

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра обчислювальної техніки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: «Методи і мікроконтролерні засоби
моніторингу та оптимізації глибини обробки ґрунту»

08-23.МКР.005.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1КІ-19м
спеціальності:

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лановий Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н доц. Крупельницький Л. В.

(прізвище та ініціали)

Методи і мікроконтролерні засоби моніторингу та оптимізації глибини обробки ґрунту

Лановий Роман Олександрович

Крупельницький Леонід Віталійович

ІКІ-19м

Реферат

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена створенню алгоритму, програмного та апаратного забезпечення для моніторингу та автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту.

За основу було обрано алгоритм виявлення ущільненого шару ґрунту за допомогою сенсорів, визначення нульової точки, визначення максимального значення відбитого сигналу, порівняння із заданим показником необхідної глибини, порівняння даних показників глибини, при їх відмінності зміна глибини.

Програмне забезпечення надає можливість керувати апаратною платформою, виконувати моніторинг глибини обробки ґрунту та виконувати автоматичне регулювання глибини за заданими показниками. Окрім цього водієві сільськогосподарської машини надається зручний інтерфейс для можливості здійснення необхідних налаштувань для автоматичного виконання функцій під час польових робіт, а також додаткові функції, такі як: встановлення заданої глибини, зміна глибини в залежності від ландшафтної поверхні, виведення даних на монітор, дистанційний моніторинг виконання робіт в режимі реального часу та інше.

У дипломній роботі розроблено: метод, алгоритм, програмне забезпечення та апаратний пристрій для моніторингу виконання робіт по заданій технології обробки ґрунту та вирощування різних культур на великих земельних ділянках.

Abstract

This master's thesis is devoted to the creation of algorithms, software and hardware for monitoring and automatic control of tillage depth. The algorithm for detecting the compacted soil layer with the help of sensors, determining the zero point, determining the maximum value of the reflected signal, comparison with a given indicator of the required depth, comparison of these depth indicators, with their difference change in depth.

The software provides the ability to control the hardware platform, monitor the depth of tillage and perform automatic depth adjustment according to specified parameters. In addition, the driver of the agricultural machine is provided with a user-friendly interface to make the necessary settings to automatically perform functions during field work, as well as additional functions such as: setting the set depth, changing the depth depending on the landscape surface, monitoring data, remote monitoring works in real time and more.

In the thesis developed: method, algorithm, software and hardware device for monitoring the performance of works on a given technology of tillage and cultivation of various crops on large plots of land.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ. ТИПИ СЕНСОРІВ, ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ, СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І РЕГУЛЮВАННЯ ГЛИБИНИ ОБРОБКИ ҐРУНТІВ	9
1.1 Агротехнічні вимоги до заходів обробки ґрунту	9
1.2 Сучасні методи та засоби дослідження вимірювання глибини обробки в Україні	11
1.3 Огляд методів та засобів керування сільськогосподарською роботою	14
1.3.1 Функціональні можливості.....	14
1.3.2 Безпілотні технології.....	15
1.4 Аналіз прототипів та порівняння конкурентних систем аналізу, контролю, регулювання та вимірювання глибини обробки ґрунту.	18
1.5 Використання різних типів датчиків для моніторингу та оптимізації	23
2 РОЗРОБКА МЕТОДУ, ВИБІР МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ТА ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ГЛИБИНИ ОБРОБКИ ҐРУНТУ	32
2.1 Розробка і застосування методу для моніторингу та оптимізації глибини обробки.....	32
2.1.1 Формування технічних вимог до системи.....	33
2.1.2 Призначення і область застосування.....	33
2.1.3 Склад та функціональні властивості.....	34
2.1.4 Технічні параметри.....	35
2.2 Етапи реалізації системи моніторингу	36
2.3 Вибір мікроконтролерних засобів для опрацювання інформаційних даних, отриманих сенсорами.....	37
2.4 Характеристика і вибір мікроконтролера.....	43
2.5 Історія створення мікроконтролерів STM32.....	45
2.6 Вибір вимірювальних сенсорів для моніторингу та отримання даних	50

					08-23.МКР.005.00.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Лановий Р.О.			Методи і мікроконтролерні засоби моніторингу та оптимізації глибини обробки ґрунту		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.							6	121	
Реценз.		Кутершич Л. В.					1КІ – 19м		
Н. Контр.		Швець С.І.							
Затверд.		Азаров О. Д.							

ВСТУП

Розробка вбудованих пристроїв в наш час – це один із найперспективніших видів інженерної діяльності. Вбудована система - це апаратна частина, яка працює під управлінням комп'ютера. Тобто під це визначення потрапляють всі системи та пристрої, оснащені апаратною платформою. Цей напрям лежить на стику програмування і апаратної інженерії. Подібні платформи також почали використовувати в агропромисловості, яка з кожним роком швидко розвивається та наповнюється новітньою технікою. Дана техніка оснащена різними електронними системами для контролю та управління агрегатів під час роботи. Одним із основних завдань є дотримання певних технологій вирощування зернових та овочевих культур.

Велика кількість агрохолдингів та приватних фермерів зіткнулись із такою проблемою, як: погана схожість та урожайність. Причиною даної проблеми є недотримання вимог технологій, складність контролю обробки ґрунту, відсутність системи для контролю та автоматичного регулювання.

Ще однією проблемою є крадіжка залишку палива за рахунок фізичного втручання машиністів. Зменшивши глибину, відповідно зменшується навантаження на техніку, що дає можливість працювати на більшій швидкості та економити витрату палива. Дане недотримання технологій обробки та вирощування культур негативно впливає на урожайність. На невеликих ділянках дані втрати є незначними, але на ділянках з великою площею ці втрати є суттєвими.

Більшість українських фермерів не мають фінансової можливості придбати закордонну техніку, оснащену спеціальними сенсорами тому користуються застарілою. Існує не так багато техніки, оснащеної подібною системою сенсорів для виконання вимірювання. Тому було вирішено розробити новий метод та систему, яка б налічувала багато функціональних можливостей та засобів моніторингу для оптимізації обробки землі.

Актуальність розробки нових методів та мікропроцесорних засобів моніторингу і регулювання глибини обробки ґрунту обумовлена необхідністю збільшення урожайності, ефективності та якості обробки ґрунту.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси обробки ґрунту сучасною сільськогосподарською технікою.

Предметом дослідження є методи моніторингу та мікропроцесорні засоби контролю за глибиною обробки ґрунту в реальному часі.

Метою роботи є розробка методів та мікропроцесорних засобів отримання моніторингової інформації та автоматичного регулювання. Для дослідження цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати наявну інформацію щодо агротехнічних вимог до основних заходів обробки ґрунту;
- розглянути сучасні методи і засоби контролю та дослідження вимірювання глибини обробки;
- дослідити прототипи та конкурентні системи контролю та регулювання;
- сформулювати технічні вимоги до розробки;
- реалізувати апаратну частину системи;
- реалізувати програмну частину системи;
- протестувати розроблену програмну та апаратну частини проекту;
- обґрунтувати основні техніко-економічні показники і ефективність виконання розробки.

Для досягнення поставленої в роботі мети використовуються такі **методи дослідження**:

- системний аналіз, який застосовується для дослідження методів моніторингу глибини обробки ґрунту;
- модульні методи проектування мікропроцесорних складових систем керування технікою;
- методи програмування мікропроцесорних систем в інтегрованому середовищі для дослідження експериментальних взірців.

Наукова новизна магістерської роботи: вперше в Україні запропоновано метод та мікропроцесорні засоби моніторингу і керування агрегатами сільськогосподарської техніки, який забезпечує підтримання точного значення оптимальної глибини обробки ґрунту з функцією контролю процесу роботи за геоданими.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено структуру комп'ютерної системи моніторингу обробки ґрунту в рамках заданої земельної ділянки, що обробляється. Створено і впроваджено експериментальні взірці мікропроцесорного контролю та управління сільськогосподарськими агрегатами.

Апробацію виконано в процесі реалізації стартап-проекту «Craft Scanner», який неодноразово став переможцем технічних конкурсів та змагань на рівні України та ВНТУ. Матеріали проекту доповідались автором на науково-технічних конференціях [1,2].

Публікації за темою роботи:

1) Мікропроцесорний модуль автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту “CRAFT SCANNER” Р. О. Лановий, В.О.Мартишев // Тези доповіді XLVI науково-технічної конференції факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії / 2017, Вінниця. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2017/paper/view/2683>

2) Лановий Р.О. – Мікропроцесорний модуль автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту // Збірник наукових праць Всеукраїнського форуму студентів політехнічних університетів // 26-28 квітня 2017р., м.Миколаїв, с.43-45.

1 ОГЛЯД І АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ. ТИПИ СЕНСОРІВ, ЗАСОБИ ОПТИМІЗАЦІЇ, СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І РЕГУЛЮВАННЯ ГЛИБИНИ ОБРОБКИ ҐРУНТІВ

1.1 Агротехнічні вимоги до заходів обробки ґрунту

Основне завдання сільського господарства - забезпечити зростаючі потреби населення екологічно чистою рослинною їжею, худобу кормом, а переробну промисловість сільськогосподарською сировиною. Успішне вирішення цієї проблеми можливе за умови розширеного відтворення родючості ґрунту, високої польової культури та врожайності сільськогосподарських культур. Важливою передумовою отримання високих урожаїв є своєчасне та якісне впровадження всіх компонентів (сільськогосподарських заходів) раціональної технології вирощування сільськогосподарських культур, зокрема, систем обробітку ґрунту. Під системою обробітку ґрунту в сільському господарстві розуміють ґрунтообробні заходи (оранка, обробіток, боронування, вальцювання тощо), які виконуються в певній послідовності для певного врожаю або сівозміни.

Не може бути високоефективного сільського господарства, якщо навіть деякі компоненти системи обробітку ґрунту вводяться із запізненням і неякісно. Тому в кожному господарстві, включаючи ферму, повинен бути встановлений постійний контроль за якістю всіх сільськогосподарських робіт у процесі їх виконання. Однією з найважливіших передумов організації управління якістю обробітку ґрунту є створення контрольно-вимірювальної служби та застосування сучасних методів контролю якості основного, передпосівного та післяпосівного обробітку ґрунту. Ці роботи повинні виконуватися відповідно до існуючих стандартів. Для цього використовують інструментальний та візуальний (очний) методи.

Інструментальний метод є більш об'єктивним, тобто точнішим, ніж візуальний. Він заснований на використанні простих приладів і приладів, що використовуються для визначення якості польових робіт. Сюди входять

профільний калібр, свердло Каленцева, борозенка, транспорир та інші. Також застосовуються механізовані засоби вимірювання якості обробітку ґрунту. Зокрема, глибину оранки можна визначити за допомогою датчика плуга АВК-АГІ, який постійно автоматично реєструє своє середнє значення. Профілограф ґрунту визначає стан розпушування ґрунту та профіль його поверхні до і після проходу ґрунтообробної машини або інструменту. Часто при високій професійній підготовці та досвіді власника якість польових робіт визначається візуальним (очним) методом. При визначенні якості окремих видів діяльності найчастіше враховують своєчасність, глибину, прямолінійність, недоліки, нерівності тощо. Для оцінки якості польових робіт на науковій основі необхідно встановити:

- 1) агрономічні вимоги, які повинні відповідати певним заходам;
- 2) об'єктивні показники якості роботи;
- 3) способи визначення окремих показників якості польових робіт безпосередньо у виробничому середовищі, використовуючи новітні досягнення науки і техніки.

При розробці системи обробітку ґрунту необхідно враховувати: - біологічні особливості цієї культури;

- стан поля (попередник, внесення добрив, бур'яни, ступінь ущільнення ґрунту тощо);
- аграрні властивості ґрунту (питома вага, насипна щільність, структура ґрунту, твердість, когезія, липкість, пластичність тощо);
- кліматичні та погодні умови протягом декількох років;
- організаційні можливості економіки.

Правильна система обробітку ґрунту складається з основного обробітку ґрунту з попереднім лушенням стерні та відповідними заходами передпосівної та післяпосівної підготовки ґрунту і є одним з найважливіших заходів щодо поліпшення родючості ґрунту, врожайності та якості продукції рослинництва. Обробка ґрунту є важливим заходом для знищення бур'янів, шкідників та збудників хвороб.

1.2 Сучасні методи та засоби дослідження вимірювання глибини обробки в Україні

Сільське господарство часто вважається традиційним, особливо в сучасному суспільстві. Насправді реальність дещо інша. Сучасні фермери завжди ретельно досліджували нові технології і зараз активно розширюють нові - цифрові засоби виробництва. Краще розуміння генетики покращило процес вирощування насіння. Використання систем точного землеробства, зокрема супутникових знімків, для виявлення місцевих потреб у переробці збільшило продуктивність праці, зменшивши при цьому кількість добрив та пестицидів. Тепер прийшов час наступного кроку - цифрового.

Без супутникової навігації досить складно уявити ситуацію в сільському господарстві. Третє десятиліття це забезпечило багато зручності людям нашої планети та дало можливість фермерам бути більш точними та ефективними. Сьогодні система стала більш глобальною, оскільки включає не лише американський GPS, а й російський ГЛОНАСС та європейський Galileo. Визначення точних координат розташування приладів з точністю в реальному часі до 2,5 см відкриває широкий спектр можливостей для використання економічних та екологічно чистих технологій. Сюди входять внесення добрив, обробка ґрунту, точний посів та обприскування сільськогосподарських культур без зазорів та перекриттів, точна робота комбайна, картографування врожаю та багато інших технологічних операцій, які працюють краще та менше.

За останні 20 років розвиток цієї галузі дав людству значний поштовх для руху до ефективності. При використанні мобільного телефону ефективність водіння зросла в кілька разів. Крім того, сучасні телефони стали багатофункціональними пристроями. Вони здатні виконувати багато корисних завдань, про які людство в минулому могло лише мріяти. Кількість сучасних мобільних пристроїв перевищує кількість людей на планеті, тому без них важко уявити сучасне життя в цілому та аграрний сектор зокрема.



Рисунок 1.1 – Інтерфейс програм для контролю обробки ґрунту

Однак мобільні пристрої - це лише інструменти, і ключове значення в програмах, що відповідають необхідним завданням. Більшість законних розробників мобільного програмного забезпечення постійно вдосконалюють можливості своїх продуктів. Як результат, керівникам легше контролювати всі виробничі процеси, набагато простіше спеціалістам сільського господарства приймати рішення, інженерний відділ може в режимі реального часу перевіряти компоненти обладнання та проектувати роботу. 'питання. Сьогодні існує безліч додатків та програм, які якимось чином допомагають фермеру, залишається лише вибрати правильний продукт.

Сьогодні робітник виконує багато завдань у сільському господарстві (хоча якість цієї роботи не завжди є відповідною), включаючи висадку складів та обрізку лози. Однак останнім часом докладається більше зусиль для створення незалежного обладнання для масового виробництва. Наприклад, Kinze розробив самохідний бункер, який відстежує суміш у безпечному місці та дозволяє вивантажувати зерно під час руху.

Нещодавно багато постачальників нових пристроїв (апаратне забезпечення, програмне забезпечення тощо) використовували LPWAN (широкополосна мережа низької потужності) для розширення стільникової мережі за допомогою бездротової передачі даних. Ці мережі призначені для передачі невеликих даних, які часто подорожують на великі відстані. Оскільки

мережеві пристрої LPWA виконують такі дії з дуже низькою потужністю, їх незалежність довша, ніж у сучасних телефонів. Це, в поєднанні з меншими витратами на використання Інтернету, забезпечує значну перевагу для економіки в цілому більше, ніж інші варіанти.

Зміни на цьому не зупиняються. Завдяки потужності обчислювальних комп'ютерів, яка за останнє десятиліття зросла в десятки і сотні разів, тепер ми маємо смартфони з майже необмеженими можливостями. Двадцять років тому такою потужністю володіли лише суперкомп'ютери, тому обробка великої кількості даних була недоступна для звичайних фермерів. Смартфони тепер мають можливість збирати та аналізувати великі обсяги даних, тому час великих даних можна вважати відкритим. Швидке та ефективне обробіток поліпшує агрофізичні особливості ґрунту (кількість, пористість, структуру ґрунту тощо), що покращує воду, повітря та поживні речовини ґрунту [6].

Обладнання також може бути встановлене на тракторах або інших сільськогосподарських машинах, і разом з інформацією про погоду може використовуватися для визначення правильного часу висіву. Це може сильно вплинути на швидкість росту рослин, забезпечення вологою та кінцевий урожай. Деякі пристрої можуть керувати самим обладнанням, щоб переконатися, що воно працює належним чином, взаємодіє з іншими пристроями та навіть замовляючи нові компоненти. Виробники також можуть скористатися цифровою трансформацією. Поширене спонтанне доіння. Фермери тепер можуть використовувати датчики, які показують готовність корови до штучного насіння, навіть коли вона збирається народити.

Вміння не тільки збирати багато інформації, але й аналізувати її в реальному часі - ще один цінний інструмент для сучасного фермера. Якщо сільське господарство не зможе прогнати зростаюче населення, особливо багатих, що їдять м'ясо, суспільство не матиме реального майбутнього. Фермерам щороку потрібна велика допомога, щоб отримати найкраще від своєї землі.

У 1960-х та 1970-х роках перша «зелена» революція використовувала розповсюдження розумних рослин для різкого збільшення врожаю рису та пшениці в той час, коли сьогодні світ намагався прогодувати половину населення. Друга революція в розпалі. Це застосування наших знань про генетику рослин та тварин, а також здатність до генної інженерії розвивати важливі риси.

Настав час третьої «зеленої» революції, яка приносить хмару цифрової науки. Вони прокладають шлях фермерам до різкого підвищення їх продуктивності та збільшення їх сільськогосподарського та тваринницького потенціалу. Іншими словами, отримати хороший результат з кожного квадратного метра або навіть з кожного заводу було б реальністю. Спочатку вважалося, що цифрова революція торкнеться лише США та Європи, але тепер зниження вартості технічної складової призвело до розвитку цих технологій у країнах, що розвиваються. Крім того, світовий попит на продовольство зовсім не зменшується, тому всі заходи щодо підвищення ефективності будуть ефективно використані. Ці два фактори будуть відігравати вирішальну роль у трансформації сільськогосподарських наук у всьому світі, поки не буде доступної технології виробництва продуктів харчування або чисельність населення світу не припинить зростати [5].

1.3 Огляд методів та засобів керування сільськогосподарською роботою

1.3.1 Функціональні можливості

Функціональність сучасних датчиків збільшується майже щомісяця. Мова йде про точність і можливість одночасного фіксації кількох параметрів. Це дозволяє створити компактні аналізатори, за допомогою яких ви можете отримати основні показники через Інтернет та змінити налаштування інструменту (сівалки, розкидачі добрив, обприскувачі). Прикладами можуть служити датчики Smartfirmer, які точно визначають місця посадки на сівалках. Вони можуть вимірювати вологість ґрунту, вміст органічних речовин та

кількість рослинних залишків у режимі реального часу. Тобто, виходячи з цих даних, сівалка може негайно змінити швидкість висіву. Фермеру не потрібно збирати багато даних, робити аналіз ґрунту тощо. Економити час і гроші - божевільно. Сьогодні технологія знаходиться на завершальній стадії тестування, і з 2018 року вона буде пропонуватися споживачам. Система є оптичним датчиком, який фактично визначає вищезазначені параметри ґрунту.

1.3.2 Безпілотні технології

Робото-технічні платформи, які можна приклеїти до потрібних агрегатів і працювати просто за потреби, зручно та ефективно. Насправді це найближче майбутнє, адже такі машини лише здаються ненадійними. Навіть їх сучасний потенціал дуже великий, і їх в основному можна використовувати на повну потужність. Ті самі датчики, встановлені в таких машинах, за кілька років "бачитимуть" втричі краще. Аналітичний блок також стане більш індивідуальним, і тоді людина-оператор не зможе конкурувати з машинним розумом. Хоча насправді це буде не штучний інтелект, а просто досить розумна машина, яка буде виконувати певну роботу в певних межах.

Кількість робочих місць не зменшиться, а перенесеться з поля в офіс. Тобто люди, які сидять за екраном комп'ютера, просто контролюватимуть роботу машин і будуть лише втручатися у реалізацію технологічних процесів, коли це необхідно. Ті, хто колись любив грати в комп'ютерні ігри, незабаром зможуть перетворити свою гру на справжній бізнес. Такий оператор зможе одночасно контролювати роботу декількох машин або всього агрегату, оскільки ступінь автоматизації буде майже стовідсотковою, ручне управління застосовуватиметься лише в надзвичайних ситуаціях. Поза офісом працюватиме лише інженерна служба, завдання якої полягатиме в підтримці обладнання в належному стані. Усі сервісні та ремонтні роботи виконуватимуть ці люди. І це не далеке майбутнє, а зовсім близько. Мине п'ять років, і такі технології з'являться на українських полях [7,9].

У 2011 році AGCO створила систему Guide Connect на базі тракторів Fendt, яка з'єднує обидві машини за допомогою радіосигналу та супутникової навігаційної системи. Тож тепер один оператор може керувати двома тракторами одночасно. Case IH продемонстрував звичайний трактор без водія. За допомогою комп'ютера, навігаційної системи та датчиків машина може виконувати роботу без будь-якого оператора. Звичайно, сьогодні це новинка, але в найближчі роки ця технологія, ймовірно, набуде широкого поширення.



