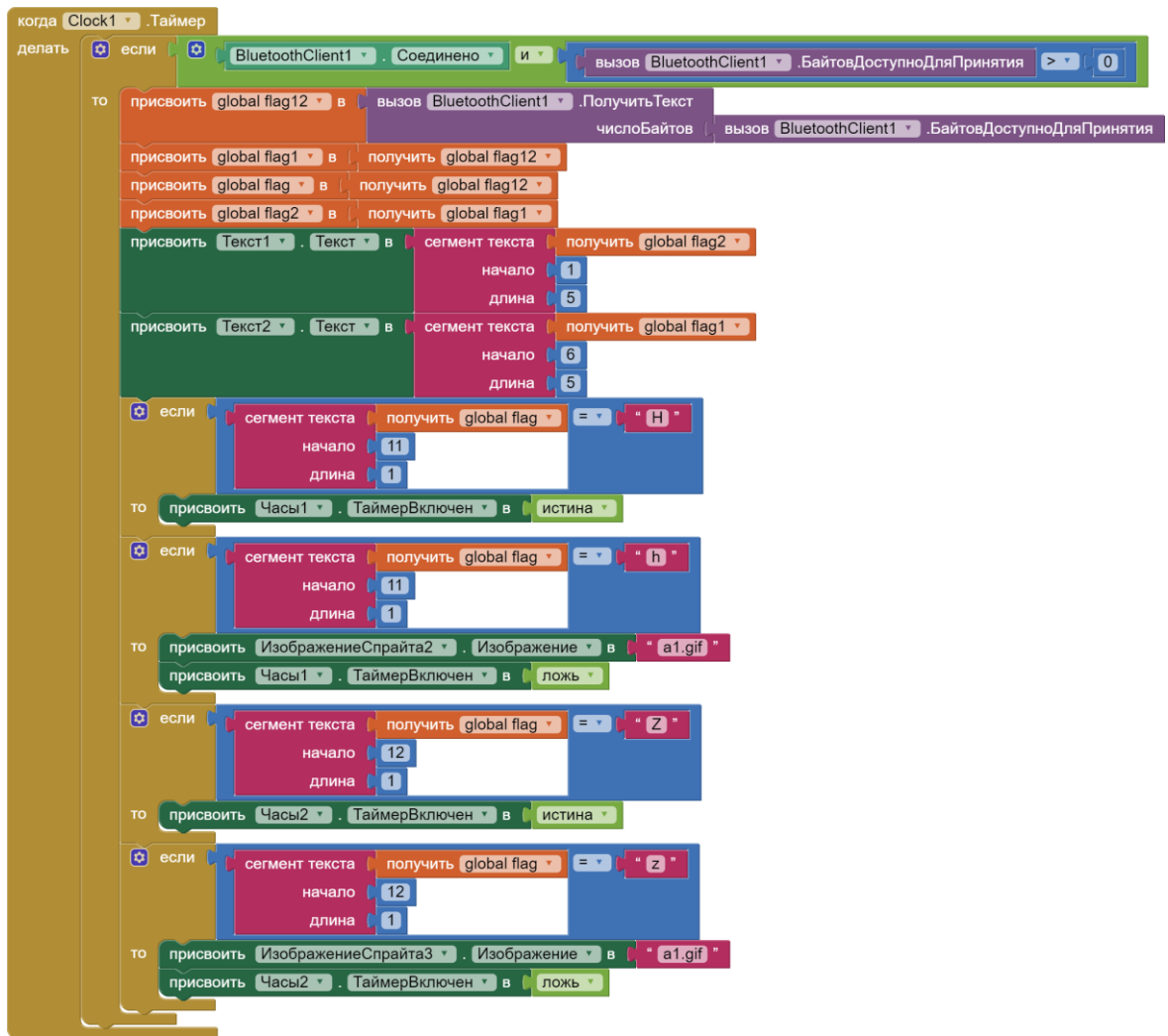


Рис. 2.34 - Обробник таймера1.

Якщо процес поливу розпочато, тоді включаємо анімацію поливу



Рис. 2.35 - Ініціалізація змінної frame, та присвоєння їй значення «нуль»

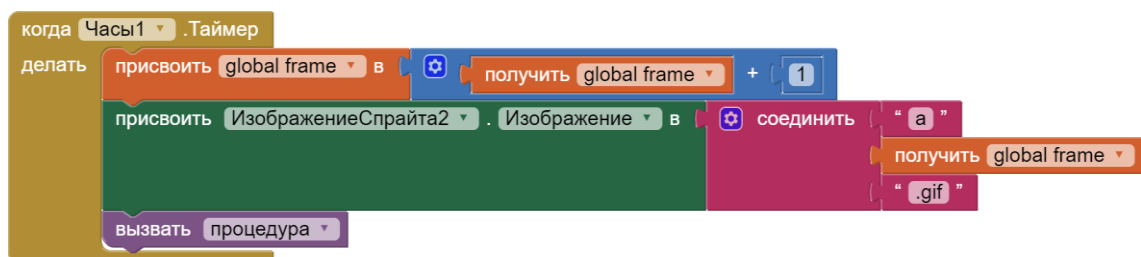


Рис. 2.36 - Обробник таймера для показу анімації.

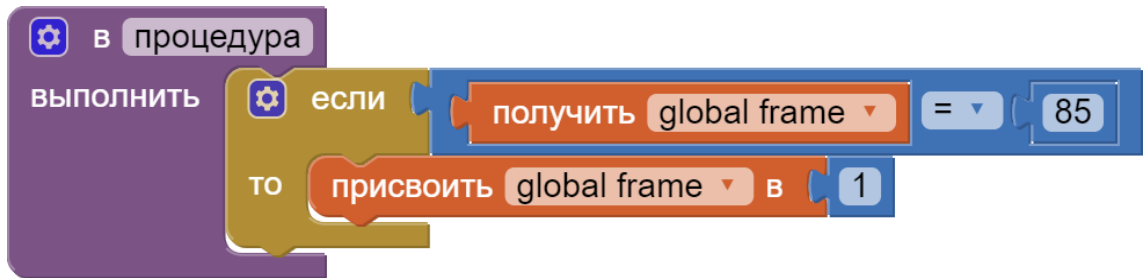


Рис. 2.37 - Процедура1. Цикл, в якому відображаємо рисунки для анімації.