Рисунок 1.2 – «Безпілотний» трактор Fendt

Сучасний фермер продовжує вирощувати ті самі культури, але він повинен збільшувати врожайність і бути більш передбачуваним, одночасно зменшуючи використання дорогих добрив та хімікатів та витрачаючи якомога менше часу. Це означає збільшення залежності від досконалої сільськогосподарської техніки, яка може виконувати всі технологічні операції дуже ефективно.

Поява супутників GPS дозволила точно контролювати трактори та комбайни, а інші супутникові датчики дозволяють фермерам визначати вміст вологи в ґрунті або рівень розвитку рослин. Фермери завжди знають свою землю, кожну ниву та кожну її частину. Однак нові системи відкривають нові можливості для підвищення ефективності кожного квадратного метра. Підключені пристрої вже використовуються в сучасному суспільстві. Наприклад, «розумний дім» пов'язує власника з обладнанням та комунальними послугами. У сільському господарстві це може бути комбінація

польових датчиків для реєстрації стану ґрунту (вологості, температури) та даних погоди та супутникового моніторингу в реальному часі. Зазвичай ця комбінація найкраще працює в програмах управління та інших програмах управління бізнесом [3,4].

Навчальні машини Сучасні машини здатні збирати та зберігати різноманітні дані. Крім того, вони вже здатні їх аналізувати та вживати певні дії на основі цього аналізу. Наприклад, змінити норми висіву та добрив та ЗЗР, керувати зрошувальними системами тощо. Одним із прикладів є американська система See and Spray, яка збирає дані на місцях, аналізує їх за допомогою своєї бази даних, відрізняє посіви від бур'янів та обробляє лише ті ділянки, які в них потребують. З одного боку, така система економить значні засоби індивідуального захисту, але головною проблемою, яку вона повинна вирішити, є боротьба з стійкими до гербіцидів бур'янами. За кордоном ці бур'яни особливо поширені на бавовняних полях і становлять принаймні економічну загрозу для фермерів.



Рисунок 1.3 – Робот «Mars», виготовлений фірмою «Claas»

Таким чином, система дозволяє використовувати набагато ширший спектр гербіцидів, який знищує як бур'яни, так і посіви. Звичайно, це неприємно, але краще економічно знищити невелику частину поля, що зовсім не впливає на кінцевий результат, що постійні бур'яни ростуть і покривають все поле за кілька сезонів [13].

1.4 Аналіз прототипів та порівняння конкурентних систем аналізу, контролю, регулювання та вимірювання глибини обробки ґрунту

Нові підходи до аналізу ґрунту призводять до того, що фермер отримує невелике обладнання для визначення якості складу. Сучасні процеси дуже складні: спочатку потрібно багато їздити на поля, збирати зразки, а потім відправляти за кордон, де аналізуються великі гроші. Навіть для швидкого аналізу зразки повинні бути зібрані та доставлені до місцевої лабораторії. Нові технології, такі як Soil Cares, скорочують час на отримання результатів за лічені хвилини. Іншими словами, агроном може отримати результати на місцях і створити робочі аркуші добрив безпосередньо перед тим, як машини залишать двір.

Зараз доступні рішення для оптимізації ущільнення ґрунту та підвищення ефективності. Одним із таких рішень є використання різних вимірювачів щільності ґрунту - приладів, які вимірюють опір ґрунту, оскільки чутливі елементи пристрою вводяться в ґрунт.



Рисунок 1.4 – Щільномір ґрунту

Відомі також пристрої для оперативного контролю глибини колії звільняючих ґрунт елементів сільськогосподарської техніки. Однак ці пристрої мають дуже складну конструкцію, низьку надійність контролю глибини шару ґрунту, ущільненого вздовж робочих елементів машини, а також високі витрати.

Особливої уваги заслуговує використання радіофізичних методів, заснованих на ультразвуковому випромінюванні. Наприклад, спосіб безперервного профілювання радіохвиль рухомого поля, який під час руху трактора в залежності від діелектричної проникності ґрунту дозволяє контролювати зміни амплітуди та фази струму високої частоти в спеціальному пристрої та відповідно визначати стиснуті поля. Результати попередніх експериментальних досліджень використовувались для визначення електрофізичних параметрів природного середовища, з яких складається ґрунт.

Результати пошуку. Відомі закономірності розповсюдження електромагнітних сигналів у щільних та пухких ґрунтах є основою принципу дії розробленого експериментального радіофізичного пристрою, призначеного для безперервного контролю щільності ґрунту під час руху машинного трактора по землі.



Рисунок 1.5 – Експериментальна модель мікроконтролера пристрою оперативного визначення глибини залягання плужної підшви

Пристрій працює наступним чином: - передавач (генератор імпульсів), що міститься в блоці генерації, прийому і обробки сигналів, формує електричний імпульс:

- ультразвуковий датчик-випромінювач перетворює її в звукову хвилю і відправляє він на землю;
- звукова хвиля відбивається від ущільненого шару ґрунту і повертається до датчика випромінювача, який перетворює її в електричний сигнал;
- приймач, що входить до складу блоку генерації, прийому і обробки сигналів, підсилює прийнятий сигнал і відправляє його на мікроконтролер;
- мікроконтролер обробляє сигнал, отриманий датчиком-випромінювачем, і виводить оброблену інформацію на дисплей блоку відображення і управління у вигляді зображення, відповідно до якого водій збільшує або зменшує глибину залягання ґрунту.

Прилад «Агротестер» В основі приладу лежить метод вимірювання комплексного опору ґрунту в змінному електричному полі (так званий кондуктометрический метод). Він складається з цифрового електронного вимірювального блоку на світлодіодах і датчика свердління. Датчик Agrotester сконструйований таким чином, що дві круглі лопаті шнека служать засобом занурення датчика на задану глибину і засобом вимірювання, тобто конденсатором, в якому середовищем між лопатями є ґрунт. Вага комплекту 6 кг. Він споживає 1,5 Вт електроенергії від автономного акумуляторного блоку живлення.

Цей прилад набагато краще пристосований до сільськогосподарської техніки, а тому має велику перевагу перед РНП-1. Для його використання не потрібно укладати стаціонарний кожух в землю. Датчик «Агротестера» після завершення вимірювань занурюється в ґрунт і виймається і поле звільняється для проведення подальших робіт, пов'язаних з посівом (посадкою) культур і доглядом за ними. Також приємно те, що датчик «Агротестер» з телескопічною трубкою кріпиться до вимірювального приладу і становить з ним єдине ціле, що створює додаткову зручність при використанні приладу в польових умовах. Однак сам Агротестер і метод визначення вологості ґрунту

мають певні недоліки. По-перше, метод вимірювання комплексного опору ґрунту Z на двох частотах і відносини показань приладу при високих і низьких показаннях виявилися недостатньо ефективними [7].

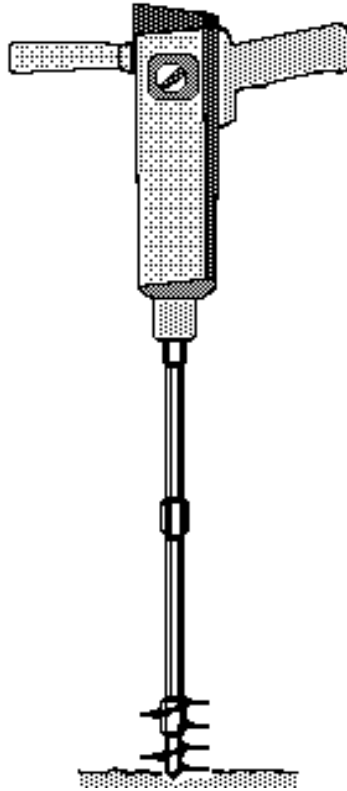


Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд приладу “Агротестер”

Вимірювач параметрів ґрунтів ВПГ-1 (ИПП-1)

Пристрій ВРГ-1 використовує принцип вимірювання складної електропровідності I в низькочастотному змінному струмі (до 10 кГц). Основні його технічні дані такі: діапазон вимірювання вологості ґрунту 2 - 40% сухої ґрунтової маси, діапазон вимірювання температури ґрунту - 0... + 50 ° С, Стандартне відхилення від даних методу ТБ 2,5%. Вага вимірювального приладу - 2 кг, вага датчика - 1,5 кг, споживає прилад 70 мВ від акумулятора типу "Корона" напругою 9 В. Набір приладів включає вимірювальний прилад на основі звичайного мікроамперметра, датчик-свердло та сполучний кабель між ними (див. Рисунок 4). Пристрій було створено в УкрНДГМІ.

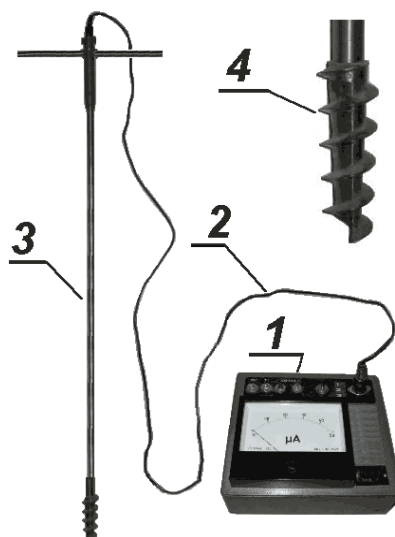


Рисунок 1.7 – Вимірювач параметрів ґрунтів ВПГ-1

- 1) вимірювальний блок вологості і температури;
- 2) з'єднувальний шнур;
- 3) датчик-свердло;
- 4) чутливі до вологості і температури елементи датчика у збільшеному вигляді.

На відміну від методів вимірювання, що застосовуються в приладах GNP-1 та Agrotester, розроблена спеціальна методика визначення глибини та вологості ґрунту за допомогою ВПГ-1, згідно з якою прилад повинен бути відкалібрований на цьому ґрунті та визначити т. зв. -так звані коефіцієнти калібрування. Метод вимірювання ВПГ-1 також забезпечує компенсацію температурних помилок шляхом корекції температури T , виміряної тим самим ВПГ-1 на тій самій глибині, що і I , що також не було передбачено в методах GNP-1 та Agrotester. Завдяки цим характеристикам вперше вдалося отримати позитивні результати випробувань перших 15 приладів, вироблених на харківському заводі «Елітан» (вимірювальний прилад) та гідрометеорологічних приладів СДВ (датчик) в Обнінську. У 1985 р. 15 приладів було випробувано лише на деяких типах ґрунтів в Україні. Потім, після отримання задовільних результатів польових випробувань, замовлених у 1987 році Генеральним управлінням гідрометеорологічної служби СРСР, завод «Промисловий зв'язок» в Охтирці виготовив ще 200 комплектів для

більш широких випробувань у колишньому Радянському Союзі. 100 комплектів було розподілено в системі гідрометеорологічної служби, решта - у науково-дослідних установах та в індивідуальних господарствах.

Аналіз патентної науково-технічної літератури та інформації, представленої в Інтернеті про авіаційні методи контролю стану земної поверхні, особливо рослинності та ґрунту, свідчить про те, що розробці таких методів управління, наземних методів та засобів управління приділяється мало уваги. Розроблені моделі оцінки стану рослин і ґрунту на основі супутникових даних, що базуються головним чином на законах оптики, термодинаміки та інших фізичних законах, завжди потребуватимуть експериментальної перевірки в земних умовах. А для цього потрібна надійна земельна мережа для контролю стану рослин та ґрунту. Однак існують дуже складні і, тим не менше, важливі проблеми, пов'язані з особливостями авіації та наземних методів.

Ці методи придатні лише для використання на невеликих кількостях ріллі. Для великої кількості ґрунту краще використовувати вбудовані системи вимірювання та контролю. В даний час різні організації та фермерські господарства використовують інформаційні технології для вдосконалення та вдосконалення методів роботи. Оскільки ІТ - одна з найперспективніших сфер, в яку варто вкладати певні інвестиції. Більшість технологій точного землеробства покладаються на інтелектуальні датчики для збору екологічних та екологічних даних. Ми пропонуємо розглянути найважливіші датчики 2018 року, які довели свою ефективність в агросфері. Світовий ринок сільськогосподарських датчиків перевищить 2,75 мільярда доларів до 2026 року, а показник CAGR становитиме 12,5% з 2018 по 2026 рік [4,5].

1.5 Використання різних типів датчиків для моніторингу та оптимізації

Бездротові датчики використовуються в прецизійному сільському господарстві для збору даних про наявність підземних вод, ущільнення ґрунту,

родючість ґрунту, температуру листя, індекс площі листя, стан води рослин, місцеві кліматичні дані, комах інвазій бур'яни тощо. Не виключено, що управління водними ресурсами має найсучасніші та різноманітніші технології, оскільки в США значно посилено регулювання використання води в умовах дефіциту води. Отже, розвиток цієї галузі досяг значного прогресу. Це також актуально для України, оскільки посухи стають системними, рівень підземних вод постійно знижується, що принципово змінює підхід до виробництва рослинництва у багатьох регіонах.

Датчики зеленої маси, що використовуються в системах оперативного спостереження, отримали визнання. GreenSeeker (Trimble), OptRk (Ag Leader) та CropSpec (Topcon) збирають інформацію в режимі реального часу для зміни норми внесення добрив.

WeedSeeker - це датчик виявлення тростини Trimble, призначений для визначення ділянок, де потрібно застосовувати гербіциди. Ця технологія окупається дуже швидко, якщо на полях є ділянки з бур'янами, стійкими до певних гербіцидів [6].

Смарт-сенсор Libelium Libelium випустив нову версію датчика Smart Poljoprivreda, що підвищує максимальну точність моніторингу врожаю. Це вдосконалений плагін VasMPote Sense. Smart Agriculture Xtreme включає найсучасніші датчики для найвимогливіших рослин: виноградників, садів та теплиць.

Нове рішення має 19 датчиків від надійних виробників сільськогосподарської техніки. Це дозволяє вимірювати різні параметри, пов'язані з погодними умовами, рівнями сонячного світла та радіації, морфологією ґрунту, наявністю добрив, добовим приростом рослин, плодів та іншими параметрами навколишнього середовища.

Датчик Smart Agriculture Xtreme включає більш надійну метеостанцію для вимірювання вітру та опадів за допомогою оптичних технологій. Він також оснащений повним набором датчиків, які дозволяють вимірювати

ультрафіолетове та короткохвильове випромінювання, випромінювання для фотосинтезу.

Датчики морфології ґрунту дозволяють визначати необхідну кількість добрива, вимірюючи електричний опір, водний потенціал ґрунту та рівень кисню в ньому. Новий пристрій дозволяє підключити спеціальний датчик для вимірювання температури рослин на поверхні. А для щоденного моніторингу росту існують дендрометри для контролю росту кореня, стебла та самого плоду.

Сенсори Libelium використовувались у кількох глобальних проектах, які продемонстрували потужність цієї платформи IoT. Виноградники, какао, тютюн, полуниця, банани, ківі, оливки, кукурудза контролювали за допомогою платформи Libelium Smart Agriculture IoT. Це дало можливість показати ефективність датчика на практиці - результати представлені в white paper.

Sentera sensors:



Рисунок 1.8 – Sentera’s Double 4K Sensor

«Sentera sensors» — сільськогосподарські сенсори, призначені для визначення індексів вегетації рослин.

Sentera Double 4K — це невелика камера з двома сенсорами, яка сумісна з будь-яким БПЛА. Сенсори призначені для використання в суворих

кліматичних умовах. За допомогою цієї інноваційної технології користувачі можуть збирати візуальні смуги та індекси рослинності на основі NIR або Red Edge, у тому числі NDVI або NDRE. Багатоспектральний подвійний 4К сенсорний варіант пропонує п'ять спектральних смуг: синю, зелену, червону та NIR. Використовуючи запатентовану технологію, мультиспектральний сенсор Sentera допомагає агрономам, консультантам з рослинництва та виробникам виявляти проблеми з їхніми культурами раніше і з більшою точністю[9].

Сенсор «CropX»

CropX — сенсор ґрунту другого покоління, який аналізує стан ґрунту на певній ділянці та подає необхідну кількість води. Оптимальна вологість ґрунту позитивно впливає на розвиток кореневої системи рослини, дозволяючи їй отримувати більше поживних речовин і збільшувати врожайність. Зрошувальні системи працюють у країнах з низьким рівнем опадів, але часто не враховують різну потребу у вологості в різних частинах поля. Це призводить до переповнення та витоку корисних мікроелементів. CropX може вирішити цю проблему. Принцип експлуатації полягає в аналізі стану ґрунту на певній ділянці поля та введенні нормованого об'єму води.

Датчики вологи розміщуються в полі. Вони підключені до Інтернету, і користувачі можуть отримати інформацію про потреби в зрошенні через мобільний додаток. CropX залучив інвестиції від Bayer, Roberts Bosch Venture Capital та Flex. Виробник планує створити повністю автоматизовану зрошувальну систему.

Система датчиків Semios Сенсори Semios розробили екологічно чистий метод боротьби з популяціями шкідників за допомогою радіочастотних модулів та шлюзів на основі SNAP. Пристрої розташовані по всьому полю. Вони дозволяють контролювати наявність шкідників на певній території. Якщо їх критична кількість перевищена, відповідне повідомлення надсилається фермеру.

Компанія використовує датчики боротьби зі шкідниками як основу для інших розумних рішень. Може бути цікаво поєднати цю систему з розробкою Parabug. Наприклад, Семіос надсилає інформацію про шкідників, тоді як Парабуг відправляє корисних комах до ураженої області для боротьби з ними. Парабуг використовує повітряні транспортні засоби, включаючи БЛА, для швидкого розповсюдження біологічних речовин, корисних комах.

Польовий моніторинг Bosch Група Bosch оцінює потенціал світового ринку в мільярд євро. Згідно з цими прогнозами, на Міжнародній виставці сільськогосподарських машин в Іспанії Сарагоса (FIMA) представила Bosch Field Monitoring, точне сільськогосподарське рішення, яке вже використовується для таких культур, як виноградники, цитрусові, помідори та оливкові дерева. Конфігурація сигналів цієї системи запобігає повній або частковій втраті виробництва через мороз. Вимірюючи температуру вологої цибулини в будь-який час, фермер може вжити відповідних профілактичних заходів.

Крім того, Bosch Field Monitoring запобігає надмірному споживанню водних ресурсів, оскільки також вимірює вологість ґрунту, дозволяючи визначити, коли і скільки води потрібно рослині. Система контролює температуру та вологість рослини. Таким чином, коли виробник отримує сигнал на свій смартфон, у нього є достатньо часу, щоб відповісти. Він може активізувати зрошувальну систему, щоб ґрунт не був надто сухий, або вжити заходів для запобігання утворенню грибків.

Сумісність компонентів більшості виробників сьогодні досягається за допомогою стандарту ISOBUS. Однак досягнуте поєднання не завжди дозволяє використовувати кілька продуктів одночасно. Особливо якщо мова йде про конкуруючих виробників. Звичайно, маркетинг тут працює, кожен хоче бути особливим, але фермери не завжди можуть отримати те, що їм потрібно.



Рисунок 1.9 – Система контролю температури та вологості рослин «Bosch Field Monitoring»

Є багато випадків, коли досить сильні сільськогосподарські компанії змушені створювати власне програмне забезпечення лише для того, щоб поєднати роботу обладнання різних виробників. Витрачений на це час і гроші можна було б витратити на більш корисні чи цікаві речі, якби все обладнання було уніфіковане, сумісне та мало простий графічний інтерфейс управління.

Деякі виробники вже почали використовувати звичайні планшети, що використовуються для контролю та управління обладнанням. Однак на сьогоднішній день питання стандартизації електронної частини обладнання не вирішене повністю, робота триває, і результат буде найближчим часом [16,17].

Ультразвуковий датчик відстані HC-SR04 працює в діапазоні від 2 до 400 см, а межа точності може досягати до 3 мм. Система включає ультразвуковий передавач, приймач та блок управління. На показання датчиків практично не впливає сонячне випромінювання та електромагнітний шум. На передній панелі HC-SR04 є два ультразвукові датчики, перший з написом T (передавач) - це передавач ультразвукової хвилі (TCT40-16T), а другий з написом R (Receive) - приймач відбитих ультразвукових хвиль (TCT40-16R), по центру розташований вивідний кварцовий генератор на 27 МГц.

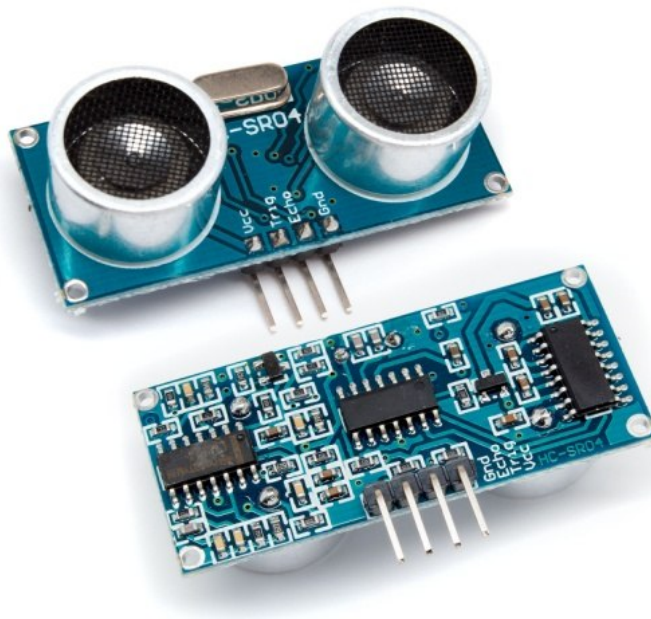


Рисунок 1.10 – Загальний вигляд модуля HC SR04

Характеристики сенсора HC SR04:

- діапазон вимірювання відстані 0,03м-4м;
- частота ультразвуку 40kHz;
- кут зору 30град.;
- інтерфейс 2 логічні TTL лінії;
- вихідна інформація імпульс 0,15..25mS;
- напруга живлення «Vcc» 5V;
- струм споживання в активному режимі 15mA;
- розмір модуля 45x20x15mm.

Принцип роботи: на вихід trig (тригер) посилаємо високий рівень протягом як мінімум 10мкс, модуль починає посилати ультразвукові імпульси з частотою 40 кГц і приймає їх назад, якщо в зоні видимості є будь-які перешкоди. Якщо сигнал повертається, модуль встановлює низький рівень на виході echo на 150мс. За часом, який минув з п.1 до низького рівня на виході echo можна розрахувати відстань до перешкоди за формулою – (відстань = $(\text{time} * \text{sound velocity}) / 2$), де time - вимірний час імпульсу, sound velocity - швидкість звуку (340 м / с).

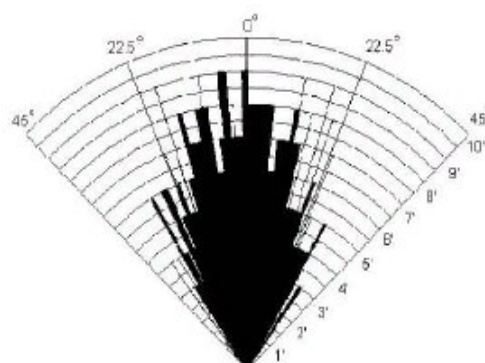
Точність сенсора залежить від декількох факторів:

- температури і вологості повітря;
- відстані до об'єкта;
- розташування щодо датчика (згідно діаграми випромінювання);
- якості виконання елементів модуля сенсора.

В основу принципу дії будь-якого ультразвукового сенсора закладено явище відображення акустичних хвиль, що поширюються в повітрі. Як відомо з курсу фізики, швидкість поширення звуку в повітрі залежить від властивостей цього самого повітря (в першу чергу від температури). Сенсор, випускаючи хвилі і заміряючи час до їх повернення, не здогадується, в якому саме середовищі вони будуть поширюватися і бере для розрахунків деяку середню величину. В реальних умовах через фактор температури повітря HC-SR04 може помилятися від 1 до 3-5 см. Фактор відстані до об'єкта важливий, тому що росте ймовірність відбиття від сусідніх предметів, до того ж і сам сигнал загасає з відстанню.

Також для підвищення точності треба правильно направити датчик: зробити так, щоб предмет був в рамках конуса діаграми спрямованості. Простіше кажучи, «очі» HC-SR04 повинні дивитися прямо на предмет.

Діаграма спрямованості HC-SR04:



Practical test of performance.

Best in 30 degree angle

Рисунок 1.11 – Діаграма спрямованості HC SR04

Для зменшення помилок і похибки вимірювань зазвичай виконуються наступні дії:

- до уваги береться середнє значення (кілька разів заміряємо, прибираємо сплески, потім знаходимо середнє);
- за допомогою сенсорів (наприклад, DHT11 або DHT22) визначається температура і вносяться поправочні коефіцієнти;
- сенсор встановлюється на серводвигун, за допомогою якого ми «повертаємо голову», переміщаючи діаграму спрямованості вліво або вправо [15].

Пристрої, які потрібні для підключення:

- ультразвуковий далекомір HC-SR04;
- Arduino Uno (Mega, Leonardo, Nano, тощо);
- конектори (4 шт).

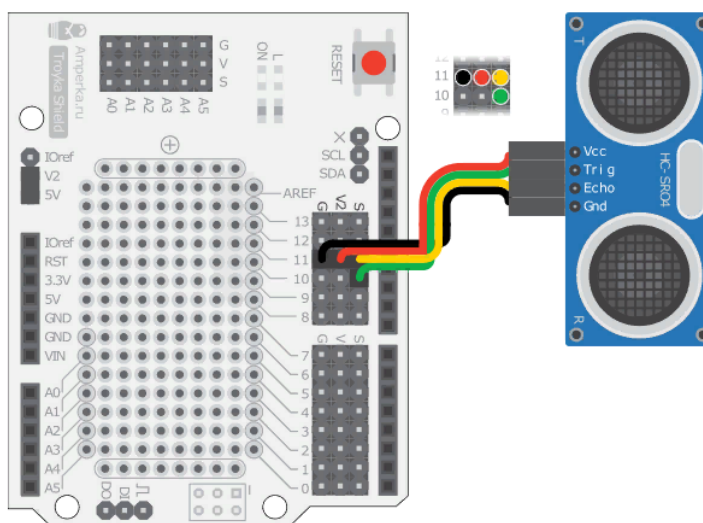


Рисунок 1.12 – Підключення модуля HC SR04 до Arduino

Модуль підключається чотирма проводами. Контакти VCC і GND служать для підключення живлення, а Trig і Echo- для відправки і прийому сигналів далекоміра. Підключаємо їх до пінів 10 і 11 відповідно.

Після підключення потрібно завантажити скетч в мікроконтролер.

Принципова схема підключення сенсора зображена на рисунку 1.13.

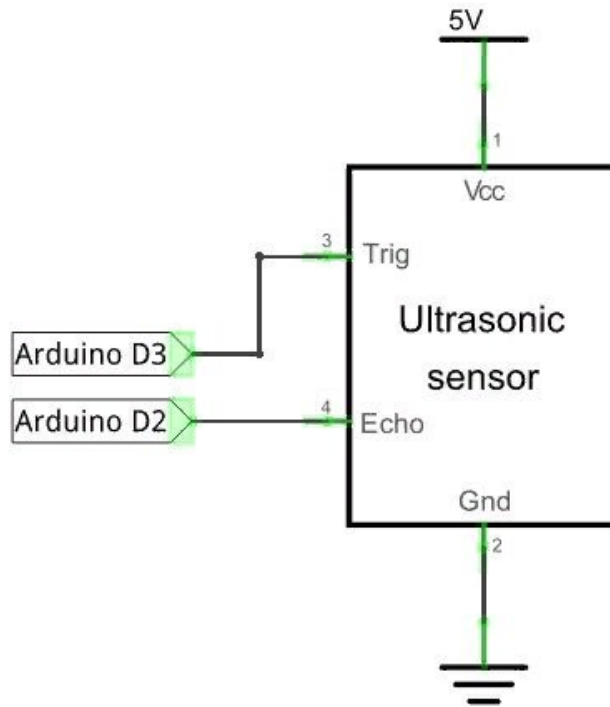


Рисунок 1.13 – Принципова схема підключення модуля HC SR04 до Arduino

2 РОЗРОБКА МЕТОДУ, ВИБІР МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ТА ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОТОЧНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КОНТРОЛЮ ГЛИБИНИ ОБРОБКИ ҐРУНТУ

2.1 Розробка і застосування методу для моніторингу та оптимізації глибини обробки

Принцип роботи ультразвукового вимірюючого сенсора базується на вимірі проміжку часу з моменту випромінювання ультразвукового імпульсу до моменту його прийому після відбиття від ущільненого шару ґрунту. Із збільшенням щільності ґрунту зростає його діелектрична проникність, що провокує швидке відбиття радіохвилі. Це пояснюється тим, що під час ущільнення ґрунту вміст у ньому повітряної фази, яка має зовсім малу діелектричну проникність, зменшується за рахунок зростання твердої фази з великою діелектричною проникністю. Глибина залягання ущільненого шару

ґрунту, що вимірюється сенсором. Інформація з нього подається на мікроконтролер, який обробляє її за визначеним алгоритмом та подає сигнал на головний блок керуючого модуля, відповідно до якого система автоматично збільшує або зменшує глибину ходу ґрунторозпушувача.

При використанні радіочастотних сигналів достатньо складно реалізувати поставлені задачі. Це обумовлено тим, що в ґрунті можуть виникати істотні спотворення сигналів, обумовлених частотною дисперсією фазової швидкості і затуханням радіохвиль в рихлому ґрунті та часом прийому відбитого сигналу від ущільненого шару ґрунту. Компенсацію цих спотворень необхідно здійснювати шляхом відповідної математичної обробки сигналів.

2.1.1 Формування технічних вимог до системи

Оскільки більшість систем контролю за обробкою ґрунту заздалегідь встановлені на сільськогосподарську техніку, яка є недешевою на даний час, не мають можливості інтеграції на іншу сільськогосподарську техніку. Проаналізувавши прототипи та конкурентні системи, було вирішено створити власну бюджетну, яка буде дешевшою, енерго-економічною та універсальною. Дана система носить назву «Craft Scanner» - це власно-розроблений стартап-проект, який був продемонстрований на різних технічних конкурсах та виставках, неодноразово виборював призові місця, після чого був одобрений однією із найбільших агро-компаній «Kernel».

«Craft Scanner» - це система універсальних модулів, оснащених ультразвуковими сенсорами високої точності, які можна встановити на будь-яку техніку чи агрегати.

2.1.2 Призначення і область застосування

В роботі реалізована ідея покращення якості обробки ґрунту за рахунок введення автоматичного регулювання глибини обробки. Пропонується мікропроцесорний пристрій, який буде сканувати відстань від рами обладнання до необробленої поверхні ґрунту та автоматично регулювати її.

Прототипом, що передбачений Договором, є експериментальний взірець мікропроцесорного модуля автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту (далі – модуль).

2.1.3 Склад та функціональні властивості

Всі механізми та сенсори управляються за допомогою розробленого модуля із драйверами, головним компонентом якого є мікроконтролер. В розробці застосований безпроводний інтерфейс для обміну даними між **керуючим і вимірювальними** пристроями моніторингу та управління. Пристрій керування встановлюється в кабіні трактора та приєднується до електричних кіл керування гідравлічною системою. Вимірювальний пристрій із сенсорами встановлюється на рамі обладнання та на гідравлічних циліндрах.

Вмонтований модуль із датчиками вимірює глибину обробки і автоматично регулює під задану. Достатньо лише вказати бажану глибину і всі механізми будуть виконувати певні функції, залежно від зміни рельєфу на певній площі.

Ультразвукові сенсори використовуються для вимірювання глибини обробки ґрунту, монтуються на гідравлічних циліндрах, інші датчики монтуються на рамі будь-якої СГ техніки для точного вимірювання глибини обробки. Бажана глибина задається на керуючому пристрої, встановленому в кабіні трактора. Якщо глибина змінилась від заданої, то сигнал подається з вимірювального пристрою на керуючий, після чого приводяться в дію певні виконавчі механізми для встановлення заданої глибини. В першій версії модульної системи “Craft Scanner” керуючий пристрій буде вміщувати панель для задання глибини обробки, яку повинна підтримувати дана система. В наступній версії планується керування із смартфона або внутрішнього бортового комп’ютера. Детальніша інформація розміщена в п. 2.5 договору

Перед початком роботи необхідно провести калібрування сенсорів для того, щоб отримати точні результати під час вимірювання та коректної роботи системи автоматичного регулювання глибини обробки земельної ділянки.

Для передачі даних між керуючим і виконуючим модулями буде використовуватись радіо-модуль nrf 24101, який працює в неліцензованому радіодіапазоні 2,4GHz. Кожен модуль має унікальний ідентифікатор, що запобігає передаванню даних на сусідні модулі. В наступній версії модульної системи “Craft Scanner” планується з’єднання керуючого модуля із смартфоном. Для передачі даних між ними використовуватиметься модуль Bluetooth hc-06.

Передача інформації на сервер про роботу трактора в полі здійснюватиметься через GSM при наявності покриття. При відсутності покриття, є можливість отримання даних, збережених на внутрішній пам’яті управляючого пристрою.

2.1.4 Технічні параметри

Типи ґрунтів, що обробляються:

- сірі лісові;
- темно-сірі опідзолені;
- опідзолені чорноземи;
- типові чорноземи;
- звичайні чорноземи;
- південні чорноземи.

Діапазон регулювання глибини обробки ґрунту – від 0 до 500 мм, уточняється залежно від типу навісного чи причіпного обладнання та коефіцієнту передачі руху штока циліндра на робочий орган.

Точність підтримки глибини обробки ґрунту в діапазоні регулювання – 20мм (для чорнозему).

Довжина підйомів або впадин, при яких виконується зміна регулювання обробки (оранки, глибокого рихлення) ґрунту (при швидкості 10-12 км/год.) – більша, ніж відстань між датчиками, розташованими на кінцях рами.

Для вимірювання глибини обробки ґрунту при роботі з однією робочою секцією регулювання агрегату потрібно 2 сенсори, крім того, потрібно встановити датчик на гідравлічний циліндр, який відповідає за підйом цього обладнання.

Потрібно передбачити можливість роботи з «оборотними» плугами, тому є потреба у встановленні другої пари додаткових сенсорів з протилежної сторони та їх автоматичного перемикання. При роботі із секційною СГ кількість датчиків відповідно більша.

Проведені технічні параметри повинні забезпечувати при такі умовах експлуатації:

- діапазон робочих температур від -10 до +50 °С;
- швидкість руху трактора з обладнанням - від 0 до 30 км/год;
- відсутність сильних атмосферних опадів.

2.2 Етапи реалізації системи моніторингу

Розробка програмного продукту під вимірювальний пристрій - створення програми, яка буде керувати датчиками і передавати дані на керуючий пристрій для моніторингу та управління (бортовий комп'ютер або мобільний пристрій).

Виготовлення робочих прототипів та тестування – виготовлення робочих плат із контролерами та датчиками для сканування глибини обробки ґрунту, інтерфейсу для передачі даних на пристрій моніторингу (3-4 комплекти).

Розробка програмного забезпечення для керуючого пристрою моніторингу та управління – створення програми на базі Android, встановлення на бортові комп'ютери або мобільні пристрої для того, щоб слідкувати за виконанням польових робіт.

Створення сервера для синхронізації даних – створення серверної програми для отримання та передачі даних з пристроїв моніторингу.

Назви компонентів – найменування комплектуючих та деталей, потрібних для отримання робочого модуля.

Модуль в зборі – готовий робочий модуль із мінімальної кількістю датчиків для вимірювання глибини (2 шт.). Мікроконтролер вміщує в собі модуль Bluetooth для передачі даних.

Мінімальна кількість сенсорів:

- 1) для монтажу на сільськогосподарській машині (на циліндрі – 1),
- 2) для монтажу на рамі сільськогосподарської техніки – 2.

2.3 Вибір мікроконтролерних засобів для опрацювання інформаційних даних, отриманих сенсорами

Однокристальні мікроконтролери широко використовуються в різноманітних додатках, починаючи від вимірювальних приладів, камер та відеокамер, принтерів, сканерів та копіювальних апаратів, закінчуючи електронними розважальними продуктами та різноманітною побутовою технікою.

Перші мікроконтролери з'явилися в 1970-х роках, оскільки найпоширенішими є 8-розрядні мікроконтролери, а розробка 32-розрядних відкладається роками. Ситуація змінилася з бурхливим розвитком мікропроцесорної архітектури ARM. Легкий і недорогий у виготовленні, він широко використовується в бортовому обладнанні.

Особливості мікропроцесорів ATMEGA У середині 1997 року група розробників ATMEGA створила концепцію нових високошвидкісних мікроконтролерів AVR, які швидко завоювали визнання споживачів. Мікроконтролери AVR є частиною архітектури RISC. RISC (Reduced Instruction Set Computing) - це зменшена архітектура процесора набору команд, також відома як архітектура «Навантаження / зберігання». Основними особливостями архітектури RISC є:

- мала кількість інструкцій;
- однакова довжина для всіх інструкцій;

- невелика кількість різних форматів команд;
- відсутність інструкцій по роботі з операндами в пам'яті (крім інструкцій завантаження та збереження);
- мала кількість апаратно підтримуваних типів даних;
- велика кількість однакових реєстрів загального призначення.

Головна перевага процесорів RISC полягає в тому, що вони прості, виконують обмежену кількість інструкцій і, отже, дуже швидкі. Це зменшує витрати та складність їх програмування. Недоліком архітектури RISC була необхідність створення додаткових команд збірки. Мікроконтролери серії AVR включають компаратори, АЦП, ШІМ-пристрої, послідовні порти вводу-виводу. Звичайно, різні номінали містять різні пристрої, але разом вони поширені сьогодні.

Мікроконтролери AVR дозволяють використовувати архітектуру Гарварда для прискорення роботи та паралельного виконання декількох операцій (рис. 15). Ця архітектура забезпечує окрему пам'ять та окремі адресні шини для програми та даних.

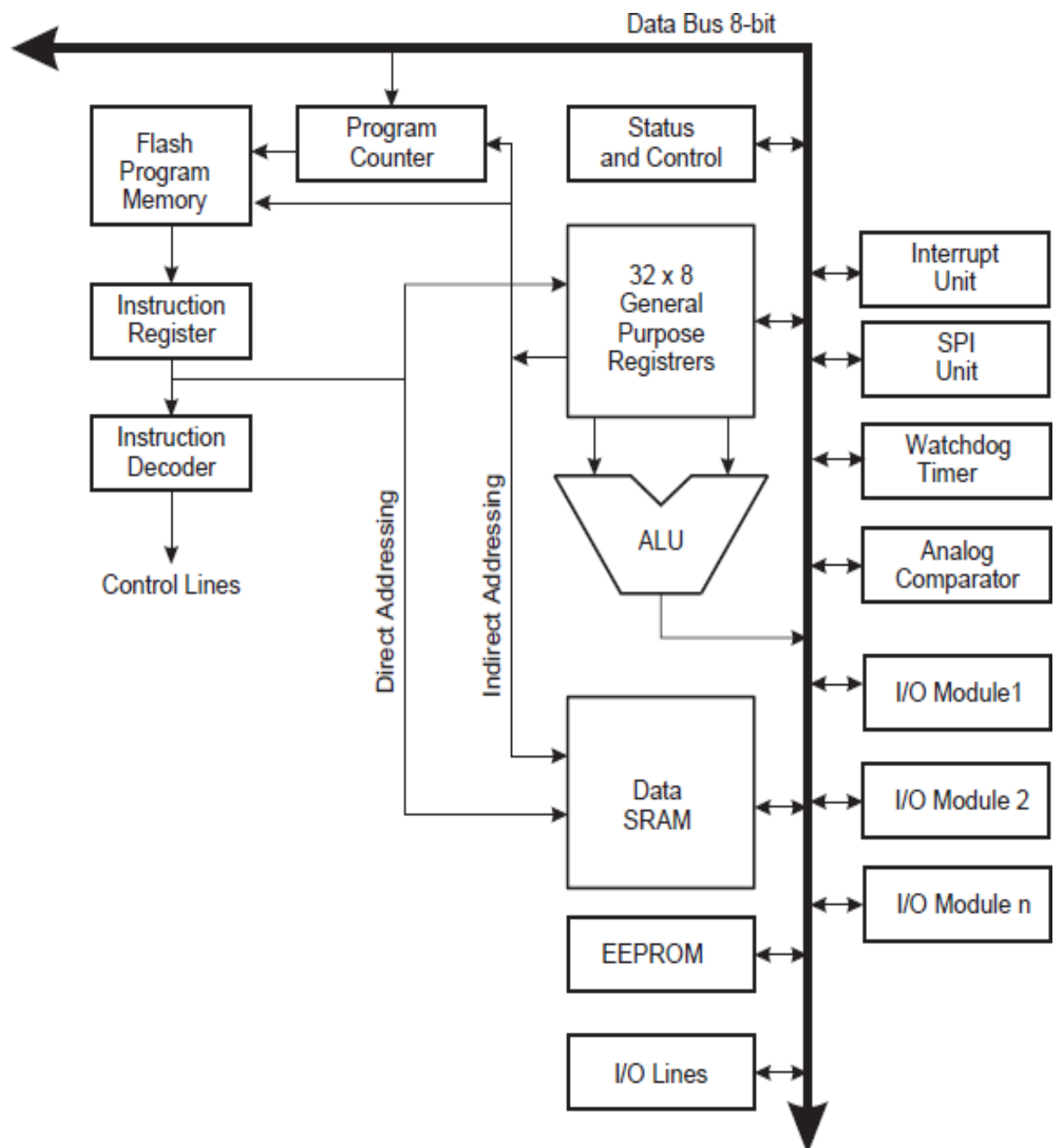


Рисунок 2.1 – Стандартна схема AVR мікроконтролера

Кожна команда пам'яті програм виконується в машинному циклі з використанням багатоциклової обробки труб. Наступного разу, коли буде виконана наступна команда, наступна команда буде прочитана з пам'яті програми. Ця концепція дозволяє системному генератору виконувати одну команду за тактовий цикл. Сегмент програмної пам'яті - це програмована флеш-пам'ять, яка знаходиться фізично.