Рис. 2.38 - Обробник списку для вибору значень вологості ґрунту

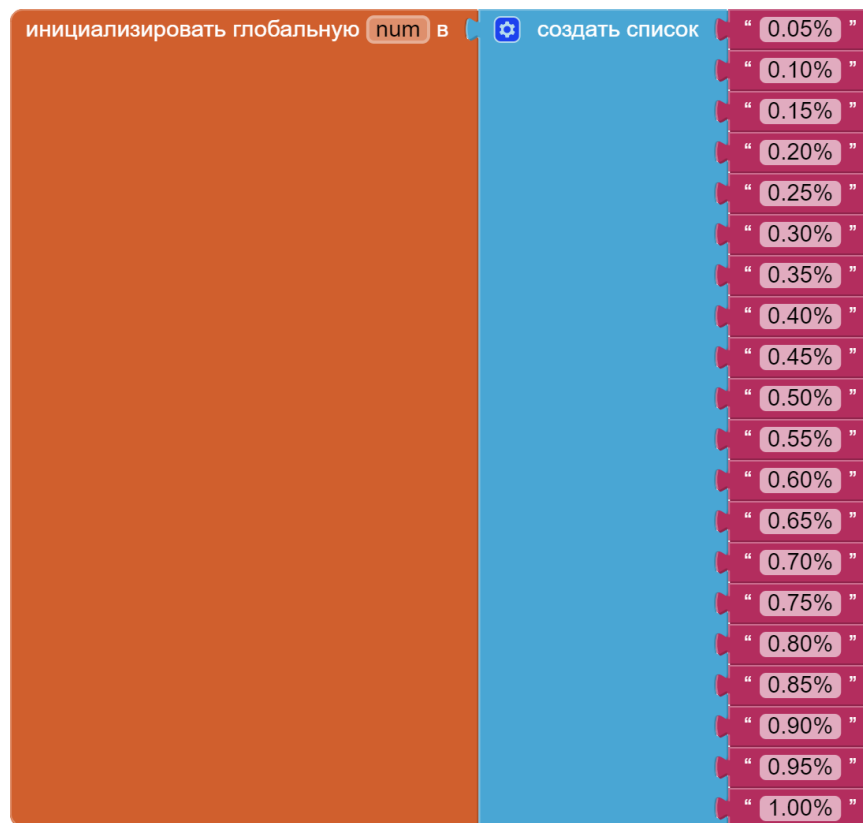


Рис 2.39 - Створюємо змінну num і заносимо в неї вибране значення зі списку



Рис 2.40 - Відправляємо в порт вибране значення рівня вологості зі списку

инициализировать глобальную frame2 в 0

Рис. 2.41 - Ініціалізація змінної frame2 присвоєння їй значення «нуль»

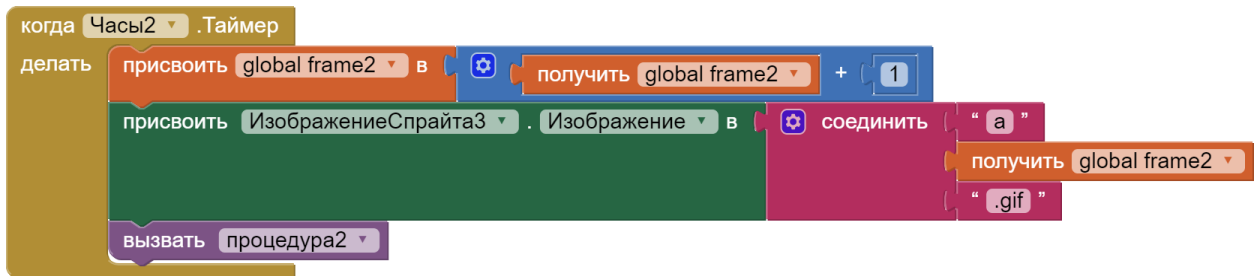


Рис. 2.42 - Обробник таймера 2.

Якщо процес поливу розпочато, тоді включаємо анімацію поливу



Рис. 2.43– Процедура 2.

Цикл, в якому відображаємо малюнки для анімації.