Файл реєстру швидкого доступу містить 32 регістри загального призначення з восьми сторінок, до яких доступний єдиний тактовий цикл генератора системи. Це дозволяє арифметично-логічному пристрою (АЦП) виконувати більшість операцій за один цикл.

ATtiny2313 - це малопотужний CMOS-8-бітний мікроконтролер, заснований на архітектурі RISC з посиленням AVR. Виконуючи потужні команди за один годинний цикл, ATtiny2313 досягає близько 1 мільйона команд на 1 МГц в секунду, порушуючи швидкість обробки та оптимізуючи споживання енергії.

ATtiny2313 Atmel виготовляється з використанням технології довготривалої пам'яті високої щільності. Вбудована програмована флеш-пам'ять дозволяє перепрограмувати пам'ять програми через послідовний інтерфейс SPI (послідовний периферійний інтерфейс) або простий програміст пам'яті без змінної пам'яті.

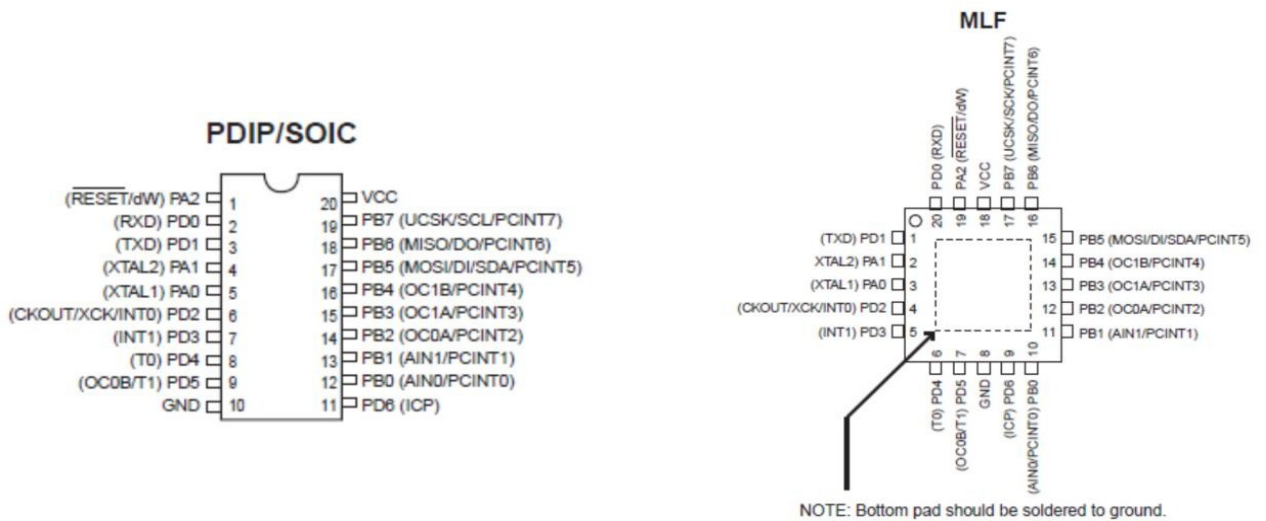


Рисунок 2.2 – Призначення портів ATtiny2313

ATtiny2313 підтримується програмними інструментальними засобами розробки, включаючи: С-компілятори, макроасемблер, внутрішньо схемні емулятори.

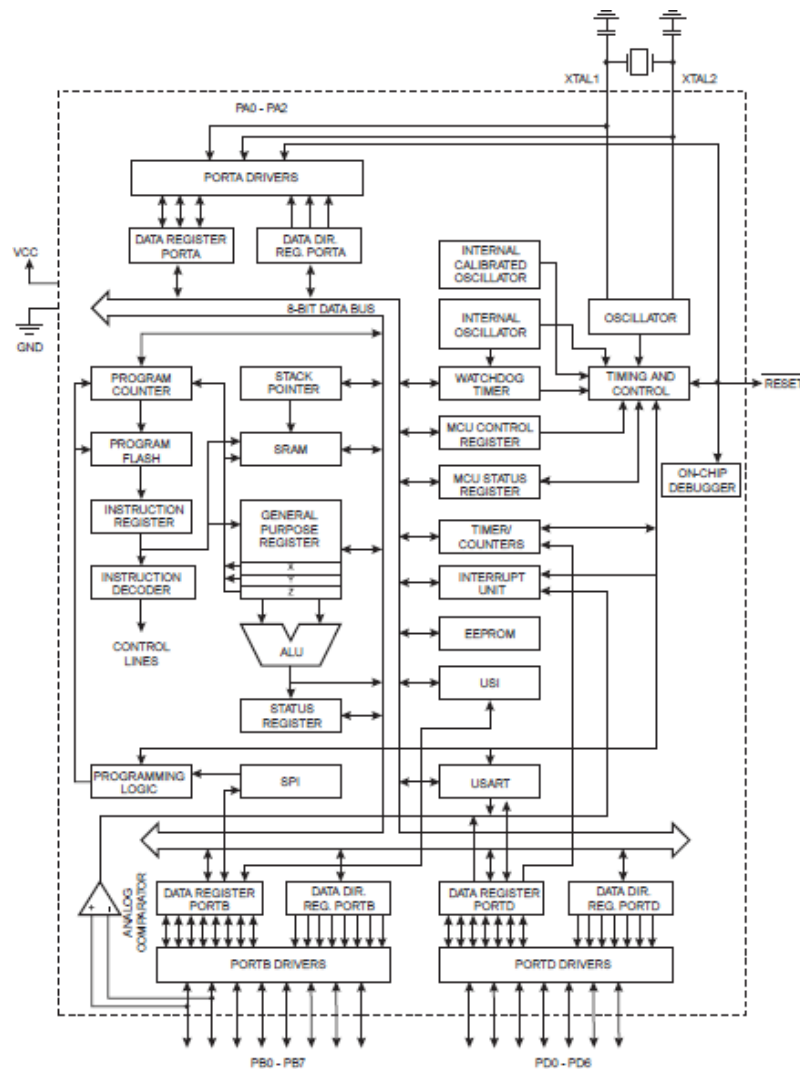


Рисунок 2.3 – Будова AVR мікроконтролера ATtiny2313

До складу мікроконтролера входять:

- генератор тактового сигналу (GCK);
- процесор (CPU);
- постійний запам'ятовуючий пристрій для збереження програми виконаний за технологією Flash (FlashROM);
- оперативний запам'ятовуючий пристрій статичного типу для збереження даних (SRAM);
- постійний запам'ятовуючий пристрій для збереження даних, виконаний за технологією EEPROM, (EEPROM);
- набір периферійних пристроїв для введення/виведення даних і керуючих сигналів і виконання інших функцій.

До складу процесора (CPU) входять:

- лічильник команд (PC);
- арифметико-логічний пристрій (ALU);
- блок реєстрів загального призначення (GPR, General Purpose Registers) й інші елементи.

Окрім універсальних реєстрів, мікроконтролер має спеціальні реєстри функцій. За участю цих реєстрів здійснюється управління мікроконтролером та його окремими пристроями:

- визначити стан мікроконтролера та його окремих пристроїв;
- введення даних у мікроконтролер та його окремі пристрої, виведення даних та інші функції.

Мікроконтролери сімейства AVR - це пристрої синхронного типу. Дії, що виконуються в мікроконтролері, пов'язані з імпульсами тактового сигналу.

Процесор (ЦП) генерує адресу наступної команди, вибирає команду в пам'яті та організовує її виконання. Код команди має формат "слово" (16 біт) або "два слова".

На додаток до лічильника команд (ПК), пристрою арифметичної логіки (ALU) та блоку реєстрів загального призначення (GPR), процесор також містить реєстр стану мікроконтролера SREG та стек SP або реєстр індикаторів SPL та SPH [14].

Сьогодні мікроконтролери ARM Cortex-M стали одними з найпопулярніших процесорів, що використовуються у виробництві та виробництві електронного обладнання. Порівнянна обчислювальна потужність, широкий спектр периферійних пристроїв та низькі витрати залучають ці пристрої до найбільшої кількості розробників. У той же час кожен може вибрати найбільш підходяще рішення певної проблеми.

Виробники пропонують величезну кількість різноманітних мікросхем, загальним для яких залишається тільки процесорне ядро. У даному огляді розглянуто сімейство мікроконтролерів STM32 компанії STMicroelectronics основаних на архітектурі ARM (Advanced RISC Machines) Cortex-M.

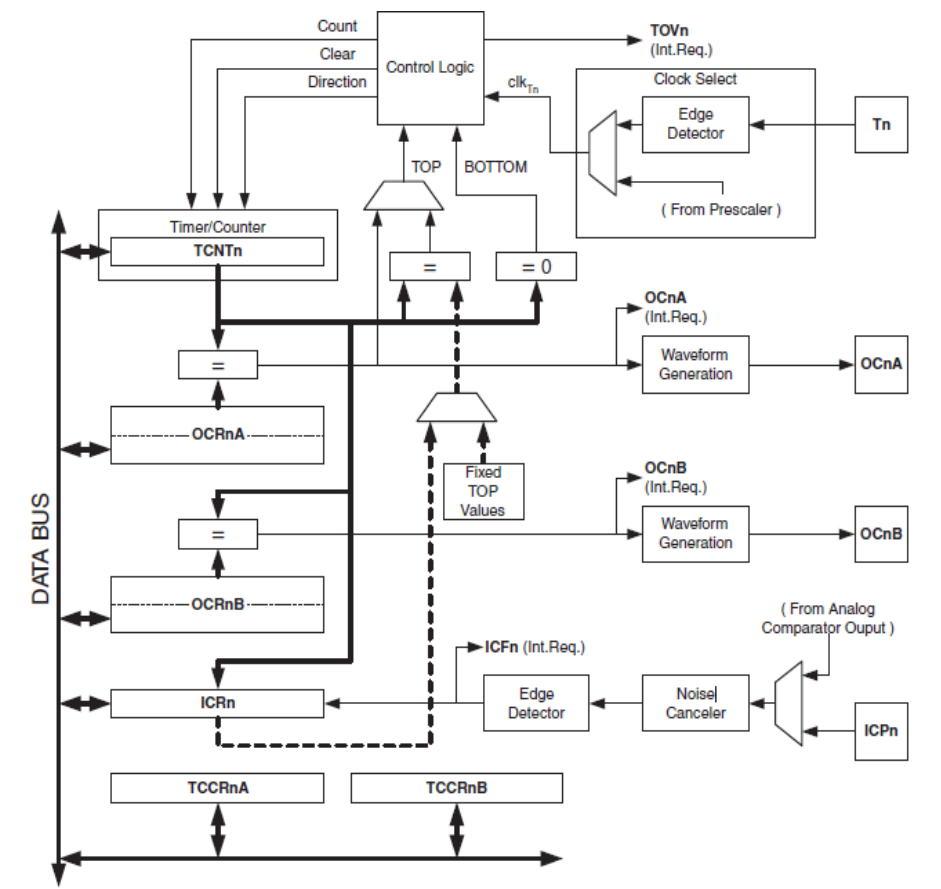


Рисунок 2.4 – Блок-схема 16 розрядного TC1

2.4 Характеристика і вибір мікроконтролера

Процесори ARM використовуються в різних пристроях. Використання архітектури RISC (скорочена архітектура команд) дозволило ARM створювати центри з невеликою кількістю транзисторів, що позитивно впливало на споживання енергії та вартість. Широке використання цієї архітектури працює з дизайном процесорів ARM та продає ліцензії на використання технології третім сторонам. Це гарантує, що код відповідає рівню інструкцій процесора, тобто один і той же код буде працювати під мікроконтролерами різних виробників.

Однією з таких компаній є STMicroelectronics, сімейство яких STM32 базується на архітектурі Cortex-M.

Загалом ARM працює в трьох напрямках:

- **A** («Application») – ядра для класичного застосування;
- **R** («Real-Time») – ядра для вбудованих систем, працюючих у режимі реального часу;
- **M** («Microcontroller») – ядра для мікроконтролерів.

В свою чергу досліджувана Cortex-M поділяється на підсімейства:

Cortex-M0 – позиціонуються в якості заміни 8-ми розрядних моделей, в основі лежить архітектура ARMv6-M. Використовуються набір команд Thumb.

(16-розрядні) та деякі команди з більш сучасного набору Thumb2. Це дуже спростило процесор при невеликій втраті потужності. Швидкодія ядра складає 0.84 DMIPS/МГц (DMIPS – кількість операцій за секунду (MIPS) виконаних в синтетичному тесті Dhrystone).

Cortex-M1 – реалізований лише у вигляді програмної моделі, призначений для використання в програмованих логічних матрицях.

Cortex-M3 - це найпопулярніший та стійкий варіант. Він заснований на архітектурі ARMv7-M, з повним набором команд Thumb і Thumb2. Особливістю є жорстке множення 32-розрядних чисел лише на 1 цикл і ділення на 2-12 циклів. Споживання енергії подвоїлось у порівнянні з M0, але потужність також зросла - 1,25 DMIPS / МГц.

Cortex-M4 - різниця між цією підсімейством та попередньою полягає лише в додаванні інструкцій DSP. Вони можуть значно прискорити швидкість обробки ваших потокових даних - ви можете виконувати чотири 8-бітові операції додавання / віднімання або дві 16-бітові операції множення / ділення. Також було реалізовано множення за один цикл, і для 16-розрядних чисел можна виконувати дві операції паралельно. Це робить їх корисними для використання в системах управління та обробки інформації. У цій підсімействі є ще одна модифікація Cortex-M4F, яка крім DSP має блок операцій над числами з плаваючою комою - FPU.

2.5 Історія створення мікроконтролерів STM32

Історія сімейства Cortex-M бере свій початок з осені 2003 року, коли ARM вперше вжив слово "Cortex". Першим представником нового сімейства M був Cortex-M3, заснований на архітектурі ARMv7-M, він має потужність 1,25 DMIPS / МГц. Цей ARM підкреслив свою увагу на розробці дешевих, якісних та потужних продуктів. Цей процесор дешевий завдяки порівняно невеликій кількості транзисторів та простоті виготовлення. STMicroelectronics оголосила про продаж 32-розрядних контролерів STM32F100C4T6B на ядрі M3 всього за 0,99 доларів. Блок живлення процесора становить 0,19 МВт / МГц. У 2009 році з'явився Cortex-M0 - дешевий 32-розрядний процесор з низьким енергоспоживанням і невеликою кількістю висновків. Він розроблений для використання в пристроях, де потужності 8- і 16-бітних процесорів вже недостатньо. Процесор зарекомендував себе у медіа-плеєрах, цифрових камерах, побутовій техніці.

Через рік вийшов новий продукт Cortex-M4. Цей потужний 32-розрядний процесор RISC призначений для вирішення складностей цифрової обробки сигналів у промислових та вбудованих системах. STMicroelectronics випустила мікроконтролер Cortex-M3 в 2007 році. Він швидко став домінуючим виробником у цій ніші.

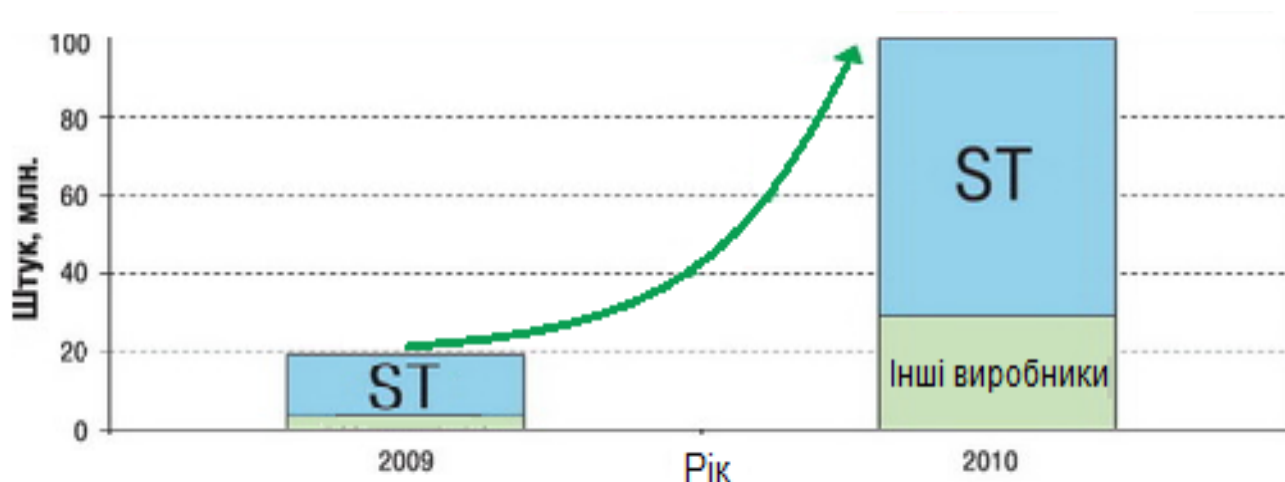


Рисунок 2.5 – Продажі мікроконтролерів на ARM Cortex-M3 в світі

Особливості мікроконтролерів STM32:

- повністю 32-розрядна архітектура, всі регістри 32-розрядні, арифметичні операції працюють з 32-розрядними даними; множення 32 x 32 – робиться на 1 міру, ділення - на 2-12 міри, завдяки чому вдається одночасно виконувати більше 8 та 16 біт МК;

- велика кількість (з 16) регістрів загального інтересу, характерних для архітектури RISC, оскільки регістри працюють на нижчих частотах процесора та оперативній пам'яті, завжди краще працювати з регістрами даних, і чим більше у вас є, тим довше ви можете обійтися без оперативної пам'яті;

- відмінна підтримка режимів енергозбереження;

- 24-бітний таймер SysTick - 24-бітний таймер без ШІМ, який може легко встановити робочий діапазон в широкому діапазоні, особливо для організації автоматів і планувальника RTOS;

- повна налагодження JTAG або SWD навіть на новіших кристалах, повний - означає, що ви можете встановлювати точки зупинку, переглядати змінні та реєструвати вміст, запускати програми поетапно;

- NVIC – вкладений векторизований контролер розривів. Контролер переривань, який підтримує до 240 перебоїв у всіх випадках, до 256 їх пріоритетів, і забезпечує швидку реакцію на перебої;

- контролери DMA – прямий доступ до пам'яті, що дозволяє периферійним пристроям (UART, SPI, I2C тощо) читати або записувати дані в оперативну пам'ять без участі МК, тобто ви можете доручити контролеру DMA прочитати 100 байт на SPI у зазначеному буфері, і це завдання буде виконуватися у фоновому режимі без завантаження кабінету;

- висока щільність коду, де більшість простих проектів матимуть менший розмір коду, ніж багато інших МС, досягається за допомогою спеціально розробленого набору інструкцій Thumb-2;

- загальна орієнтація набору команд на компілятори C - наприклад, наявність команд для переходів таблиць (для тире / регістру), маніпулювання

бітами, умовне виконання інструкцій, що призводить до більш ефективної оптимізації коду компіляторами C, а отже, і вищої швидкості;

– хороші інструменти для розробки: компілятор ARM Limited Keil та середовище розробки, вбудована машина IAR ARM, пакет компілятора GCC та Eclipse IDE, варіації Eclipse найкращі, оскільки вони підтримують все, що потрібно для простого програмування: підсвічування синтаксису, розумне автозаповнення та автозаповнення, підказки з коментарями до функцій та змінних тощо. [18].

Особливості Cortex-M3 загалом були враховані, і тепер ми розглянемо STM32, особливо STM32F10x, який має кілька функцій, першу багату периферію. кілька багатоканальних високошвидкісних 12-бітних АЦП, до одного мільйона вимірювань в секунду, безперервний режим вимірювання. Двоканальний ЦАП, який може працювати в 8 та 12 бітних режимах. 12-канальний контролер DMA, обробляє до 12 запитів, має 4 рівні пріоритету, незалежний розмір блоків прийому та передачі даних (8, 16 та 32 біти), підтримку буфера викликів, передачу даних у пам'яті режими пам'яті, пам'ять периферія, периферія пам'яті. Кілька 16-розрядних таймерів з довільними дільниками (а не лише двома потужностями, такими як AVR), які можуть генерувати переривання переповнення, порівнювати, генерувати ШІМ, вимірювати довжину і кількість вхідних імпульсів, запускати ЦАП і навіть автоматично підраховувати імпульси від кодера і датчики Холла. NVIC підтримує, серед іншого, до 20 перебоїв із зовнішніх джерел.

Модуль RTC (Годинник реального часу) - годинник реального часу з лічильником та сигналізацією. FSMC - гнучкий контролер статичної пам'яті. Забезпечує прозорий доступ до декількох типів пам'яті - SRAM, ROM, NOR Flash, NAND Flash, PSRAM та 16-бітові сумісні пристрої. SDIO - захищений цифровий інтерфейс вводу-виводу. Виконує більшу частину роботи, читаючи або записуючи на картки пам'яті MMC та SD, що дозволяє легко та просто забезпечити підтримку FAT та повною мірою працювати з файлами на картках. Повна підтримка USB 2. 0 Повна швидкість, до 8 пунктів

призначення. Ця технологія дозволяє підключати USB-пристрої з його підтримкою без участі головного комп'ютера, наприклад цифрової камери, до принтера. Ви можете підключитися до комп'ютера в локальній мережі. Використовуючи зовнішній phy-чіп, ви можете отримати 10-100 Мбіт / с. Шина I2S - цифрова шина зв'язку для аудіопристроїв. І, звичайно стандартний набір: UART, SPI, I2C, CAN.

По-друге, STM32 у дуже добре структурованій документації: • Один посібник з описом усіх периферійних пристроїв на всіх лініях STM32F10x • Детальна документація для кожної окремої серії МК - шпильки, кейси, імена тощо. Відповідна кількість програм (примітки до програми) - рекомендації щодо використання: вибір правильного джерела годинника, потужності, приклади роботи з РК-дисплеями, SD-картами, RTC та багатьма іншими.

По-третє, сумісність - і розташування сліду на кристалі, а також код. Тобто, якщо у вас недостатньо продуктивності, Flash, оперативної пам'яті чи периферійних пристроїв, ви можете просто розмістити на платі більш потужний МК з такою ж кількістю футів, не змінюючи код та не змінюючи плату.

По-четверте, ціна. Останній контролер серії - STM32F103C8T6 - можна придбати за 1-2 долари США і має 48 висновків, 16 КБ Flash, 4 КБ SRAM і може працювати на частоті 24 МГц. Ну, доступні UART та інші інтерфейси. Переваги STM32 добре видно з порівняльної таблиці.

Параметр	STM32F103C8T6	ATmega328-PU	ATtiny13A-SSU	PIC16F505-I/SL
Середня ціна*	12 грн.	20 грн.	8 грн.	9 грн.
Обсяг флеш пам'яті(ROM, пам'яті програм)	16 КБайт	4 КБайта	1 КБайт	1 КБайт
Обсяг оперативної пам'яті (RAM, пам'яті даних)	4096 Байт	512 Байт	64 Байта	72 Байта

Тактова частота	24 МГц, 30 DMIPS	20 МГц	20 МГц	20МГц
-----------------	---------------------	--------	--------	-------

Таблиця 2.1 – Порівняння параметрів доступних мікроконтролерів

Продовження таблиці 2.1

Ліній введення/ Виведення	37	23	6	12
АЦП	16-каналів 12-біт	8-каналів 10-біт	4 –каналу 10-біт	0
ЦАП	12-бітний	0	0	0
USART	2	1	0	0
SPI	1	1	1	0
I2C	1	1	0	0
Кількість таймерів	5	3	1	1
DMA	7 каналів	0	0	0

Ще одна функція процесора — перепризначення виводів. Вона дозволяє перепризначити виводи периферії зі звичайних на альтернативні, теж фіксовані – втім, це не применшує цінності даної функції: наприклад, для USART1 можна перепризначити TX з PA9 на PB6 [16].

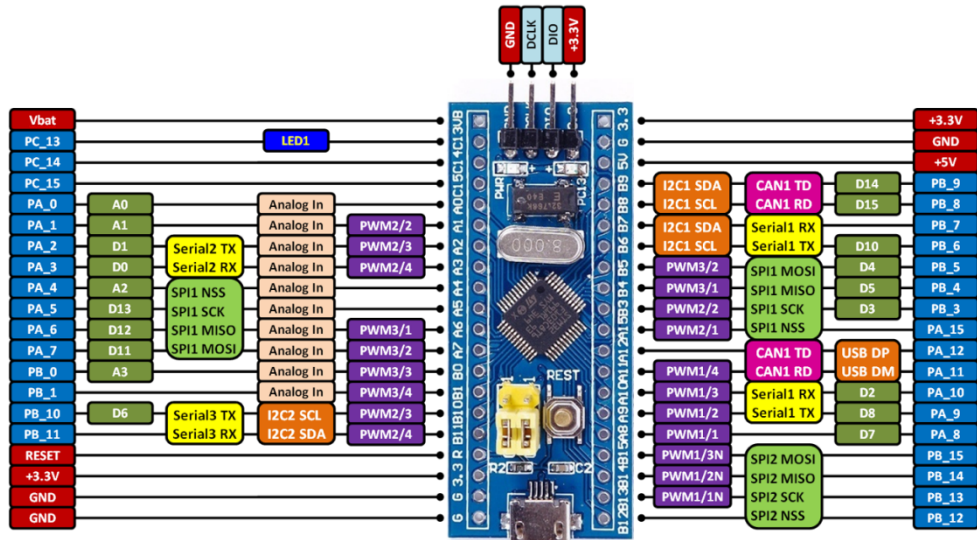


Рисунок 2.6 – Мікропроцесор STM32F103C8T6 із призначенням пінів

2.6 Вибір вимірювальних сенсорів для моніторингу та отримання даних

Високоєфективні ультразвукові перетворювачі були обрані з MaxSonar за допомогою експериментального методу відбору та перегляду джерел інформації. Датчики MB7092, XL-MaxSonar-WRMA1 стійкі до різних погодних умов, містять невелике відхилення цілі, що забезпечує інформацію про цілі з найвищим акустичним ударом, фільтр стійкості, короткочасне виявлення, діапазон інформації від 1 см до 765 см, частота зчитування 10 Гц та різні вихідні параметри: аналогові і цифровий перетворювач сигналу, а також послідовний порт RS232. MB7092 XL-MaxSonar-WR зі списку зовнішніх датчиків є надійним ультразвуковим модулем. Цей датчик розміщений у компактному та довговічному корпусі з ПВХ, який відповідає стандарту IP67 проти проникнення води та відповідає стандартним електричним штуцерам для труб з ПВХ 3/4 дюйма (цей виріб має кілька варіантів корпусу).

Датчики XL-MaxSonar-WR відкалібровані на заводі, а моделі з вузьким променем забезпечують надійні віддалені зони виявлення. Крім того, MB7092 вимірює практично чіткі відстані від шуму, використовуючи високопродуктивну акустичну потужність з постійно змінним коефіцієнтом підсилення, автоматичним калібруванням фону в реальному часі, аналізом сигналів у реальному часі та алгоритмами відхилення шуму. Це справедливо навіть для багатьох різних джерел акустичного або електричного шуму.

Варіації даної моделі сенсора:

- MB7070 є базовою версією даного сенсора;
- MB7052 є версією модуля ширини імпульсів.

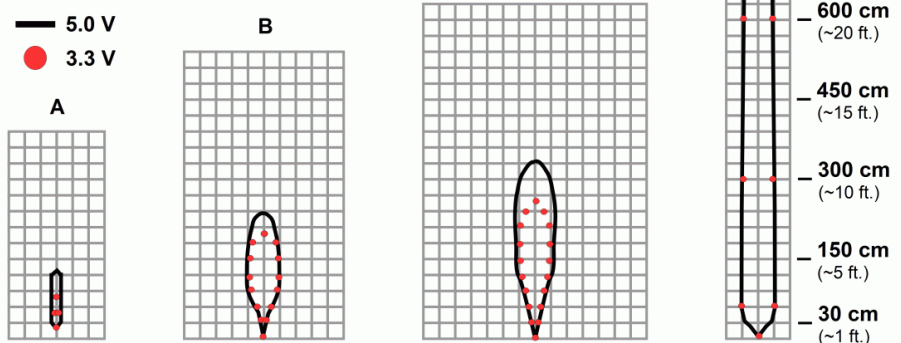
Доступні моделі з додатковою хімічною стійкістю:

– F-варіант модифікації конструкції (IP68) забезпечує сенсори стійкістю до різних погодних умов з додатковим захистом від агресивних хімічних середовищ.

MB7052-WRC, MB7052-1" NPS, MB7052-1" BSPP, MB7052-30mm1.5
MB7067-WRC, MB7067-1" NPS, MB7067-1" BSPP, MB7067-30mm1.5
MB7068-WRC, MB7068-1" NPS, MB7068-1" BSPP, MB7068-30mm1.5
MB7077-WRC, MB7077-1" NPS, MB7077-1" BSPP, MB7077-30mm1.5
MB7078-WRC, MB7078-1" NPS, MB7078-1" BSPP, MB7078-30mm1.5
MB7092-WRC, MB7092-1" NPS, MB7092-1" BSPP, MB7092-30mm1.5

Sample results for measured beam pattern are shown on a 30-cm grid. The detection pattern is shown for dowels of varying diameters that are placed in front of the sensor
A 6.1-mm (0.25-inch) diameter dowel
B 2.54-cm (1-inch) diameter dowel
C 8.89-cm (3.5-inch) diameter dowel

D 11-inch wide board moved left to right with the board parallel to the front sensor face. This shows the sensor's range capability.
Note: For people detection the pattern typically falls between charts A and B.



Beam Characteristics are Approximate
Beam Pattern drawn to a 1:95 scale for easy comparison to our other products.

MaxBotix® Inc. For more information or latest product datasheets visit: www.maxbotix.com
The names MaxBotix, MaxSonar, EZ0, EZ1, EZ2, EZ3, EZ4, AE0, AE1, AE2, AE3, AE4 and WR1 are trademarks of MaxBotix Inc.

Рисунок 2.7 – Характеристики променів моделей сенсорів фірми «Max Botix»



Рисунок 2.8 – Варіації моделей сенсорів фірми «Max Botix»

Характеристика специфікації продукту:

- роздільна здатність 1 см;
- частота зчитування 10 гц;
- 42kHz ультразвуковий сенсор вимірює відстань до об'єктів;
- відповідність rohs;
- зчитування сигналів: аналоговий, цифровий;
- працює від 3.0-5.5v;
- низька середній поточний струм в 3,4 мА;
- малогабаритний, легкий по вазі модуль;
- призначений для легкого інтегрування у проект або продукт;
- експлуатаційна температура від -40 ° c до + 70 ° c (-40°f до + 160°f);
- автоматичне калібрування в режимі реального часу (напруга, вологість, навколишній шум);

- фільтрування вбудованого програмного забезпечення для кращого допуску шуму та відхилення перешкод;
- відповідає стандартній електричній 3/4-дюймовій трубній арматурі ПВХ для легкого монтажу;
- додатковий фільтр стійкості відкидає випадкові аномальні показання;
- виявляє найбільший сигнал повернення в полі зору;
- використовує повний динамічний діапазон вимірювання, якщо немає великих цілей, датчик вибере наступну найменшу ціль;
- може використовуватися для діапазону великих об'єктів за малими перешкодами;
- аналоговий вихід перетворювача для легкого усунення неполадок під час обробки сигналів;
- максимальний діапазон 765 см (300 дюймів);
- дальність вимірювання, вузька зона виявлення;
- похибка під час вимірювання 0,5-1см.

Усі номери деталей - це комбінація бази з шести символів, за якою слідує тризначний код продукту [8].

М	В	7	0	9	2	–	1	0	0
----------	----------	----------	----------	----------	----------	---	----------	----------	----------

Рисунок 2.9 Нумерація деталей

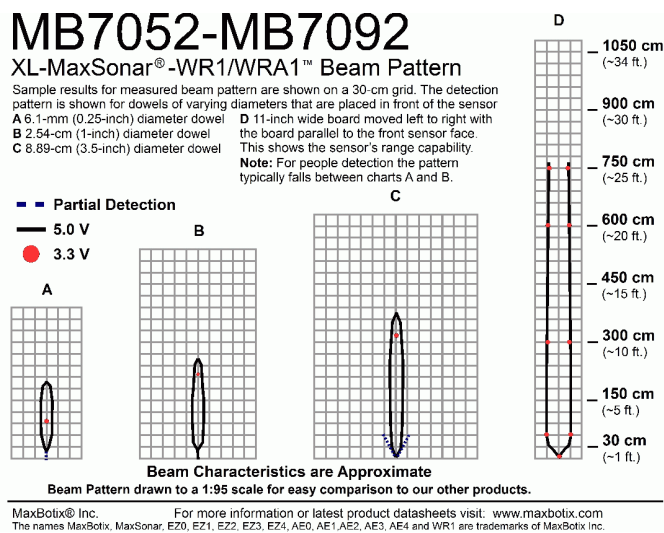


Рисунок 2.10 – Характеристики променів вибраного сенсора MB7092
фірми «Max Botix»

2.7 Застосування електромагнітних клапанів для автоматичного керування гідравлічною системою

Електромагнітні клапани (електромагнітні клапани) використовуються в побутових та промислових цілях для автоматичного відключення потоку води, повітря, пари, нафтопродуктів та інших рідин та газів. Водяний соленоїд (електромагнітний клапан) (водяний електромагнітний клапан) - найпопулярніша позиція на українському ринку.

ODE S. г. л. Електромагнітний клапан працює 2/2, 3/2, 5/2 і виробляє інші, прямі, непрямі та комбіновані принципи роботи; нормально закритий (NC) та нормально відкритий (програме) виконання. Зазвичай запірний клапан знеструмлений. Коли на котушку (катушку) подається напруга, клапан відкривається. Зазвичай клапан відкритий у знеструмленому стані. Клапан закривається при подачі напруги на котушку (катушку).



Рисунок 2.11 – Зразки електромагнітних клапанів

Електромагніти мають різне застосування:

- пневматичні клапани для їжі та агресивного середовища;
- електромагнітні клапани захищене від корозії з'єднання G1/ 8-G1 1/2;
- електромагнітні клапани для кавомашин, кавомашин та торгових автоматів;
- вибухозахищені електромагнітні клапани (ATEX);
- електромагнітні клапани для гвинтових та поршневих компресорів;
- електромагнітні клапани високого тиску (до 150 бар), які застосовуються в гідравлічних системах сільськогосподарських машин;
- електромагнітні клапани для кисню;
- пропорційні електромагнітні клапани;
- електромагнітні клапани двосторонні;
- електромагнітні клапани з ізольованою діафрагмою або поршнем для харчової та медичної промисловості;
- електромагнітні клапани для систем водопостачання в залізничних вагонах із котушкою постійного струму 77-138 В;

– пресування електромагнітних клапанів для медичної, фармацевтичної та харчової промисловості, лабораторного та аналітичного обладнання;

– електромагнітні клапани для прасок для пресів, столів, плит та парогенераторів.

Корпус клапана виготовлений з латуні, нержавіючої сталі, спеціального пластику. В якості мембран, ущільнень та ущільнень використовуються різні матеріали: EPDM (термостійкий каучук), NBR (нітрил-бутадієновий каучук, маслостійкий каучук), HNBR (гідрогенізований нітрил-бутадієновий каучук), FKM (фтореластомер, вітон), PTFE VMK (силікон), RUBI (штучний рубін), Riton (PPS або поліфеніленсульфід) та інші.

Технічні дані Підключення: муфта G1 / 8 - G2, фланець або під трубу. Робоче середовище: вода, повітря, пара, масла, дизельне паливо, кислоти та інші рідкі та газоподібні середовища. Максимальний робочий тиск: до 150 бар (залежно від моделі клапана). Температура навколишнього середовища: - 40 ° +180 ° С (залежно від моделі клапана). Напруга живлення: ~ 12 В, 24 В, 48 В, 110 В, 230 В змінного струму 50 Гц; - 12В, 24В, 36В, 48В, 110В, 220В, 77-138 В (виконання для залізничних вагонів) постійним струмом. Допустимі відхилення напруги: -15%. + 10% змінного струму, -5%. + 10% постійного струму. Ступінь захисту: IP 65 або IP67. Ступінь вибухозахисту: Ex mb II T4, Ex d II C T6, Ex tD A21 IP67 80 ° С. Принцип роботи електромагнітних клапанів (2/2 при нормально закритому виконанні).

За відсутності напруги поршень 1 електромагнітної котушки охоплює нагнітальний канал 2. Середовище надходить у надмембранну порожнину через байпасний канал 3. У цьому випадку тиск у надмембранній та підмембранній порожнинах дорівнює. Через те, що середовище тисне зверху на велику площу мембрани, результуюча сила спрямована вниз. Мембрана міцно притискається до сідла клапана, закриваючи основний отвір. Коли потужність намотується на котушку, поршень тягнеться вгору, відкриваючи нагнітальний канал. Середовище з надмембранної порожнини через напірний

канал надходить у вихід клапана. Тиск у надмембранній порожнині зменшується. Отримана сила спрямована вгору. Мембрана піднімається, відкриваючи головний отвір для переміщення середовища від входу до виходу.

Для нормальної роботи клапана необхідна нормальна різниця тиску між вхідною і вихідною трубою. Його значення вказано в технічному описі і, залежно від моделі, становить від 0,1 до 0,9 бар. Непрямі електромагнітні клапани мають велику потужність при низькому споживанні енергії.

У разі комбінованих клапанів поршень механічно з'єднаний з жорстким центром діафрагми. За відсутності натягу герметичний поршень закриває напірний отвір клапана 2 за допомогою зворотної пружини. Середовище надходить у надмембранну порожнину через байпасний канал 3. У цьому випадку тиск у надмембранній та підмембранній порожнинах однаковий. Оскільки навколишнє середовище штовхає велику площу мембрани зверху, результуюча сила спрямована вниз. Мембрана щільно притискається до сідла клапана, закриваючи основний отвір.

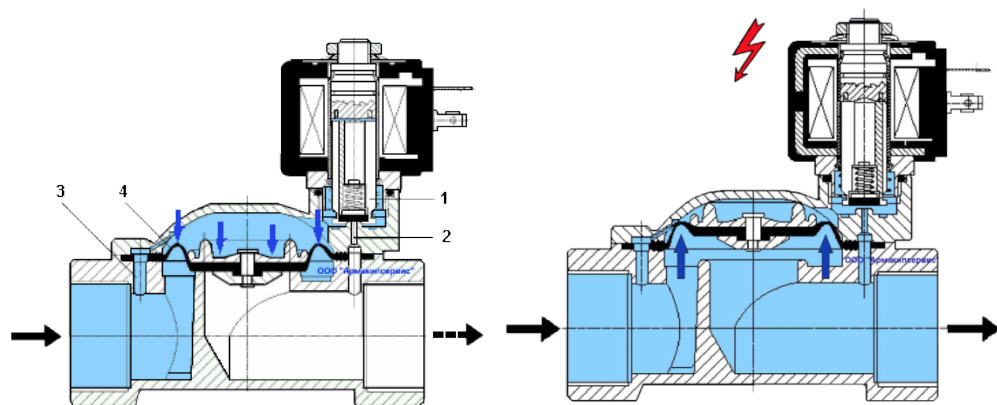


Рисунок 2.12 – Електромагнітні клапани непрямої дії (з примусовим підйомом мембрани)

Коли котушка під напругою, витягніть поршень вгору, відкривши нагнітальний отвір. Середовище з надмембранної порожнини через вихід виходить у вихід клапана. Тиск у надмембранній порожнині зменшується.

Отримана сила спрямована вгору. Мембрана піднімається, відкриваючи середовище для переміщення від основного вхідного отвору до вихідного отвору. Якщо різниця тисків невелика або відсутня ($\Delta P \approx 0$ бар), поршень піднімає діафрагму прямо вгору.

Комбіновані електромагнітні клапани застосовуються в закритих і відкритих системах, що вимагають мінімального перепаду тиску (наприклад, для спорожнення резервуарів). Клапани можна використовувати для вакуумування.

При відсутності напруги плунжер 1 з ущільнювальною прокладкою 2 закриває отвір клапана під дією поворотної пружини 3 і тиску середовища. При подачі напруги поршень рухається вгору, відкриваючи отвір для руху середовища від входу до виходу. Потужність електромагнітної котушки підбирається за максимальним значенням вхідного тиску.

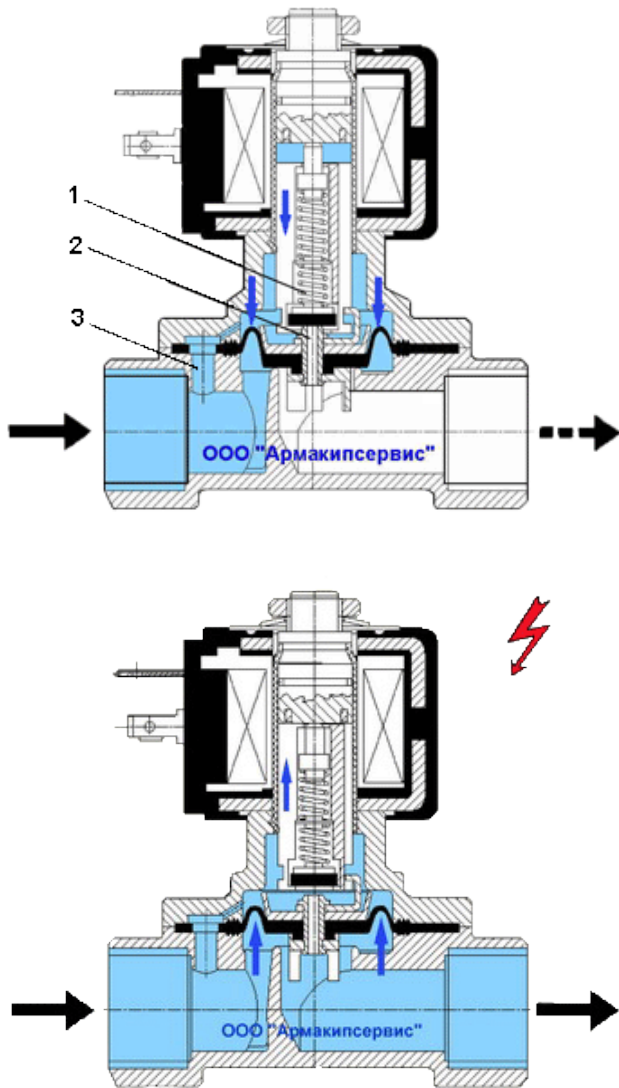


Рисунок 2.13 – Електромагнітний клапан прямої дії

Клапани прямої дії можна використовувати при перепаді тиску на клапані $\Delta P=0$ бар. Електромагнітні клапани прямої дії мають невелику пропускну здатність і використовуються в закритих і відкритих системах, що знаходяться як під високим (до 160 бар), так і під низьким тиском. Клапани прямої дії не вимагають мінімального перепаду тиску ($\Delta P= 0$ бар). Клапани можуть використовуватися для вакууму.