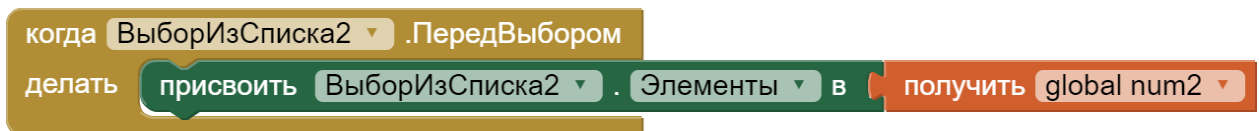


Рис. 2.44 - Обробник списка для wyboru значень вологості ґрунту

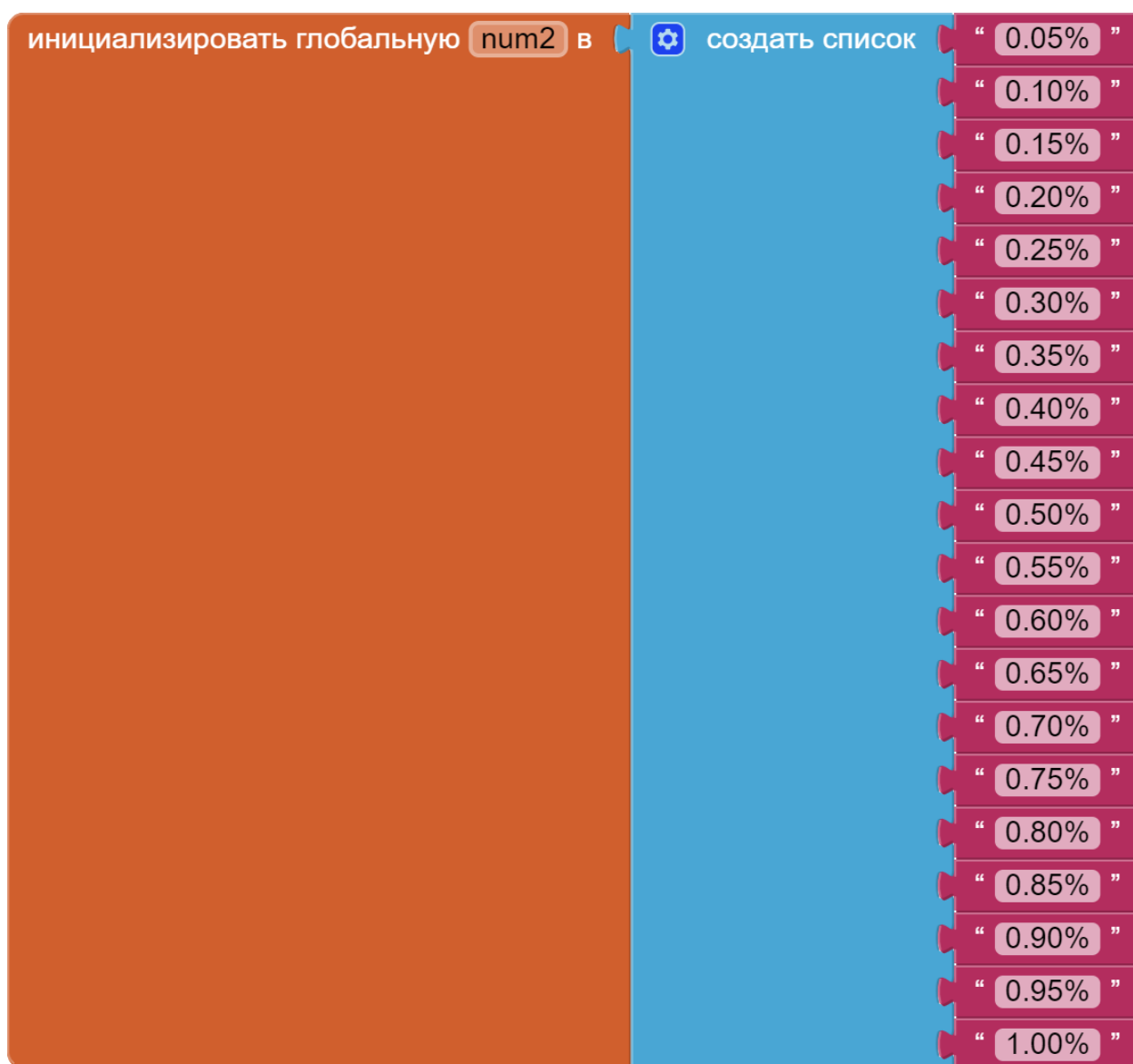


Рис. 2.45 - Створюємо змінну num2 і заносимо в неї вибране значення зі списку



Рис. 2.46 - Відправляємо в порт вибране значення рівня вологості зі списку

2.2.5 Висновок за розділом

Для реалізації прошивки мікроконтролера Atmega328 було обрано програмне середовище Arduino IDE. Перевагами Arduino IDE є спорідненість з мовою програмування C++, програмування та обмін даних з Arduino виконується за допомогою USB кабелю, простота та зручність в використанні стандартних бібліотек. Зчитування сигналів кнопок, виведення інформації на семисегментні або РК-дисплеї та управління двигунами, передбачені стандартні бібліотеки, які не потребують додаткового досвіду в програмуванні, інтерфейси системи працюють стабільно.

Для створення мобільного додатку "My Plants" було використано середовище програмної розробки App Inventor. Переваги даного середовища: безкоштовний сервіс, можливість вибору мови інтерфейсу, весь функціонал знаходиться на одному сайті, великий набір функцій та можливостей середовища, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, не потребує додаткових спеціальних знань в програмуванні.

3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ТА ДЕМОНСТРАЦІЯ ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ

3.1 Макетна модель пристрою

Для збору компонентів була використана макетна плата (рис. 2.47) для складання без пайки, яка дозволяє провести монтаж електричної схеми та запуск її без використання паяльника. При цьому можна перевірити всі параметри і характеристики майбутньої схеми, підключивши до плати вимірювальні і контрольні прилади.

Макетна плата являє собою пластину із полімерного матеріалу, що є діелектриком. На пластині в певному порядку просвердлені монтажні отвори, в які повинні вставлятися виводи деталей - компонентів майбутнього устрою.

Оскільки найбільш важливим в розробці приладу є швидке створення прототипу розроблювального пристрою, то макетна плата є універсальним рішенням даного питання, тому що заміна компонентів виконуються за лічені хвилини.

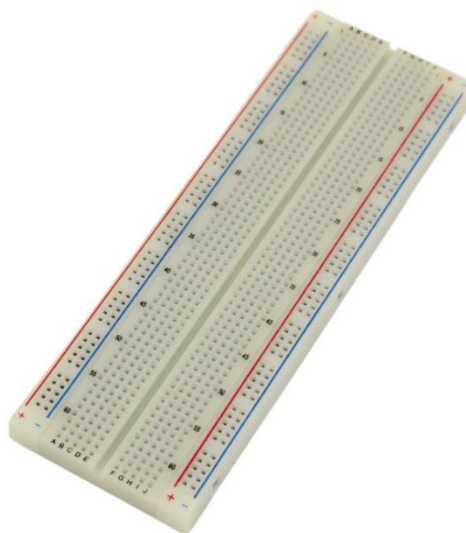


Рис. 2.47 - Макетна плата для реалізації проекту

Для реалізації проекту була використана мікроконтролерна плата Arduino Nano, пристрій на базі мікроконтролера ATmega328. Arduino Nano представляє собою невелику плату, на яку встановлений мікроконтролер з

прошитим у нього завантажувач. За допомогою завантажувача записується програма в мікроконтролер з персонального комп'ютера без застосування апаратних програматорів.

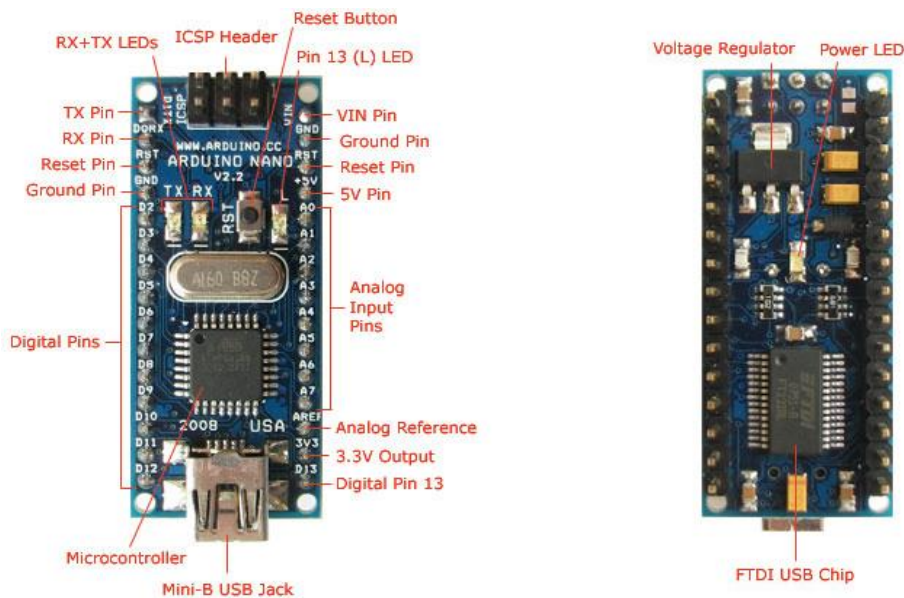


Рис. 2.48- Розпіновка Arduino Nano

Для живлення схеми використано модуль живлення для макетної плати 5В/3,3В [14], (рис. 2.49).

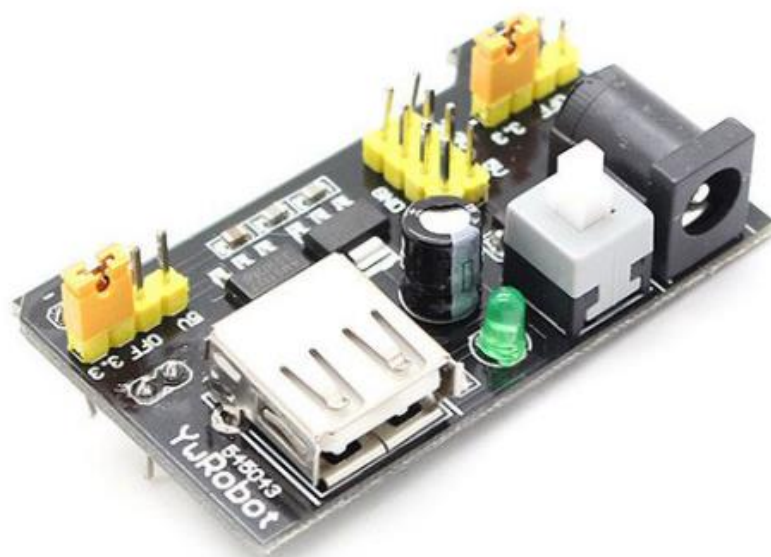


Рис. 2.49– Модуль живлення для макетної плати

Конструкція модуля передбачає його установку на безпачну макетну плату. Модуль призначений для отримання стабілізованих напруг 5В і 3,3.