При виборі електромагнітного клапана крім таких важливих параметрів, як тип середовища, тиск, температура, в'язкість і ін. , Необхідно враховувати вартість продукції, що поставляється середовища. Показником вартості є коефіцієнт пропускну здатності - K_v . Коефіцієнт K_v - це витрата

води (при кімнатній температурі), що протікає через клапан при перепаді тиску на клапані $\Delta P = 1$ бар [12,14].

3 РЕАЛІЗАЦІЯ АПАРАТНОЇ ТА ПРОГРАМНОЇ ЧАСТИНИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ГЛИБИНИ ОБРОБКИ ҐРУНТУ

3.1 Моделювання і дослідження роботи системи моніторингу

Перша версія системи моніторингу і контролю глибини обробки ґрунту була спроектована на мікроконтролері Atmega 328-PU (на базі платформи Arduino).

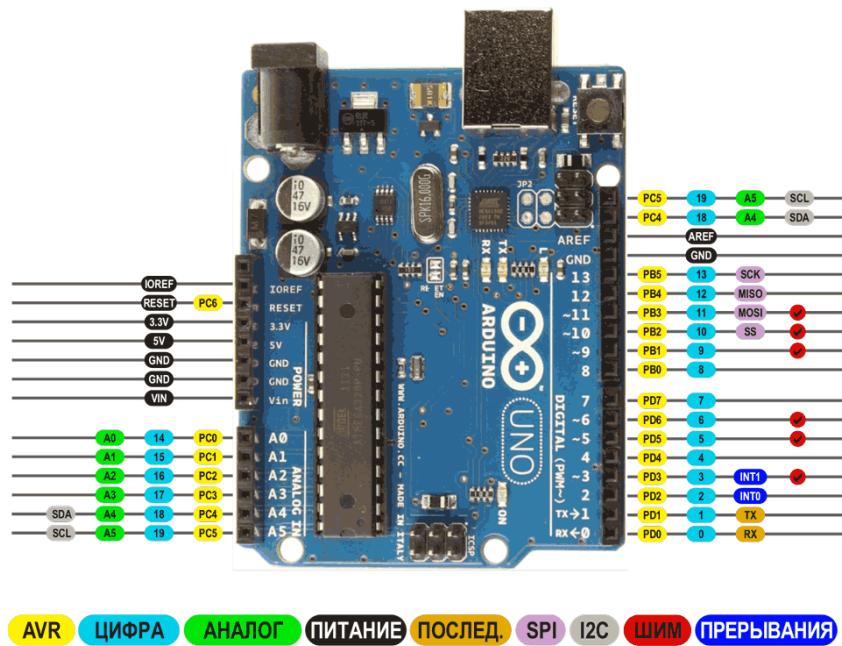


Рисунок 3.1 – Платформа Arduino із значенням пінів

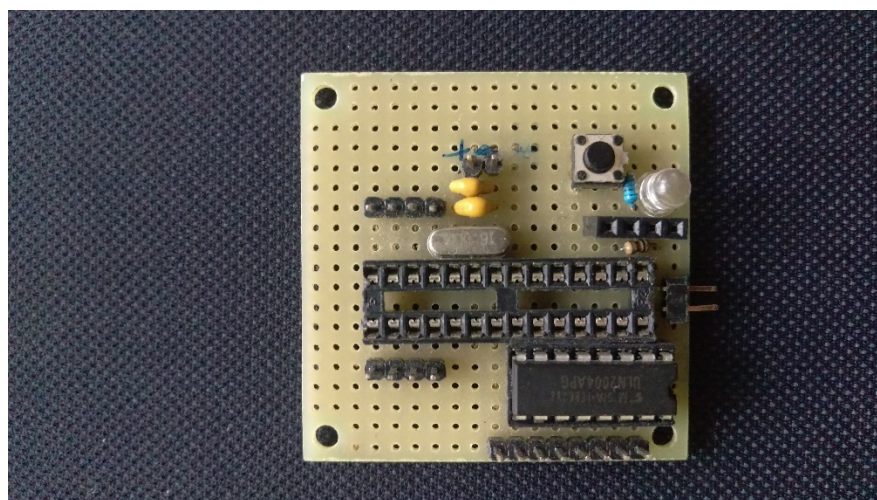


Рисунок 3.2 – Плата контролера на базі Atmega 328-PU

Всі механізми, редуктори і сенсори управляються за допомогою власно-розробленого модуля із драйверами ULN-2004 або -2003, головним компонентом є мікроконтролер Atmega 8-16PU / 328P. В розробці застосований модуль Bluetooth HC-06 для передачі даних між виконавчими механізмами та пристроєм для управління.

Сигнал передається у цифровому вигляді за допомогою Bluetooth. В кабіні стоятиме підсилювач сигналу та адаптер для перетворення цифрового сигналу в аналоговий (для потреби, можна застосувати цифровий дисплей).

Ультразвукові сенсори HC-SR04 використовуються для вимірювання глибини оранки і для транспортування даного агрегату. Бажана глибина для оранки задається в бортовому одноплатному комп'ютері (або будь-який інший пристрій), сигнал подається на плату управління, яка вмонтована на плугові, модуль Bluetooth приймає дані сигнали, після чого приводяться в дію певні виконавчі механізми для подальшого виконання роботи (в макеті – це крокові двигуни, а в розробленому плугові можуть бути застосовані гідравлічні або пневматичні елементи).



Рисунок 3.3 – Макетна модель трикорпусного плуга з вмонтованою системою моніторингу

Беручи до уваги макет, то кроковий двигун приводить в рух редуктор, який в свою чергу відповідає за зміну положення висоти регульовального колеса. Модернізована борона (шлейфова) успішно може використовуватись у даній розробці. Завдяки цій бороні площа стає достатньо рівною, що дозволяє виконувати посівні роботи без подальшого культивування або дискування, тим самим економиться час та паливо. Шлейфова борона працює примусово, тобто інтенсивність вирівнювання площі також керується певним механізмом(принцип такий як і для регульовального колеса). Дана система має як прямий, так і зворотний зв'язок. Достатньо лише вказати бажану глибину(30-45 см), і всі механізми будуть виконувати певні функції, залежно від зміни рельєфу на певній площі.

Після кількох досліджень було виявлено великі похибки та некоректну роботу системи під час вимірювання глибини. Тому для практичної реалізації даного проекту був застосований мікропроцесор STM32F103C8T6. Також була виготовлена печатна плата для усіх електронних компонентів.

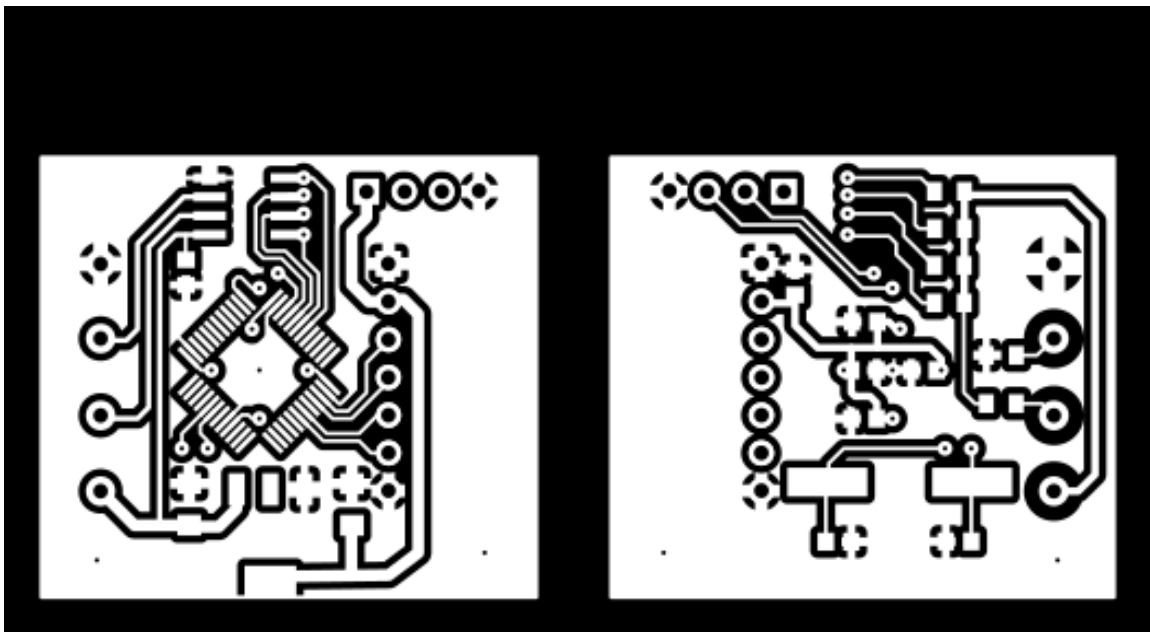


Рисунок 3.4 – Зразок двосторонньої печатної плати

Для програмування мікропроцесора був застосований спеціальний програматор ST-LINK. ST-LINK - це внутрішньо-схемний пристрій і відладчик для мікроконтролерів серії STM8 і STM32 від компанії STM. За його

допомогою можна програмувати і виконувати налагодження по інтерфейсів SWIM (для мікроконтролерів STM8), SWD і JTAG (для мікроконтролерів STM32). Всі комунікаційні інтерфейси програм (SWIM, SWD, JTAG) доступні для використання і виведені на 10-ти контактний роз'єм програматора.

Програматор ST-LINK підключається до комп'ютера через USB і може працювати з різним програмним забезпеченням:

- Для мікроконтролерів STM8 - це ST Visual Develop (STVD) або ST Visual Program (STVP), які доступні для вільного скачування з сайту ST.
- Для мікроконтролерів STM32 - це інтегровані середовища розробки Atollic, IAR, KEIL, Tasking, CoCoX.

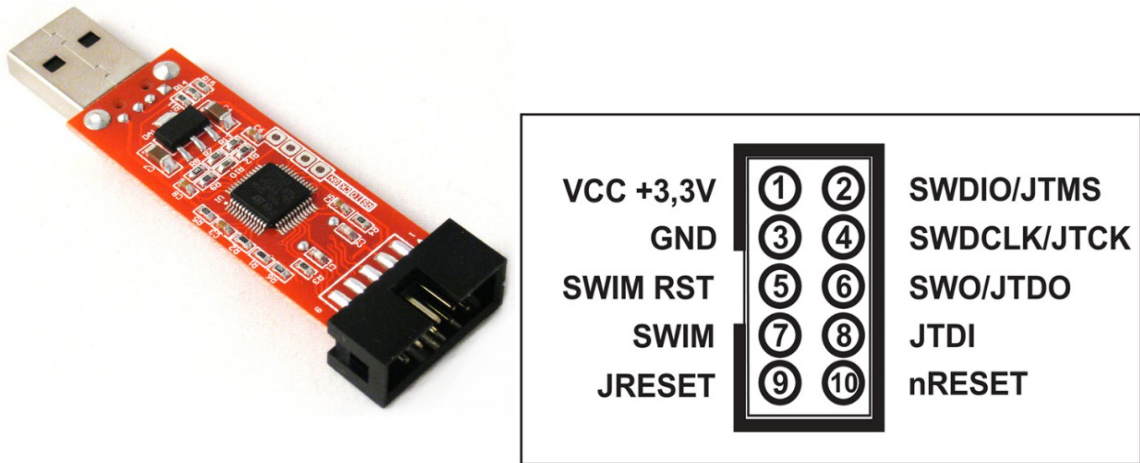


Рисунок 3.5-3.6 – Програматор STLINK. Призначення пінів багатofункціонального роз'єму програматора

Характеристики:

- живлення програматора ST-LINK MINI безпосередньо від USB;
- підтримка підключення Full Speed USB 2.0;
- не вимагає додаткових проводів для підключення до USB (тип підключення USB-A);
- Підтримка оновлень прошивки по USB як в оригінальному програматорі ST-LINK;

- два світлодіоди відображають режим роботи програматора, читання і запис даних;
- підтримка SWD, SWIM і JTAG інтерфейсів з напругою 3,3 в;
- стабілізована напруга 3,3 вольт виведено на роз'єм програматора і дозволяє живити програмований пристрій безпосередньо від ST-LINK MINI;
- керуючий контролер відладчика STM32F103C8T6 застереження.

Програматор / відладчик ST-LINK MINI має напругу логічних рівнів інтерфейсів 3,3 вольт. Підключення програматора до пристроїв з живленням відмінним від 3,3 вольт не допускається. Щоб уникнути пошкодження програматора рекомендується подавати живлення на мікроконтролер безпосередньо від програматора ST-LINK MINI (висновок VCC + 3,3V) або подавати живлення на мікроконтролер від зовнішнього джерела з напругою 3,3 вольт. Максимально допустимий струм виводу VCC + 3,3V знаходиться в межах 300 мА [8].

Мікроконтролерна система складається з кількох окремих модулів, які відповідають за виконання різних функцій:

- 1) керуючий;
- 2) вимірювальний.

3.2 Застосування допоміжних драйверів для керування системою

Керуючий модуль, реалізований на мікропроцесорі STM32F103C8T6, вміщує в собі всі деталі для обв'язки живлення, передачі та прийому сигналів. Даний модуль, зазвичай, встановлюється в кабіні сільськогосподарської машини, приєднується до загального живлення та електричних кіл гідравлічної системи. Детальна інформація про електромагнітні клапани (соленоїди) у розділі 3.3.

Для того, щоб керувати соленоїдами за допомогою системи контролю «Craft Scanner» необхідно використовувати драйвер L298N на навантаження, так як струм в електричних колах може досягати 5А.



Рисунок 3.7-3.8 – Зображення драйвера L298N

Модуль управління на мікросхемі L298N. З його допомогою можна контролювати обертання двох незалежних електромагнітних клапанів постійного струму.

Плата управління дозволяє легко керувати електромагнітними клапанами за допомогою джерела живлення 5-35 В за допомогою мікросхеми драйвера L298N. Встановлений на основному чіпі радіатор охолодження L298N витримує до 2А струму заряду на канал. Спеціальні діоди "Шоткі" використовуються для захисту пілота від перевантаження. Модуль контролера дозволяє використовувати його в різних робототехнічних проектах, залишаючи це на ваш розсуд. Основними характеристиками пілотів є наявність радіатора охолодження L298N, його невеликі розміри та вага (35 грам), а також вказівка потужності та напрямку.

Характеристики драйвера на мікросхемі L298N:

- Мікросхема драйвера: L298N (з радіатором охолодження);
- можливість живлення зовнішньої логіки (V_{ss}): + 5V ~ + 7V (внутрішній стабілізатор +5 В);
- вхідна напруга логічної частини (V_d): від 6V до 12V;
- вхідна напруга керованої частини (V_s): від + 5V до + 35V;
- робочий струм зовнішньої логічної частини (I_{ss}): 0 ~ 36mA;
- струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 2A;

- піковий струм навантаження кожної керованої частини (I_o): 3A;
- максимальна споживана потужність: 20 Вт (при температурі = 75 °C);
- високий рівень вхідного сигналу (High): 2.3V = $V_{in} = V_{ss}$;
- низький рівень вхідного сигналу (Low): -0.3V = $V_{in} = 1.5V$;
- робоча температура навколишнього середовища: від -25 до + 130 °C;
- розміри модуля зі стійками кріплення і радіатором L298: 53x47x27 мм;
- вага драйвера: 35 грам

Плата розширення може використовуватися разом з Arduino або STM 32 і встановлюється окремо від процесорного модуля. Застосовується, наприклад, для побудови рухомих роботів на колісному або гусеничному приводі, а також для керування соленоїдами.

Для підключення клапанів постійного струму служать порти:

OUT1 і OUT2 - клапан А

OUT3 і OUT4 - клапан В

(управління соленоїдами повністю незалежно один від одного). Для роботи потрібно підключити джерело живлення до контакту потрійними клемниками "VCC".

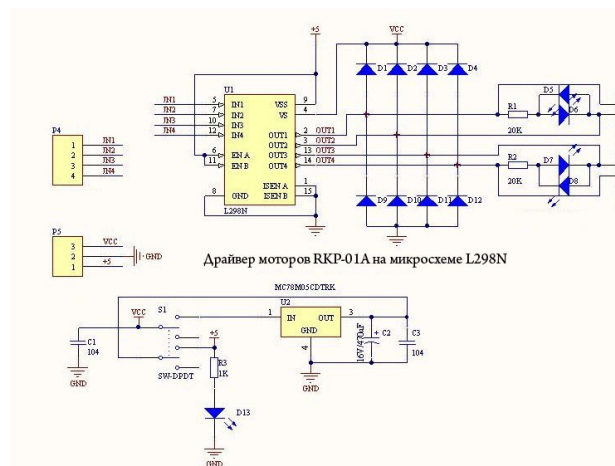


Рисунок 3.9 – Схема драйвера L298N для роботи з управлінням від мікроконтролера.

При подачі живлення від + 6V до + 12V і встановленому джампері JP1, використовується живлення і на стабілізатор, який видає + 5V для живлення логіки драйвера. Подавати окремо живлення + 5V для логіки не потрібно.

При подачі живлення вище + 12V, джампер JP1 повинен бути знятий. Живлення на логіку подається окремо через клему "+ 5V" [11].

Таблиця 3.1 – Логіка управління

ENA	ENB	A1	A2	B1	B2	A	B	C	D
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Управління соленоїдами здійснюється через спеціальні входи:

- ENA (ENB) - встановлена перемикач активує включення каналу управління;
- ENA (ENB) - з'єднати з ШІМ-виходом MCU, для контролю швидкості спрацювання;
- I1 (I3) і I2 (I4) - логічні входи (мають відключуються підтягує резистори);
- ENA I1 I2 Стан клапана А;
- PWM> 0 0 0 Нейтральне положення (закрите);
- PWM> 0 0 1 Клапан відкритий на примусовий підйом циліндра;
- PWM> 0 1 0 Клапан відкритий на примусове опускання циліндра;
- PWM> 0 1 1 Плаваючий режим;
- ENB I3 I4 Стан клапана В;
- PWM> 0 0 0 Нейтральне положення (закрите);
- PWM> 0 0 1 Клапан відкритий на примусовий підйом циліндра;

- PWM> 0 1 0 Клапан відкритий на примусове опускання циліндра;
- PWM> 0 1 1 Плаваючий режим.

Логіка управління виглядає наступним чином: А, В, С, D, це чотири обмотки електроклапана.