Основним варіантом подачі живлення на модуль є підключення блоку живлення з напругою 7-12V до роз'єму постійного струму DC-5,5 / 2,1 (плюс в центрі). При такому включенні модуль має три групи виходів зі стандартними штирями 2,54мм, (на схемі секції SA, SB, SC) і USB-роз'єм також є виходом для живлення інших пристроїв за стандартним USB-кабелем з набору Arduino USB A / B Cable.

Характеристики модуля живлення:

- вихідна напруга - фіксовані 3,3V і 5V DC, незалежні канали;
- сумарний вихідний струм при живленні від DC -150mA;
- струм каналу - "+ 5V" під час приймання живлення USB 500mA;
- вхідна напруга - 7... 23V DC;
- тип перетворювача - лінійний, понижуючий;
- габаритні розміри - 53x33мм.

Для з'єднання всіх компонентів були використані проводи типу F-F та F-M 10см, зображені на рисунку 2.50



Рис. 2.50 – З'єднувальні проводи типу М-М

На рис. 2.51 приведене фото системи поливу в зборі.

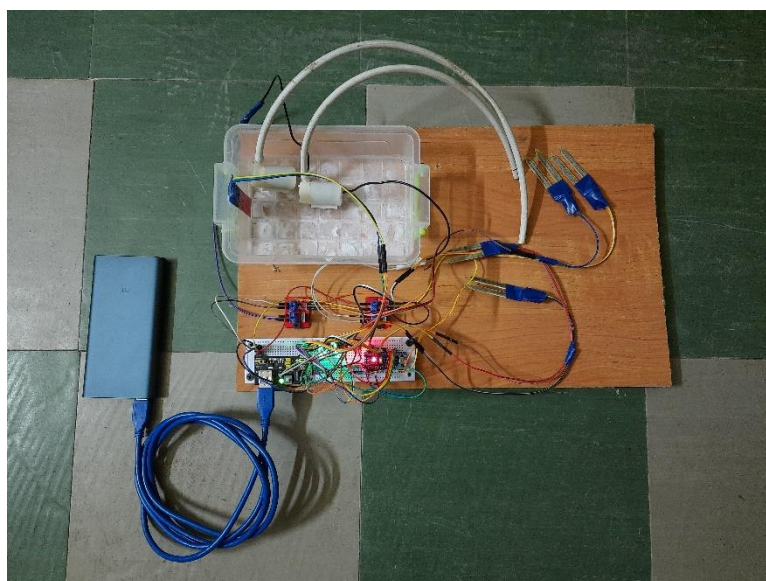


Рис. 2.51– Зібрана система автоматичного поливу

3.2 Моделювання роботи системи пристрою та демонстрація функцій системи

Для того, щоб запустити систему, підключимо живлення. Після підключення живлення на модулі повинна загорітися індикація живлення.

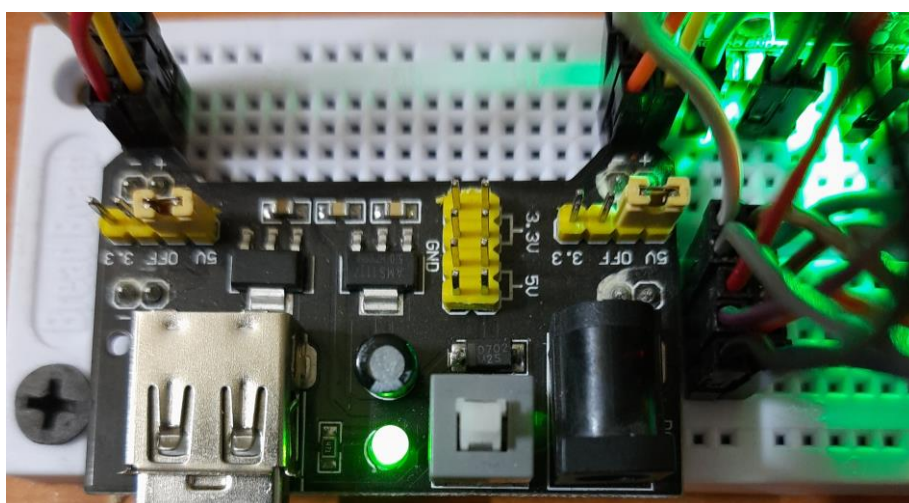


Рис 2.52 – Індикація живлення модуля

Після підключення живлення схеми запускається додаток “My Plants”, (рис. 2.53).



Рис. 2.53 – Ілюстрація запуску додатка My Plants

Після запуску додатка натискається кнопка «підключитися» для підключення до Bluetooth-модуля системи (рис. 2.54).

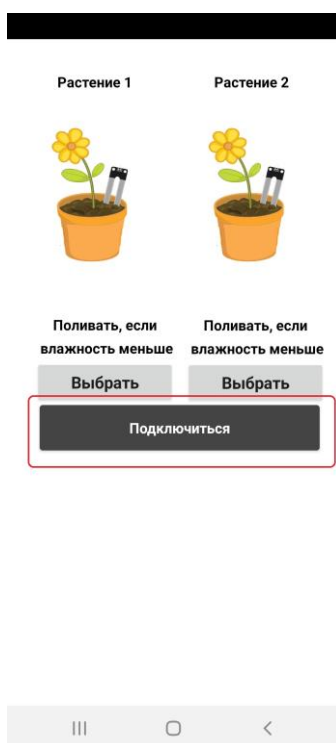


Рис. 2.54 – Ілюстрація підключення до Bluetooth-модуля системи

Із списку доступних мереж обирається необхідний модуль та здійснюється з'єднання приладів.

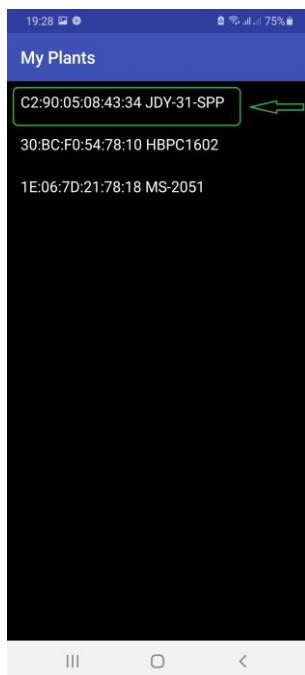


Рис. 2.55 – Ілюстрація процесу з'єднання приладів

Після під'єднання до системи починається виконання алгоритму роботи системи. Система перевіряє рівні вологи з датчиків та рівень води в резервуарі. В початковій точці резервуар не містить води (рис. 2.56).