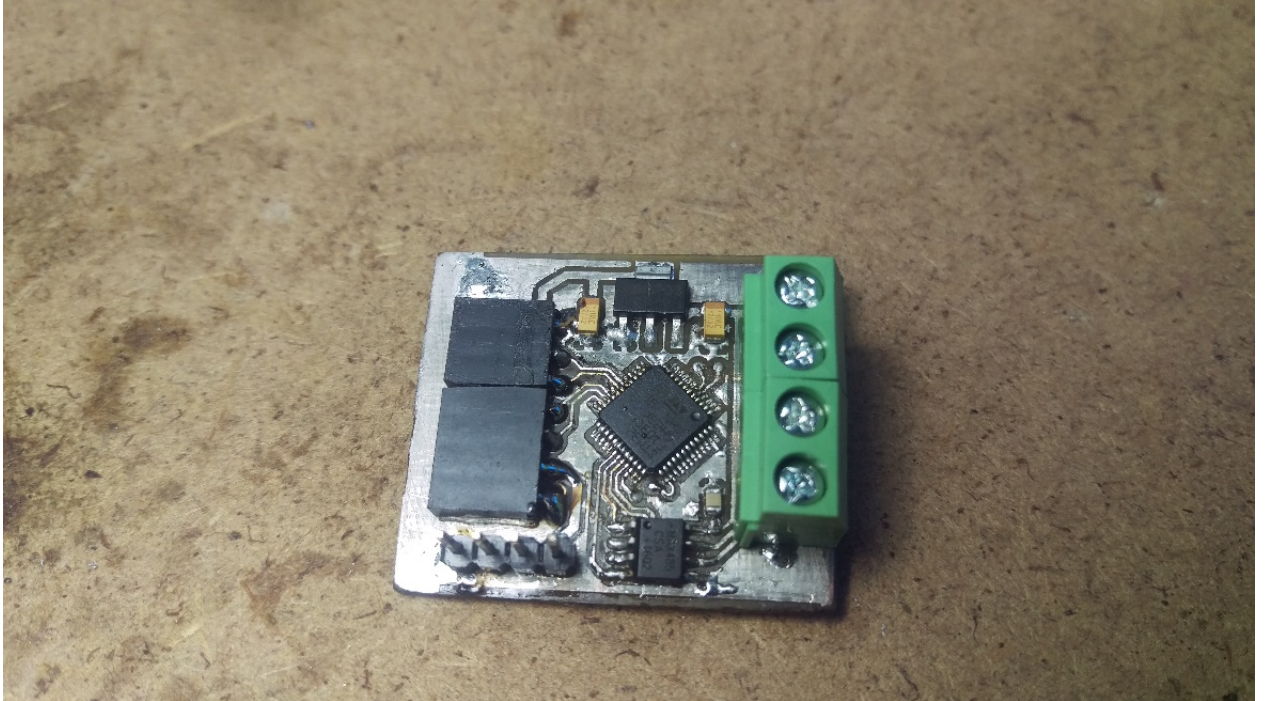


Рисунок 3.10 Плата контролю сенсора

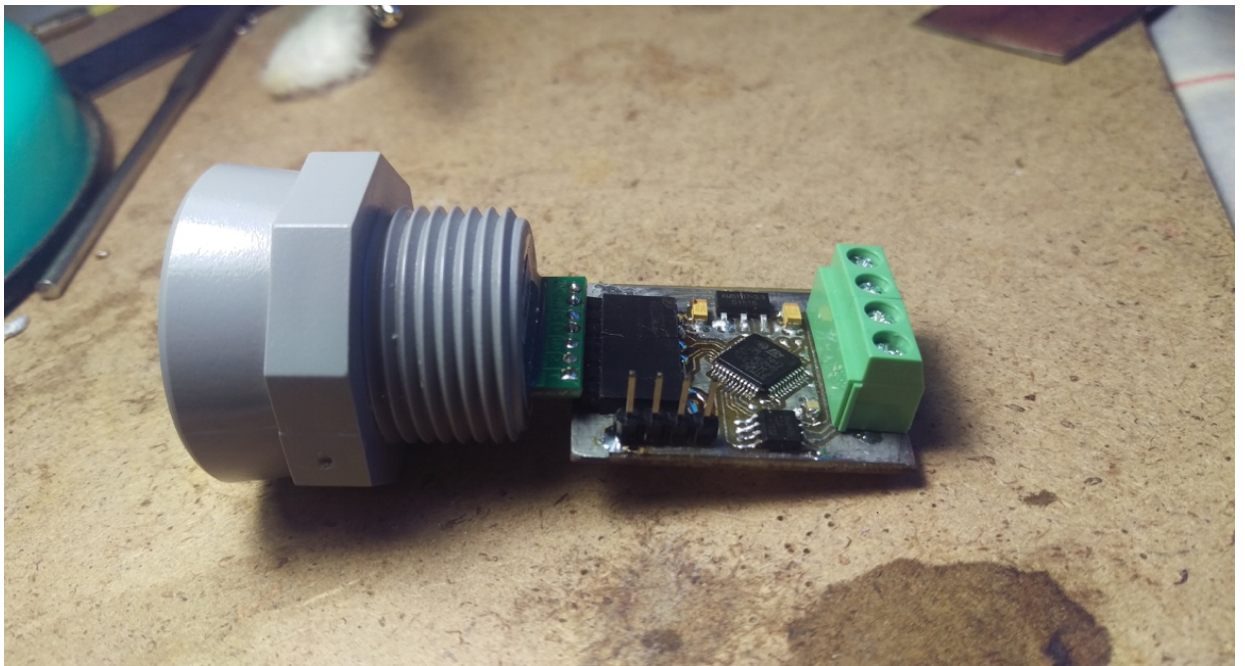


Рисунок 3.11 – Готовий вимірюючий модуль із сенсором

Кінцевий варіант модуля керування на мікропроцесорі STM32F103C8T6 наведений на рисунках 3.10-3.11.

3.3 Алгоритми роботи

Дана програма виконує контроль над сенсорами Max-Sonar MB 7092. Перед початком роботи виконується калібрування сенсорів при незаглибленому агрегаті для того, щоб отримати найточніші показники під час роботи. Програма дає команду на відправлення ультразвукового сигналу за допомогою випромінювача в сенсорі, одночасно вмикається приймач, який отримує ультразвуковий імпульс, який відбивається від перешкоди або обробленої поверхні. Сигнал обробляється мікропроцесором вимірювального модуля, передається через захищений радіоканал nrf24l01 на керуючий модуль, який знаходиться в кабіні трактора.

Якщо задана глибина не співпадає з отриманими результатами, керуючий модуль подає сигнал через драйвер на електромагнітні клапани (соленоїди) гідравлічної системи трактора. Паралельно з керуючого модуля через Bluetooth передається на смартфон інформація про глибину обробки у вигляді графіка.

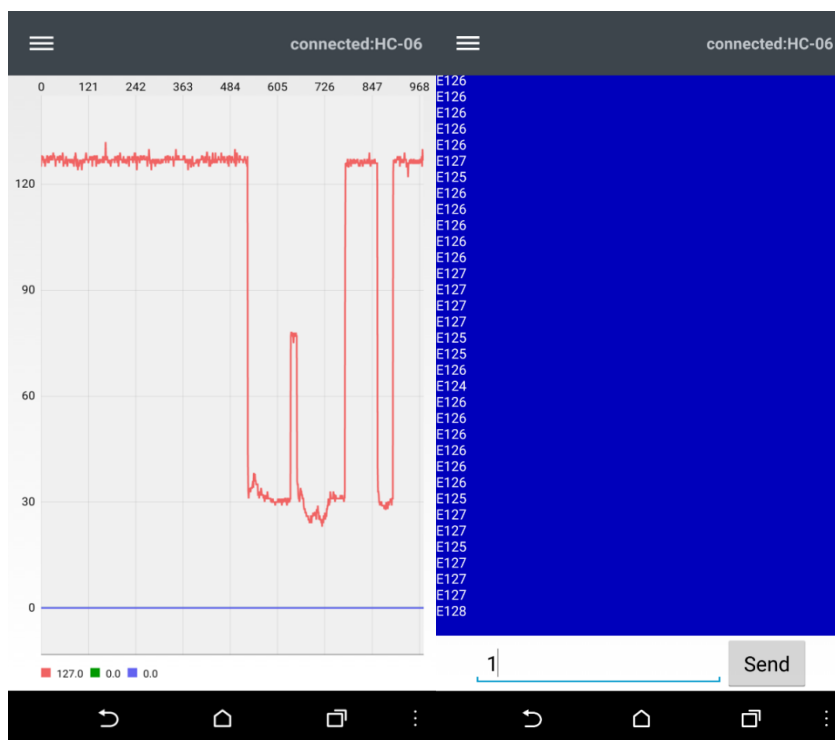


Рисунок 3.12 – Графік глибини обробки, вимірений сенсорами

Сигнали з вимірюючого модуля надсилаються через канал nrf-24101, який використовується для того, щоб сигнали між двома працюючими тракторами на полі не перетинались. [12]

Алгоритми роботи системи показаний на рисунку 3.13

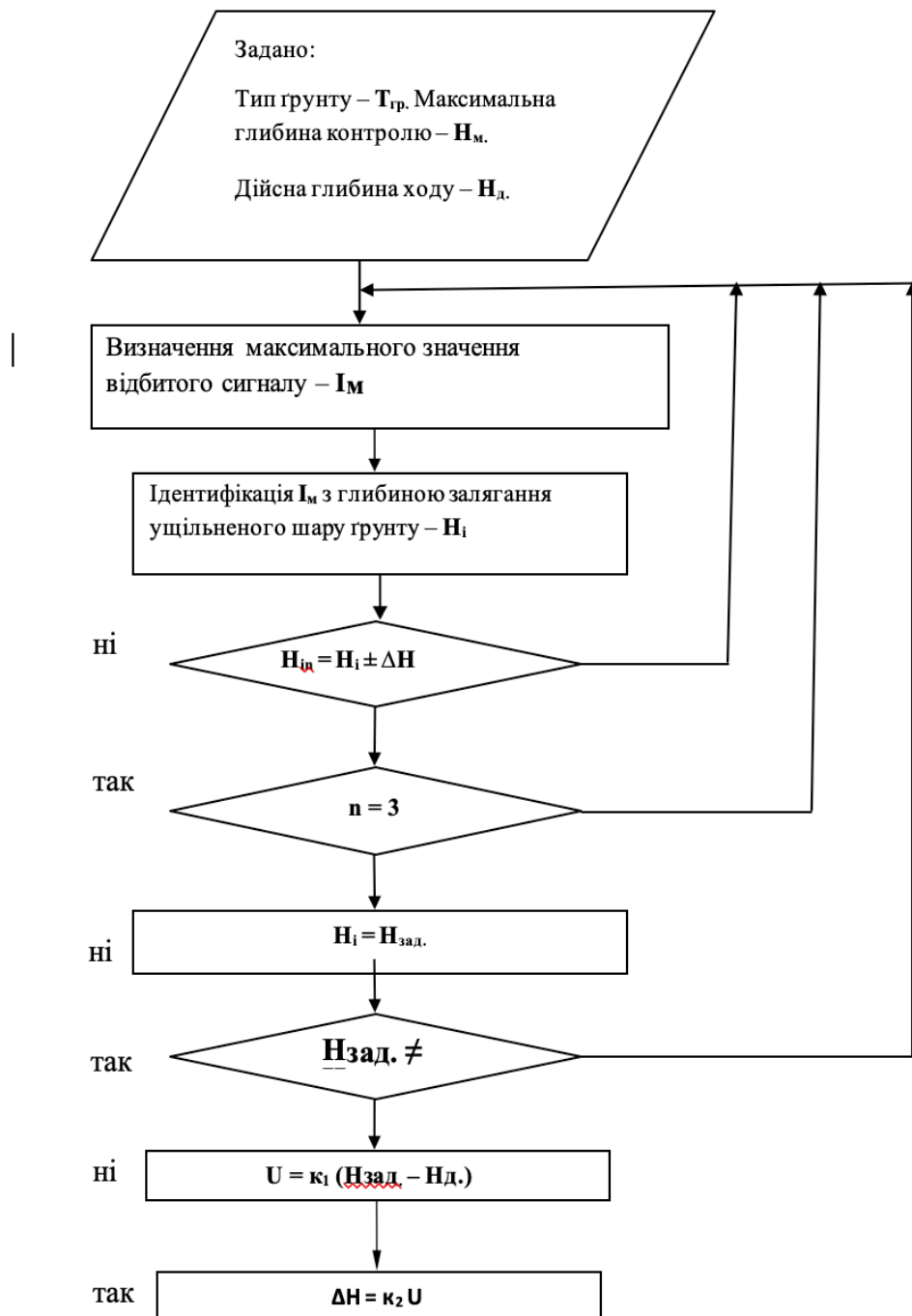


Рисунок 3.13 – Блок-схема алгоритму програми вимірюючого модуля

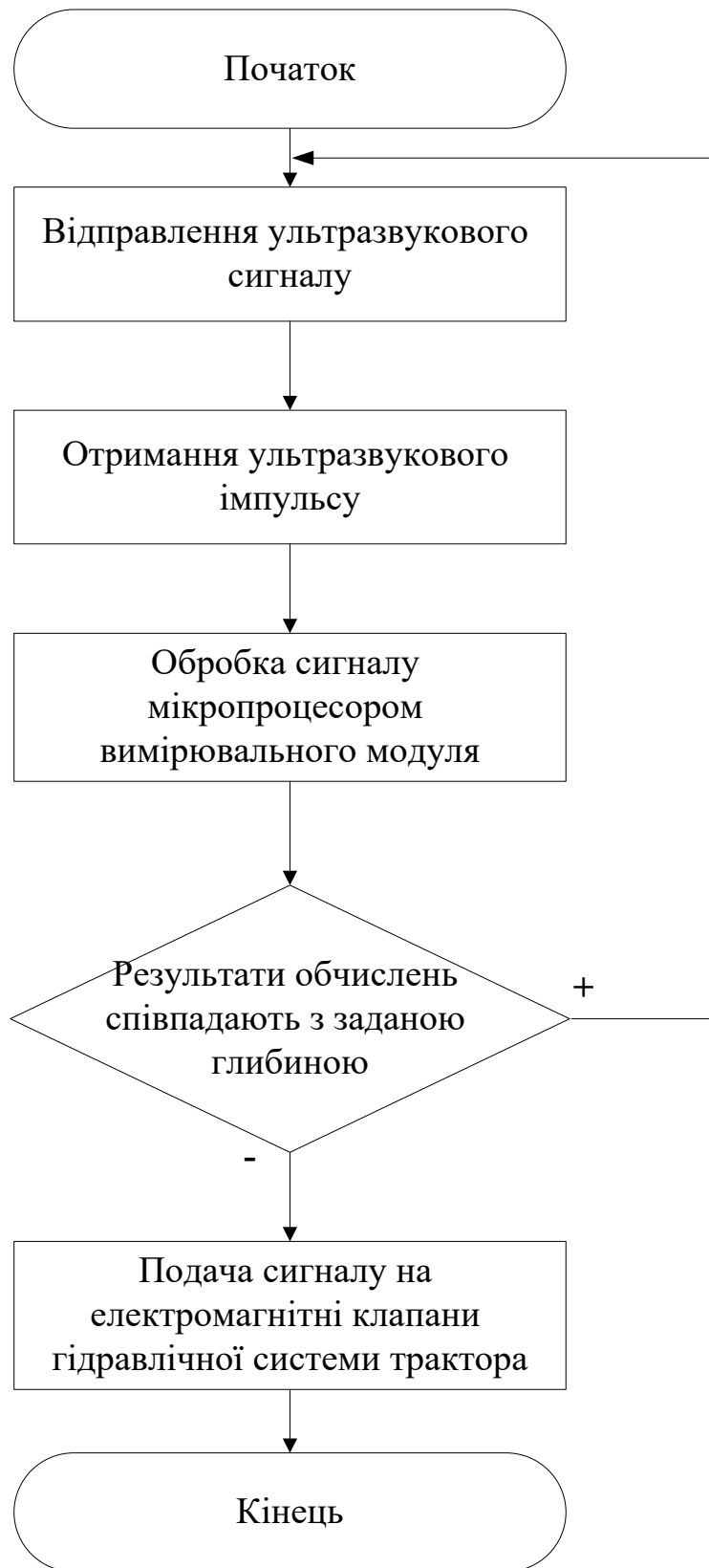


Рисунок 3.14 – Блок-схема загального алгоритму роботи програми

Усі механізми та сенсори управляються за допомогою розробленого модуля із драйверами, головним компонентом якого є мікроконтролер. В розробці застосований безпроводний інтерфейс для обміну даними між керуючим і вимірювальними пристроями моніторингу та управління. Пристрій керування встановлюється в кабіні трактора та приєднується до електричних кіл керування гідравлічною системою. Вимірювальний пристрій із сенсорами встановлюється на рамі обладнання та на гідравлічних циліндрах.

Вмонтований модуль із датчиками вимірює глибину обробки і автоматично регулює під задану. Достатньо лише вказати бажану глибину і всі механізми будуть виконувати певні функції, залежно від зміни рельєфу на певній площі.

Ультразвукові сенсори використовуються для вимірювання глибини обробки ґрунту, монтуються на гідравлічних циліндрах, інші датчики монтуються на рамі будь-якої СГ для точного вимірювання глибини обробки. Бажана глибина задається керуючому пристрої, встановленому в кабіні трактора. Якщо глибина змінилась від заданої, то сигнал подається з вимірювального пристрою на керуючий, після чого приводяться в дію певні виконавчі механізми для встановлення заданої глибини. Перед початком роботи потрібно проводити калібрування датчиків для подальшої коректної роботи в полі.

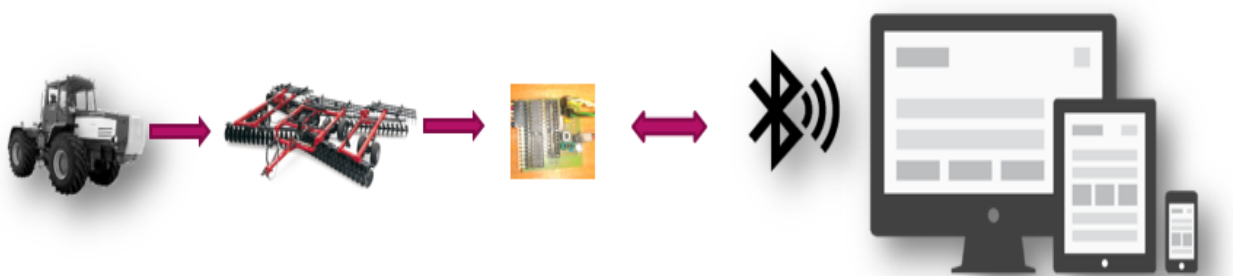


Рисунок 3.15 – Принцип роботи системи моніторингу

Діапазон регулювання глибини обробки ґрунту – від 0 до 500 мм, уточняється залежно від типу навісного чи причіпного обладнання та коефіцієнту передачі руху штока циліндра на робочий орган. Точність

підтримки глибини обробки ґрунту в діапазоні регулювання – 20мм (для чорнозему). Довжина підйомів або впадин, при яких виконується зміна регулювання обробки (оранки, глибокого рихлення) ґрунту (при швидкості 10-12 км/год.) – більша, ніж відстань між датчиками, розташованими на кінцях рами.

Для вимірювання глибини обробки ґрунту при роботі з однією робочою секцією регулювання агрегату потрібно 2 сенсори, крім того, потрібно встановити датчик на гідравлічний циліндр, який відповідає за підйом цього обладнання.

Потрібно передбачити можливість роботи з «оборотними» плугами, тому є потреба у встановленні другої пари додаткових сенсорів з протилежної сторони та їх автоматичного перемикання. При роботі із секційною СГ кількість датчиків відповідно більша.

Проведені технічні параметри повинні забезпечувати при такі умовах експлуатації:

- діапазон робочих температур від -10 до +50 °С;
- швидкість руху трактора з обладнанням - від 0 до 30 км/год;
- відсутність сильних атмосферних опадів.

Розробка програмного забезпечення під вимірювальний пристрій - створення програми, яка буде керувати датчиками і передавати дані на керуючий пристрій для моніторингу та управління (бортовий комп'ютер або мобільний пристрій). Виготовлення робочих прототипів та тестування – виготовлення робочих плат із контролерами та датчиками для сканування глибини обробки ґрунту, інтерфейсу для передачі даних на пристрій моніторингу (3-4 комплекти). Розробка програмного забезпечення для керуючого пристрою моніторингу та управління – створення програми на базі Android, встановлення на бортові комп'ютери або мобільні пристрої для того, щоб слідкувати за виконанням польових робіт.

3.4 Розробка програмного продукту для автоматичного керування та моніторингу глибини обробки ґрунту.

Для керування сенсором за допомогою мікроконтролера, необхідний ряд виконання функцій. Для того, щоб їх виконати, необхідно, відповідно алгоритму, створити програмне забезпечення.

Ряд функцій, які відповідають за послідовність виконання дій під час вимірювання, конвертації та передачі даних:

```
</natures>
</projectDescription>
#include "main.h"
#include "stm32f1xx_hal.h"
/* USER CODE BEGIN Includes */
/* USER CODE END Includes */
/* Private variables.....*/
ADC_HandleTypeDef hadc1;
ADC_HandleTypeDef hadc2;
DMA_HandleTypeDef hdma_adc1;
CRC_HandleTypeDef hcrc;
TIM_HandleTypeDef htim3;
UART_HandleTypeDef huart1;
UART_HandleTypeDef huart2;
DMA_HandleTypeDef hdma_usart1_rx;
DMA_HandleTypeDef hdma_usart1_tx;
DMA_HandleTypeDef hdma_usart2_rx;
DMA_HandleTypeDef hdma_usart2_tx;
/* USER CODE BEGIN PV */
/* Private variables.....*/
volatile uint16_t ADC_data[ADC_BUFFER_SIZE];
volatile uint8_t UART_buf[1] = {0};
volatile uint32_t distance = 0;
```

```

uint8_t startADC = 0;
/* USER CODE END PV */
/* Private function prototypes..... */
void SystemClock_Config(void);
static void MX_GPIO_Init(void);
static void MX_DMA_Init(void);
static void MX_USART1_UART_Init(void); static void
MX_CRC_Init(void);
static void MX_ADC1_Init(void); static void MX_TIM3_Init(void); static
void MX_ADC2_Init(void);
static void MX_USART2_UART_Init(void);
/* USER CODE BEGIN PFP */
/* Private function prototypes..... */
/* USER CODE END PFP */
/* USER CODE BEGIN 0 */
Void      HAL_UART_TxCpltCallback(UART_HandleTypeDef*huart){
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_SET);
}
void HAL_UART_RxCpltCallback (UART_HandleTypeDef* huart){
if(UART_buf[0] == '1'){
HAL_GPIO_WritePin(GPIOB,      GPIO_PIN_10,      GPIO_PIN_SET);
HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_RESET);
startADC = 1;
}
}
void HAL_ADC_ConvCpltCallback(ADC_HandleTypeDef* hadc){ if(hadc
== &hadc1){
//HAL_GPIO_TogglePin(GPIOC, GPIO_PIN_13);
//HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_13, GPIO_PIN_SET);
HAL_ADC_Stop_DMA(&hadc1);
}
}

```

```

HAL_UART_Transmit_DMA(&huart1, ADC_data, sizeof(ADC_data));
/* USER CODE BEGIN 1 */
/* USER CODE END 1 */
/* MCU Configuration..... */
/* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface and the Systick. */
HAL_Init();
/* USER CODE BEGIN Init */
/* USER CODE END Init */
/* Configure the system clock */ SystemClock_Config();
/* USER CODE BEGIN SysInit */
/* USER CODE END SysInit */
/* Initialize all configured peripherals */ MX_GPIO_Init();
MX_DMA_Init(); MX_USART1_UART_Init();
MX_CRC_Init(); MX_ADC1_Init(); MX_TIM3_Init(); MX_ADC2_Init();
MX_USART2_UART_Init();
/* USER CODE BEGIN 2 */

```

Повний лістинг програм для контролюючого та вимірювального засобів моніторингу та керування знаходиться в додатку Б.