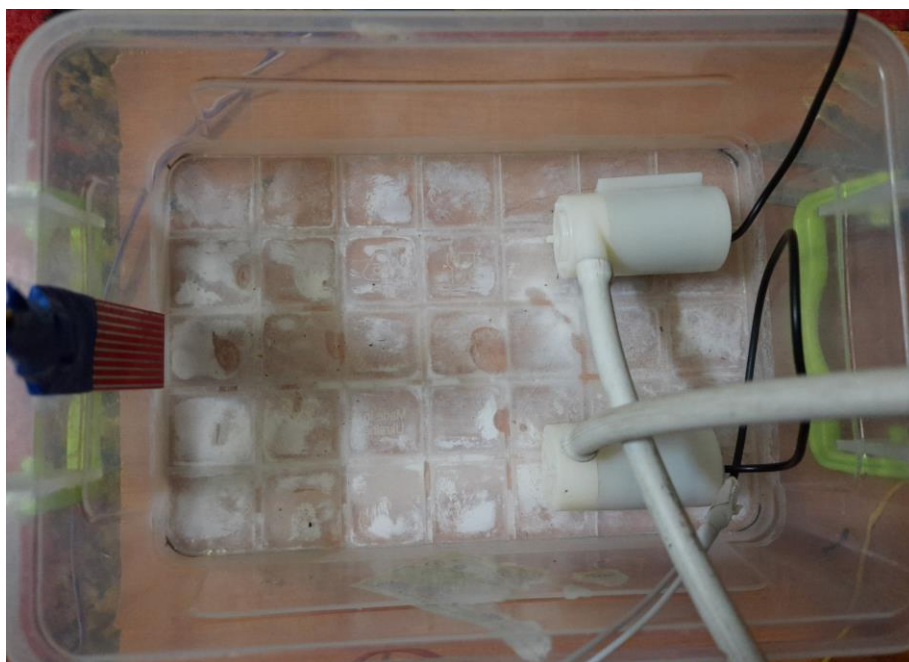


Рис. 2.56 – Порожній резервуар для води

Перед початком роботи системи потрібно в додатку для кожної пари датчиків виставити необхідний рівень вологи для кожного з горщика.



Рис. 2.57 – Вибір необхідного рівня вологи для рослини

Для кожної з рослин були обрані показники вологості ґрунту, зображені на рис. 2.58.



Рис. 2.58 – Обрані рівні вологи для рослин

Після того як були обрані необхідні рівні вологи для кожної пари датчиків в резервуар заливається вода до необхідного рівня (рис. 2.59).

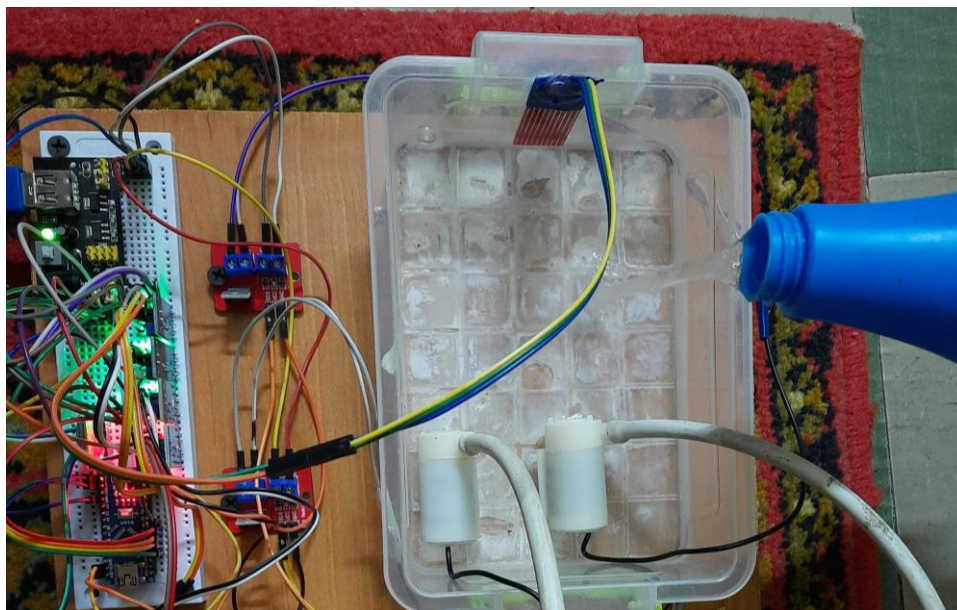


Рис. 2.59 – Заповнення резервуара водою

Датчики вологи знаходяться в ґрунті, якщо датчики будуть знаходитися в другому середовищі, ніж земля, то дані не будуть відображатися.



Рис. 2.60 – Знаходження датчиків вологості в ґрунті

Після того, як система перевірила дані з датчиків вологи ґрунту та датчика об'єму резервуара, система відпрацьовує алгоритм, визначаючи потребу в поливі рослин, на рис. 2.61 відображена актуальна інформація про вологість ґрунту в даний час та заданий користувачем рівень вологи в горщику. В першому горщику рівень поточної вологи ґрунту не є задовільним, в другому горщику рівень вологи є задовільним. Алгоритм відпрацює наступним образом, оскільки в першому горщику рівень вологи не є задовільним, то на 2-3 секунди буде увімкнута помпа, помпа для 2-го горщика залишиться без змін. Після 2-3 секунд помпа першого горщика перестане перекачку води для того, щоб отримати актуальні дані про стан вологи ґрунту, через 5 секунд мікроконтролер приймає рішення про необхідність додаткового поливу рослини.



Рис. 2.61 – Стан вологи ґрунту під час поливу



Рис 2.62 – Стан ґрунту після поливу

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Мета розділу є розгляд безпечних методів роботи, забезпечення нормальних умов для високопродуктивної праці співробітників, які запобігають виробничому травматизму, профзахворюванням, аваріям, пожежам і т. д. в виробничих приміщеннях і на робочих місцях.

На основі аналізу виробничого приміщення (особливостей приміщення, технологічних процесів і обладнання) виявляються шкідливі фактори фізичної та хімічної природи дії, що впливають на санітарно-гігієнічні умови праці (мікроклімат, загазованість, запиленість, освітленість, тепло - і вологовиділення), а також на можливість виникнення нещасних випадків і виникнення аварійних ситуацій (пожежі, вибухи).

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити безпеку на робочому місці, виходячи з цього, перераховуються питання, які будуть опрацьовуватися в розділі «Охорона праці» пояснювальної записки.

4.1 Правові основи охорони праці жінок, неповнолітніх та інвалідів

Згідно зі статтею 10 закону України «Про охорону праці», забороняється застосування праці жінок на важких роботах і на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, на підземних роботах, крім деяких підземних робіт (не фізичних робіт або робіт, пов'язаних з санітарним та побутовим обслуговуванням), а також залучення жінок до підіймання і переміщення речей, маса яких перевищує встановлені для них граничні норми, відповідно до переліку важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, граничних норм підіймання і переміщення важких речей, що затверджуються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики в сфері охорони здоров'я.

Праця вагітних жінок і жінок, які мають неповнолітню дитину, регулюється законодавством.

Згідно зі статтею 11 закону України «Про охорону праці», не допускається залучення неповнолітніх до праці на важких роботах і на роботах зі шкідливими або небезпечними умовами праці, на підземних роботах, до нічних, надурочних робіт і робіт у вихідні дні, а також до підіймання і переміщення речей, маса яких перевищує встановлені для них граничні норми, відповідно до переліку важких робіт і робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці, граничних норм підіймання і переміщення важких речей, що затверджуються центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров'я.

Неповнолітні приймаються на роботу лише після попереднього медичного огляду.

Порядок трудового і професійного навчання неповнолітніх професіям, пов'язаним з важкими роботами і роботами зі шкідливими або небезпечними умовами праці, визначається положенням, яке затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці.

Вік, з якого допускається прийняття на роботу, тривалість робочого часу, відпусток та деякі інші умови праці неповнолітніх визначаються законом.

Згідно зі статтею 12 Закону України «Про охорону праці», підприємства, які використовують працю інвалідів, зобов'язані створювати для них умови праці з урахуванням рекомендацій медико - соціальної експертної комісії та індивідуальних програм реабілітації, вживати додаткові заходи безпеки праці, що відповідають специфічним особливостям цієї категорії працівників.

У випадках, передбачених законодавством, роботодавець зобов'язаний організувати навчання, перекваліфікацію і працевлаштування інвалідів відповідно до медичних рекомендацій.

Залучення інвалідів до надурочних робіт і робіт у нічний час можливе лише за їх згодою і за умови, що це не суперечить рекомендаціям медико - соціальної експертної комісії.

4.2 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори та їх класифікація

Шкідливий виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого, в певних умовах, призводить до захворювання або зниження працездатності.

Небезпечний виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого, в певних умовах, призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

Шкідливі виробничі фактори можуть призводити до зниження працездатності і професійних захворювань, небезпечні чинники - до виробничого травматизму і нещасних випадків на виробництві.

Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів по ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори»:

- Фізичні фактори - рухомі машини і механізми, підвищені рівні шуму і вібрації, електромагнітних та іонізуючих випромінювань, недостатня освітленість, підвищений рівень статичної електрики, підвищене значення напруги в електричному ланцюзі та ін.

- Хімічні фактори - речовини і сполуки, різні за агрегатним станом, які справляють токсичну, дратівливу, канцерогенну і мутагенну дії на організм людини і впливають на його репродуктивну функцію.

- Біологічні фактори - патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети) і продукти їх життєдіяльності, а також тварини і рослини.

- Психофізіологічні фактори - фактори трудового процесу. До них відносяться фізичні (статичні та динамічні перевантаження) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Для забезпечення дотримання вимог охорони праці, здійснення контролю за їх виконанням у кожного роботодавця, який здійснює виробничу діяльність, чисельність працівників якого перевищує 50 осіб, створюється служба охорони праці або вводиться посада спеціаліста з охорони праці, що має відповідну підготовку або досвід роботи в цій області. Структура служби охорони праці в організації і чисельність працівників служби охорони праці визначаються роботодавцем з урахуванням рекомендацій органу виконавчої влади, що здійснює функції з нормативно-правового регулювання у сфері праці.

4.3 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці

У виробничому приміщенні на організм людини і його працездатність впливають мікрокліматичні фактори. Мікроклімат виробничих приміщень визначається поєднанням температури поверхонь, що оточують.

Для попередження стомлення робітника передбачено створення навколишнього оточення, що захищає його від впливу постійних подразників.

Для робіт категорії 1а, відповідно до ГОСТ 12.1.005-88, забезпечуються наступні метеорологічні умови:

- в холодний період року: температура повітря 22-24° С, відносна вологість повітря 40 - 60%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с;
- в теплий період року: температура повітря 23-25° С, відносна вологість повітря 40 - 60%, швидкість руху повітря не більше 0,1 м/с.

Для створення і підтримки оптимальних мікрокліматичних умов, при відсутності надлишкового тепла, вологи, шкідливих речовин досить природно організованої вентиляції. У жарку пору року передбачається використання кондиціонерів у кількості 1 шт. на 25 м², в холодну - системи централізованого опалення.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби приміщення буде освітлюватися через віконні прорізи, в решту часу буде використовуватися штучне освітлення.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу світлову віддачу (до 75 лм/Вт і більше), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний склад випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ЕОМ виробляється зорова робота IV розряду. При цьому нормована освітленість на робочому місці дорівнює 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. У приміщенні, де розташовані ЕОМ, передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає СНіП 11-4-79.

4.4 Розрахунок штучного освітлення у кімнаті з заданими параметрами методом світлового потоку

Вихідні дані: довжина $a = 14$ м, ширина $b = 5,8$ м, висота $H = 4,2$ м. Приміщення має світле забарвлення: Коефіцієнт віддзеркалення $\rho_{\text{стелі}} = 50\%$, $\rho_{\text{стін}} = 30\%$, $\rho_{\text{підлоги}} = 10\%$. Висота робочих місць $h_p = 0,7$ м. Для освітлення вибираємо світильники типу ЛПО 02 (тип КСС Г-2), які кріпляться до стелі; відстань від світильника до стелі $h_c = 0,15$ м. Мінімальна освітленість згідно з нормами $E_{\text{норм}}=300$ лк.

Розрахунок:

1. Визначається висота світильників відносно підлоги:

$$h_0 = H - h_c = 4,2 - 0,15 = 4,05 \text{ (м)}.$$

Висота підвісу світильників над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_0 - h_p = 4,05 - 0,7 = 3,35 \text{ (м)}.$$

Визначаємо оптимальну відстань між світильниками:

$$L_{opt.} = \lambda \cdot h = 0,77 \cdot 3,35 = 2,5 \text{ (м)},$$

де: λ - коефіцієнт, який враховує розподіл світлового потоку в просторі (для КСС Г-2 $\lambda = 0,77$).

2. Визначаємо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{ab}{L_A \cdot L_B} = \frac{14 \cdot 5.5}{2.5 \cdot 2.5} = 12 \text{ шт.}$$

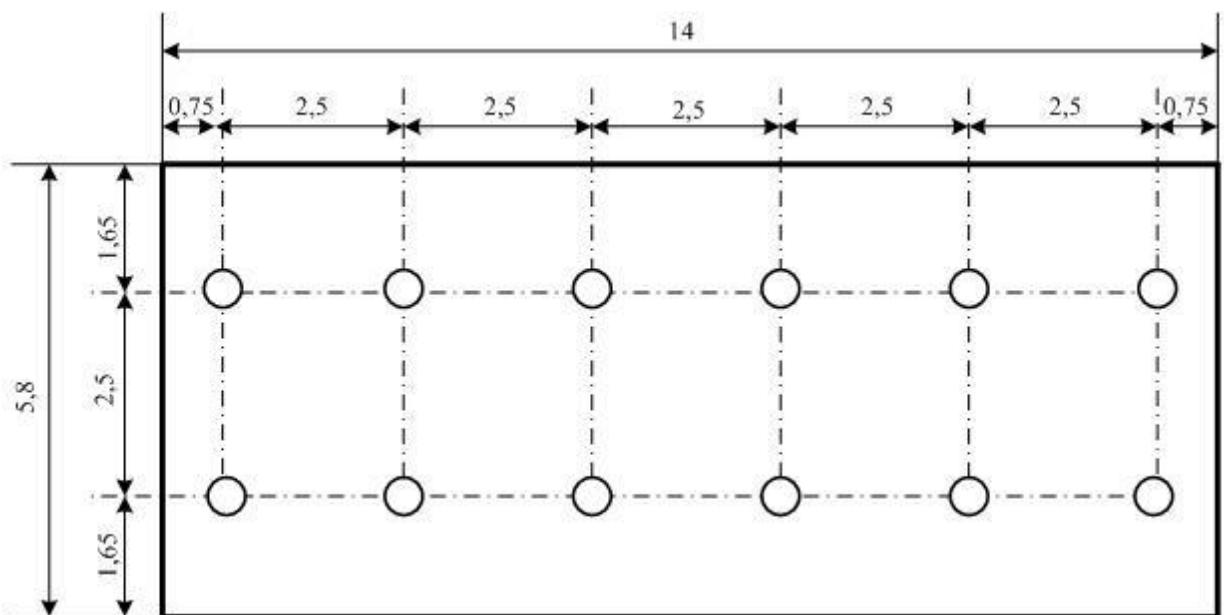


Рис 4.1 - Схема розподілу світильників в приміщенні

3. Визначимо показник приміщення:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{14 \cdot 5.5}{3.35(14+5.5)} = 1,18.$$

4. Визначаємо коефіцієнти світлового потоку $\eta = 69,8$ (%) в залежності від типу світильників $\rho_{стелі}$ (%), $\rho_{стін}$ (%), $\rho_{підлоги}$ (%).

5. Визначаємо світловий потік одного світильника:

$$F_{\text{РОЗР}} = \frac{100 \cdot E_{\text{НОРМ.}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 77 \cdot 1.3 \cdot 1.1}{12 \cdot 6 \cdot 69.8} = 657 \text{ лм.}$$

6. За певним значенням $F_{\text{РОЗР}}$ вибираємо існуючу лампу з найбільш близьким світловим потоком. Це лампа типу ЛХБ15 (675 лм)

7. Визначаємо фактичний рівень освітленості з урахуванням обраної лампи $E_{\text{ФАКТ}}$:

$$E_{\text{ФАКТ}} = \frac{F_{\text{ФАКТ}} \cdot N \cdot \eta}{100 \cdot S \cdot K_3 \cdot Z} = \frac{14 \cdot 5.5}{3.35(14+5.5)} = 51,3 \text{ лк}$$

8. Визначаємо коефіцієнт перевищення між $E_{\text{НОРМ}}$ і фактичним $E_{\text{ФАКТ}}$ значенням:

$$\Delta E = \frac{E_{\text{ФАКТ}} - E_{\text{НОРМ}}}{E_{\text{НОРМ}}} \cdot 100\% = \frac{51.3 - 300}{300} \cdot 100\% = 8,3\%$$

4.5 Розрахунок захисного заземлення

Вихідні дані:

- габаритні розміри будови - 78 • 42 м;
- глибина залягання захисного заземлення - 0,5 м;
- тип ґрунту - пісок;
- матеріал заземлювача - металевий стрижень;
- прокладка захисного заземлення здійснюється всередині будівлі;

Характеристика заземлювача:

- питомий опір ґрунту, ρ - 650 Ом • м;
- коефіцієнт екранування η_3 - 0,70;
- довжина, l - 9 м;

- діаметр, d - 0,025 м;
- відстань від верхнього кінця до рівня землі, t - 0,55 м.

Характеристика шваби, що з'єднує заземлювачі:

- коефіцієнт екранування, $\eta_{ш}$ - 0,40;
- ширина, b - 0,05 м.

Мета розрахунку захисного заземлення - це визначення кількості заземлювачів, які зможуть забезпечити електробезпеку будинку.

Кількість заземлювачів захисного заземлюючого пристрою:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3}$$

де: 4 - допустимий загальний опір захисного заземлюючого пристрою, Ом;

Ψ - коефіцієнт сезонності. Коефіцієнт сезонності залежить від кліматичної зони території. Місцевість Донецького регіону відповідає III кліматичній зоні, тобто (січень: - 10 - 0 °С; липня: 22 - 24 °С; замерзання води \approx 100 днів) Для III кліматичної зони коефіцієнт сезонності $\Psi = 2$.

η_3 - коефіцієнт екранування заземлення; за умовами приймаємо рівним 0,7.

Опір заземлення визначається за формулою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2\pi \cdot \ell} \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + \ell}{4 \cdot t - \ell} \right), \text{ Ом}$$

де: $\rho = 650$ Ом - питомий опір ґрунту, тобто опір 1 м^3 ґрунту, Ом;

ℓ - довжина заземлення. За умовами довжина стержня - 9 м.

d - діаметр заземлювача, м; за умовами $d = 0,025$ м.

t - відстань від середини розташованого в ґрунті заземлення до рівня землі, м;

$$t = \frac{l}{2} + t', \text{ м}$$

За умовою завдання - глибина заземлення, тобто відстань від верхнього кінця заземлення до поверхні землі (t'), дорівнює 0,55 м. Отже:

$$t = \frac{9}{2} + 0,55 = 5,05 \text{ м}$$

Опір заземлення можна визначити:

$$R_3 = \frac{650}{2 \cdot 3,14 \cdot 9} \left(\ln \frac{2 \cdot 9}{0,025} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 5,05 + 9}{4 \cdot 5,05 - 9} \right) = 81,42 \text{ Ом}$$

Тепер можна визначити кількість заземлювачів:

$$n = \frac{\Psi \cdot R_3}{4 \cdot \eta_3} = n = \frac{2 \cdot 81,42}{4 \cdot 0,7} = 58,16 \approx 58 \text{ штук}$$

Перевірка ефективності розрахованого захисного заземлення проводиться виходячи з умови, що опір захисного заземлюючого пристрою, повинен бути $< 4 \text{ Ом}$.

Опір захисного заземлення пристрою визначається за формулою:

$$R_{3zn} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_n}, \text{ Ом, } < 4 \text{ Ом}$$

де: R_3 - опір заземлення, $R_3 = 81,42 \text{ Ом}$;

R_n - опір лінії, що з'єднує заземлювачі, Ом;

n - кількість заземлювачів; $n = 58 \text{ штук}$;

η_3 - коефіцієнт екранування заземлення; $= 0,7$;

η_n - коефіцієнт екранування з'єднувальної смуги; за умовами $0,4$

Опір лінії, що з'єднує заземлювачі, визначається за формулою:

$$R_n = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t'}, \text{ Ом},$$

де: L - довжина лінії, що з'єднує заземлювачі, м; За контурного заземлення приблизно дорівнює периметру виробничої будівлі; $L = 2 \cdot (78 + 42) = 240$ м.

b - ширина смуги, м; За умовою завдання прокладка смуги всередині будівлі, так $b = 0,05$ м;

t' - глибина занурення в землю заземлюючих пристроїв, м ; яка зазвичай приймається не менше 0,5 м. Приймаємо 0,5 м.

$$R_n = \frac{650}{2 \cdot 3,14 \cdot 240} \cdot \ln \frac{2 \cdot 240^2}{0,05 \cdot 0,55} = 6,3 \text{ Ом}$$

Тепер визначаємо $R_{ззн}$:

$$R_{ззн} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_n \cdot n \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_n} = \frac{81,42 \cdot 6,3}{6,3 \cdot 58 \cdot 0,7 + 81,42 \cdot 0,4} \approx 1,78 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Висновок:

Розрахунки показують, що опір захисного заземлюючого пристрою $R_{ззн} = 1,78$ Ом, тобто менше 4 Ом. Таким чином, можна вважати, що захисний заземлюючий пристрій може забезпечити електробезпеку виробничої будівлі.

ВИСНОВКИ

В даному проекті виконана розробка системи дистанційного управління процесом поливу кімнатних рослин, яка призначена для автоматизації процесу поливу кімнатних рослин, а також для контролю та регулювання процесу.

Метою роботи було розробка і реалізація системи дистанційного управління процесом поливу кімнатних рослин.

Об'єктом дослідження були системи автоматичного поливу кімнатних рослин.

Предметом дослідження були методи і алгоритми контролю вологи ґрунту в режимі реального часу.

У процесі роботи були виконані наступні поставлені завдання:

- проведено аналіз задач системи;
- визначено структуру системи;
- обґрунтовано і вибрано засоби реалізації системи;
- спроектовано структурні складові та алгоритми роботи системи;
- спроектовано програмне забезпечення системи;
- промодельована робота системи.

Розроблена система автоматичного поливу має провідний тип підключення, керуючі елементи схеми підключені до одної інформаційної шини, по якій передаються керуючі сигнали до виконавчих вузлів.

Система може виконувати наступні функції:

- визначати поточний рівень вологи в горщиках;
- підтримувати заданий користувачем рівень вологи ґрунту;
- визначати рівень води в резервуарі.

Розроблена система має переваги перед своїми конкурентами в тому, що система має найнижчу собівартість серед аналогів, відмінно підходить для невибагливих квітів, має інтуїтивно зрозумілий додаток для гаджета, не потребує підключення до напруги 220В, можливо запустити від переносного

носія живлення, наприклад Power Bank з напругою 5В, при цьому система буде працювати максимально коректно та протягом довгого часу.

До недоліків системи можна віднести те, що для розширення можливостей по кількості одночасно підключених горщиків до системи автополиву, потрібна модернізація з додаванням додаткових датчиків та розширення резервуара для води. При зміні цільового призначення системи потрібно буде підбирати інші датчики. Отже, відповідно, може змінитися структурна та принципова схема системи та програмне забезпечення.

В цілому робота відповідає поставленому завданню.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Amazon [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.amazon.com/Claber-8053-4-Programs-Automatic-Watering/dp/B000U5YFR4/ref=sr_1_1?dchild=1&keywords=Claber+8053+Oasis+4Programs+%2F20+Plants+Garden+Automatic+Drip+Watering+System&qid=1603902323&sr=8-1
2. Amazon [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.amazon.com/Orbit-62061Z-Single-Programmable-1-Valve/dp/B004INGS8S/ref=sr_1_1?dchild=1&keywords=Orbit+62061Z+Single-Outlet+Hose+Watering+Timer%2C+1&qid=1603906806&sr=8-1
3. Amazon [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.amazon.com/Rachio-Smart-Bundle-Generation-16-Intelligence/dp/B088F6LS38/ref=sr_1_1?dchild=1&keywords=Rachio+3+Smart+Bundle%3A+Includes+Rachio+3rd+Generation-16+Zone+Smart+Sprinkler+Controller&qid=1603919024&sr=8-1
4. Prom.ua [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://prom.ua/p1120574349-sistema-avtopoliva-plantt.html?&primelead=MS4zMw>
5. Aliexpress [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://aliexpress.ru/item/33040350267.html?tt=API&af=1532208_1&utm_campaign=1532208_1&aff_platform=api-new-link-generate&utm_medium=cpa&cn=42qjubm4pfw7iicdd4gl7me2usck5nn1&dp=v5_42qjubm4pfw7iicdd4gl7me2usck5nn1&cv=39705794&product_id=33040350267&sk=_bX5xtT2&aff_trace_key=c32350ed7d91407d88c919caf5321272-1605448012602-04117-_bX5xtT2&terminal_id=b498a82b719d4253ac1fc87c01aa4274&tmLog=new_Detail&utm_source=epn&utm_content=39705794
6. Технічні характеристики МП Arduino [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
7. Технічні характеристики аналогового датчика вологості ґрунту [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-vlazhnosti-pochvy-arduino/>

8. Даташит мікроконтролера Atmega 328 [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA_328.html

9. Технічні характеристики плати Arduino Nano [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://wiki.amperka.ru/%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%8B:arduino-nano>

10. Даташит транзистора IRF520 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Irf520%20datasheet>

11. Технічні характеристики заглиблювальної помпи [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://arduino.ua/prod3722-vodyanoi-pogryjnoi-nasos-pompa-3-6-v-120lch>

12. Технічні характеристики датчика рівня води, глибиномір T1592 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://freedelivery.com.ua/arduino-100/datchiki-130/datchik-urovnja-vody-glubinomer-t1592-modul-arduino.html>

13. Технічні характеристики Bluetooth модуля HC-08 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://wiki.keyestudio.com/KS0355_keyestudio_HC-08_Bluetooth_Module

14. Модуль живлення для макетної плати [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://imrad.com.ua/userdata/modules/productFiles/5m47Rpa8_MB102-PS.pdf

15. Возможности подключения Wi-Fi модуля esp8266 к arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduinoplus.ru /podkluchenie-wi-fi-modulya-k-arduino/>

16. Стаття «Як вибрати датчик вологи» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sensorica.ru/docs/art3.shtml>

17. Практическая энциклопедия Arduino Петин В. А., Биняковский А. А. ДМК-Пресс – 2017. – ст. 131

18. Электроника Проекты с использованием контроллера Arduino 2-е издание Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» Петин В. - 2015 - ст. 312