3.5 Апробація проекту

- 1) Диплом за I місце у фіналі II етапу XIII Всеукраїнського чемпіонату з інформаційних технологій «Екософт 2014» з авторською розробкою в номінації «за стильність оформлення та якісний Інтерфейс» в категорії «функціональні пристрої» з програмним засобом «Система контролю обробітку ґрунту», наказ №14 від 21.02.2014
- 2) Диплом за II місце в конкурсі Intel-Техно Україна 2014-2015 рр. Національного етапу міжнародного конкурсу Intel ISEF (International Science and Engineering Fair) категорія «Інженерія» від 17.02.2014
- 3) Грамота за II місце у фінальному етапі Всеукраїнського конкурсу винахідницьких і раціоналізаторських проектів еколого-натуралістичного

напряму з роботою на тему: «Система контролю обробітку ґрунту», наказ №9
від 13.02.2014

4) Диплом переможця в номінації: Фізика та інженерні науки за II місце у Всеукраїнському конкурсі винахідницьких та раціоналізаторських проєктів еколого-натуралістичного напрямку.

5) Диплом учасника III етапу Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів Малої академії наук України, відділення технічних наук, секція авіа- та ракетобудування, машинобудування і робототехніка, тема «Застосування досягнень мікроелектроніки в системах контролю та регулювання глибини оранки ґрунту».

б) Диплом першого ступеня, нагороджується Лановий Роман, переможець обласного конкурсу «Космос. Людина. Духовність», розділ «Людина. Земля. Всесвіт.»

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки «Методи і мікроконтролерні засоби моніторингу та оптимізації глибини обробки ґрунту»

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки.

Проведення технологічного аудиту здійснюється за допомогою експертного методу. Для цього залучено 2-х незалежних експертів. Оцінювання комерційного потенціалу розробки здійснюється за 12-ю критеріями, наведеними в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
1	2	3	4	5	6
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерти	
	1	2
	Бали, виставлені експертами:	
1	4	2
1	3	3
2	3	3
3	3	2
4	4	4
5	3	3

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
6	3	2
7	3	4
8	3	3
9	3	2
10	2	3
11	1	1
12	2	2
Сума балів	СБ1 = 39	СБ2 = 37
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{39 + 37}{2} = 38$	

Таблиця 4.3 Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Згідно результатів оцінювання комерційного потенціалу розробки, що наведено в таблиці 4.2, середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів складає 38 балів. Використовуючи дані таблиці 4.3 можна зробити висновок, що рівень потенціалу розробки – вище середнього.

Оскільки, успіх комерційної роботи на ринку визначається в першу чергу сучасними, високоякісними, вигідними з точки зору споживача товарами, то для забезпечення успіху комерційного потенціалу розробки

доцільним є вивчення і прогнозування купівельного попиту, вивчення і виявлення потреб населення в товарах і послугах в галузі електроніки; виявлення і вивчення джерел надходження і постачальників товарів; Ефективним, також, передбачається планування та організація раціональних господарських зв'язків з постачальниками товарів, включаючи укладання договорів на постачання товарів, розробку й подання заявок і замовлень на товари, організацію обліку і контролю за виконанням договірних зобов'язань, різні форми комерційних розрахунків. Доцільним є планування, організація і технологія проведення оптової закупівлі сировини у різних постачальників (на ярмарках, оптових продовольчих ринках, товарних біржах, аукціонах, у виробників продукції, торгових посередників і т.д.). Планування і проведення рекламно-інформаційної діяльності зі збуту товарів є обов'язковим і завершальним етапом успішної реалізації комерційного потенціалу розробки.

4.2 Прогнозування витрат на виконання роботи

Кошторис витрат на розробку передбачає розрахунок декількох статей витрат.

Основна заробітна плата (Z_o) розробників розраховується за формулою [4.1.]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад розробника;

T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні;

t – число днів роботи розробників.

Зроблені розрахунки занесені до таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Витрати на основну заробітну плату розробників

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на оплату праці, грн.
Науковий керівник	12500	568,18	15	8522,7
Інженер-програміст	14000	636,36	9	6170,68
Всього				14693,38

Основна заробітна плата робітників Z_p , які виконують роботи за робочими професіями, розраховується за формулою:

$$Z_p = \sum_i^n t_i \cdot C_i, \quad (4.2)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи;

n – число робіт за видами та розрядами;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує певну роботу. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_{mkc} \cdot K_c}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (4.3)$$

де M_m – розмір мінімальної заробітної плати за місяць у 2020 році, $M_m = 5000$ грн.

K_{mkc} – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (див. табл. 5.3).

Таблиця 4.5 – Міжкваліфікаційні співвідношення для встановлення тарифних ставок робітникам

Розряд	1	2	3	4	5	6	7	8
K_{mkc}	1,0	1,1	1,35	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Розрахунки основної заробітної плати робітників зведено в таблицю 4.6

Таблиця 4.6 – Розрахунок основної заробітної плати робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Монтажні	38	4	27,3	1037,4
Налагоджувальні	20	4	27,3	546
Інсталяційні	15	3	24,5	367,5
Всього				1950,9

Додаткову заробітну плату ($З_д$) розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення, розрахуємо як (10...12)% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників [33]:

$$З_д = (0,1 \dots 0,12) \cdot З_о, \text{ грн} \quad (4.4)$$

Підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$З_д = 0,1 \cdot (14693,38 + 1950,9) = 1664,43 (\text{грн}).$$

Нарахування на заробітну плату $Н_{зп}$ розробників та робітників становить 22% від суми їх основної та додаткової заробітної плати [33]:

$$Н_{зп} = (З_о + З_р + З_д) \cdot 0,22. \quad (4.5)$$

Обчислимо нарахування на заробітну плату за формулою (4.5):

$$Н_{зп} = (14693,38 + 1950,9 + 1664,43) \cdot 0,22 = 4027,92 (\text{грн}).$$

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались для розробки нового технічного рішення.

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування за кожним видом обладнання та приміщень, які використовувались для розробки нового технічного рішення, можуть бути розраховані за формулою [33]:

$$A = \frac{C \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12}, \quad (4.6)$$

де C – балансова вартість обладнання;

H_a – річна норма амортизаційних відрахувань;

T – термін використання обладнання, місяців.

Всі проведені розрахунки амортизаційних відрахувань наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютер	10000	20	3	500
Мультиметр	350	25	3	21,87
Програмне забезпечення STM32CubeIDE	2580	15	2	64,5
Офісна оргтехніка	1320	25	2	55
Приміщення лабораторії	150000	5	3,5	2187,5
Ультразвукові сенсори	30600	20	2,5	1275
Програматор для мікроконтролера	900	20	2	30
Всього				4133,87

Використані для розробки нового технічного рішення матеріали і прилади подано в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

№	Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Од. виміру	Витрачено на виріб	Ціна за матеріал, грн.	Загальна вартість
1.	Диск	шт	1	15	15
2	Папір офсетний	уп	1	85	85
Всього, грн.					100

Використані для розробки нового технічного рішення комплектуючі наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Комплектуючі, що використовуються для розробки нового технічного рішення

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1. Мікропроцесор	1	79,3	79,3
2. Діоди	3	15	45
3. Плата для монтажу деталей	1	132	132
4. Мікросхема	2	12,8	25,6
5. Резистор по 10 кОм	5	15,2	76
Всього, грн.			357,9

Витрати на комплектуючі вироби (B_K) розраховуються згідно з їх номенклатурою за формулою:

$$B_K = \sum_i H_{Ki} \cdot C_{Ki} \cdot K, \quad (4.8)$$

де H_{Ki} – кількість комплектуючих i -го найменування;

C_{Ki} – ціна комплектуючих i -го найменування.

Витрати на електроенергію, яка використовується в процесі розробки нового технічного рішення, визначаються на основі тарифів на енергію за допомогою залежності [33]:

$$B_E = B_{1kBm} \cdot \Pi_o \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (4.9)$$

де $B_{1кВт}$ – вартість одного кіловата енергії в 2020 році, $B_{1кВт} = 3,5$ грн.;

P_o – установлена потужність обладнання, $P_o = 1,8$ кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, $\Phi = 220$ год.;

K_n – коефіцієнт використання потужності, $K_n = 0,95$.

Підставивши значення в формулу (5.9), отримаємо:

$$B_E = 3,5 \cdot 1,8 \cdot 220 \cdot 0,95 = 1316,7(\text{грн.}).$$

Таблиця 4.10 – Послуги, що використовуються при виготовленні дослідного зразка

Найменування послуг	Термін використання, місяців	Ціна за місяць, грн.	Сума, грн.
1. Послуга «AWS хостинг», шт.	3	980	2940
2. Послуга «Доменне ім'я», шт.	2	580	1160
Всього	4100 грн.		

Інші витрати B_{IH} приймаються як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників, тобто:

$$B_{IH} = 2 \cdot (Z_O + Z_P). \quad (4.10)$$

Обчислимо інші витрати за виразом (4.10):

$$B_{IH} = 1,7 \cdot (14693,38 + 1950,9) = 27288,41 (\text{грн.}).$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на розробку нового технічного рішення – B , тобто:

$$B = Z_O + Z_P + Z_D + H_{ЗВ} + A + B_M + B_K + B_E + B_{IH}. \quad (4.11)$$

Підставивши значення в формулу (4.12), маємо:

$$B = 14693,38 + 1950,9 + 1661,43 + 4027,92 + 4133,87 + 100 + 357,9 + 1316,77 + 4100 + 27288,41 = 59633,51(\text{грн.}).$$

Розрахунок загальних витрат $B_{ЗАГ}$ на виконання розробки нового технічного рішення здійснюється за формулою:

$$B_{ЗАГ} = \frac{B_{IH}}{\alpha}, \quad (4.13)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець розробки нового технічного рішення, $\alpha = 0,8$.

Обчислимо загальні витрати за формулою (4.14):

$$B_{заг} = \frac{59633,51}{0,9} = 41610,7 \text{ (грн)}$$

Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів розробки нового технічного рішення:

$$ЗВ = \frac{B_{ЗАГ}}{\beta}, \quad (4.14)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап розробки нового технічного рішення (розробка знаходиться на стадії технічного проектування, тобто $\beta = 0,2$).

Підставивши значення в формулу (4.14), отримаємо:

$$ЗВ = \frac{41610,7}{0,2} = 208053,5 \text{ (грн)}$$

4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Для даної розробки маємо випадок, коли неможливо прямо оцінити зростання чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки. У цьому випадку збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$ для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою [33]:

$$\Delta\Pi_i = \sum_i (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - v), \quad (4.15)$$

де ΔC_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році (наприклад, ціна одиниці нової розробки);

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2018 році ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту, $\rho = 0,25$;

v – ставка податку на прибуток, з 2018 року $v = 0,18$ [34].

Припустимо що в результаті впровадження результатів наукової розробки покращується якість певного продукту, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 2000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 200 , протягом другого року – ще на 300 , протягом третього року – ще на 550 .

Орієнтовно: реалізація продукції до впровадження результатів розробки складає 280 користувачів, а її ціна – 15000

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом перших трьох років складатиме:

$$\Delta\Pi_1 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot 200] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 673200$$

$$\Delta\Pi_2 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot (200 + 300)] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 1540200$$

$$\Delta\Pi_3 = [2000 \cdot 280 + (15000 + 2000) \cdot (200 + 300 + 550)] \cdot 0,8547 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 3129700$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Припустимо, що загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів НДДКР (або теперішня вартість інвестицій PV) дорівнює 208053 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через три роки.

Таким чином, збільшення чистого прибутку підприємства після першого року складе 673200 грн., після другого року - 1540200 грн., після третього року – 3129700 грн.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рис. 4.10.

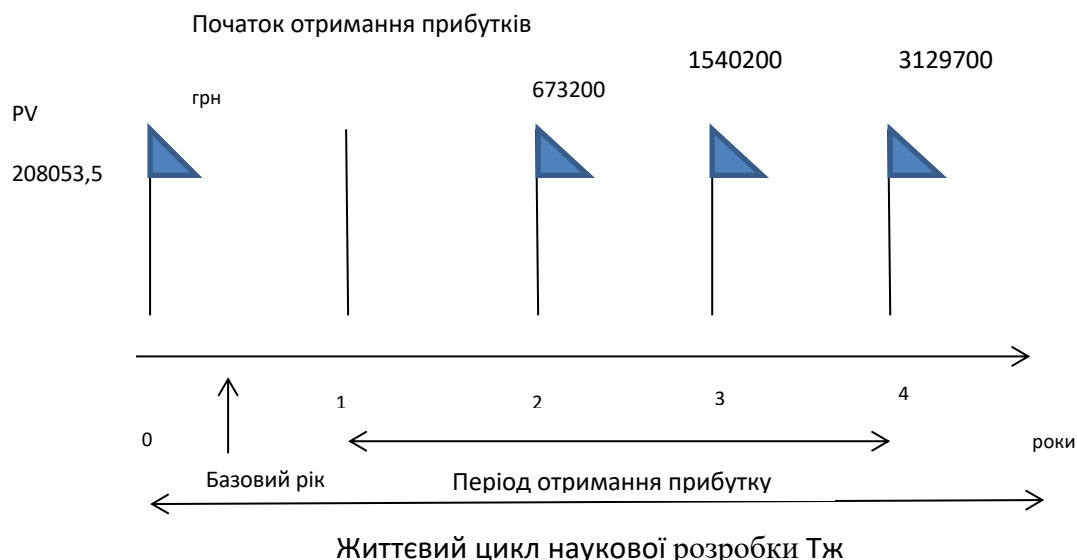


Рисунок 4.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$ за формулою [33]:

$$E_{абс} = ПП - ЗВ, \quad (4.15)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки.

В свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_t^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.16)$$

де T – період часу, протягом якого виявляються результати наукової розробки ;

τ – ставка дисконтування, $\tau = 0,1$;

t – період часу від моменту отримання чистого прибутку до точки “0”.

Обчислимо приведену вартість всіх чистих прибутків за формулою (4.16):

$$ПП = \frac{673200}{(1+0,1)^2} + \frac{1540200}{(1+0,1)^3} + \frac{3129700}{(1+0,1)^4} = 3861039 \text{ грн}$$

Розрахуємо за формулою (4.15) абсолютну ефективність вкладених інвестицій:

$$E_{abc} = 3861039 - 208053,5 = 3652985,5 (\text{грн}).$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукової розробки та її впровадження принесе прибуток.

Відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e розраховується за формулою :

$$E_e = \sqrt[T]{1 + \frac{E_{abc}}{3B}} - 1, \quad (4.17)$$

де $T_{жс}$ – життєвий цикл наукової розробки, $T_{жс} = 3$ роки.

Підставивши чисельні значення в формулу (4.17), отримаємо:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{3652985,5}{208053,5}} - 1 = 1,64 \approx 164\%$$

Отже, відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій становить приблизно 164%.

Далі відносна ефективність вкладених інвестицій порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{min} , яка визначається як:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.18)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках, $d = 0,14$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень, $f = 0,05$.

Обчислимо мінімальну ставку дисконтування за виразом (5.18):

$$\tau_{min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Оскільки $E_g = 164\% > \tau_{min} = 19\%$, то інвестори можуть бути зацікавленими у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}. \quad (4.19)$$

Підставивши значення у вираз (5.19), маємо:

$$T_{ок} = \frac{1}{1,64} = 0,61 \text{ року}$$

Оскільки термін окупності приблизно складає сім з половиною місяців та знаходиться в оптимальних межах (до п'яти років), то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

1) Оцінено комерційний потенціал розробки, рівень якого є вище середнього, що свідчить про доцільність ймовірного впровадження розробки та отримання прибутку від її використання.

2) Розраховано витрати на виконання наукової роботи та впровадження її результатів. Сума всіх статей витрат складає 59633,51 грн, до яких входять витрати на: основну заробітну плату розробників – 14693,38 грн;

заробітну плату робітників – 1950,9 грн; додаткову ЗП – 1664,43 грн; нарахування на ЗП – 4027,92 грн; амортизація обладнання – 4133,87 грн; витрати на матеріали – 100 грн; витрати на комплектуючі – 357,9 грн; витрати на силову електроенергію – 1316,7 грн; інші витрати – 27288,41 грн. Загальна вартість всієї наукової роботи складає 41610,7 грн, а прогнозовані витрати на виконання та можливе впровадження результатів даної роботи можуть скласти приблизно 208053,5 грн.

3) Розраховано комерційні ефекти від реалізації результатів розробки. Позитивні результати від провадження розробки очікуються протягом трьох років після впровадження. Збільшення чистого прибутку протягом 1-го року складає – 673200 грн, протягом 2-го року – 1540200 грн, протягом 3 – го року – 3129700 грн.

4) Розраховано ефективність вкладених інвестицій та період їх окупності. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій $E_{abc} > 0$, свідчить про те, що впровадження наукових досліджень принесе прибуток, а розрахована відносна (щорічна) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{min} , так як $E_v > \tau_{min}$, то потенційний інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок} = 0,61$ року, звідси $T_{ок} < 3 \dots 5$ років, що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

ВИСНОВКИ

В даному проекті розроблено власну систему автоматичного регулювання та контролю глибини обробки ґрунту, в якій створено: керуючий модуль, вимірюючі модулі, програмне забезпечення для контролю сенсорів, програма для отримання результатів глибини обробки у вигляді графіка. В проекті були застосовані інноваційні ультразвукові сенсори вимірювання відстані, мікропроцесорний модуль STM32 та додаткова обв'язка живлення.

Для виконання поставленої мети у бакалаврському проекті, необхідно було виконати такі завдання: проаналізувати агротехнічні вимоги до основних заходів обробки ґрунту, розглянути сучасні методи та засоби контролю та дослідження вимірювання глибини обробки, дослідити прототипи та конкурентні системи контролю та регулювання, сформулювати технічні вимоги до розробки, реалізувати апаратну частину системи, реалізувати програмну частину системи, протестувати розроблену програмну та апаратну частини проекту.

Отже, даний метод моніторингу є найефективнішим, а система на даний час вважається актуальною та необхідною серед аграріїв. Вона дає можливість не тільки контролювати та автоматично коригувати глибину обробки ґрунту, а також дає можливість відправляти дані про обробку в режимі реального часу, що дає можливість відслідкувати робочий процес дистанційно.

Було встановлено, що використання даних технологій не тільки допоможе контролювати культивацийні та посівні роботи, а й збільшить урожайність на 20-25%. Модульна система легка у монтуванні та експлуатації, стійка до погодних умов. Система використовується на будь-якій СГ техніці, керується з кабіни трактора. Є можливість управляти даною системою через смартфон.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мікропроцесорний модуль автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту “CRAFT SCANNER” Р. О. Лановий, В.О.Мартишев // Тези доповіді XLVI науково-технічної конференції факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії / 2017, Вінниця. Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2017/paper/view/2683>
2. Лановий Р.О. – Мікропроцесорний модуль автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту // Збірник наукових праць Всеукраїнського форуму студентів політехнічних університетів // 26-28 квітня 2017р., м.Миколаїв, с.43-45.
3. http://impuls.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=3874%3A2017-05-10-08-58-40&catid=4%3A2014-02-07-12-35-57&Itemid=2&lang=en
4. Методи і засоби агрометеорологічних вимірювань параметрів ґрунтів <https://uhmi.org.ua/rozi/agro/>
5. Грушка І. Г. Нові методи і засоби агрометеорологічних вимірювань і питання гідрометеорологічного забезпечення землеробства. Матеріали наради-семінару “Обмін досвідом гідрометеорологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва у сучасних умовах”. 15-20 жовтня 2001 р. м. Ялта. Український ГМЦ, Київ, 2001., С. 43-54.
6. Звіт про науково-дослідну роботу “Розробити автоматизовану систему контролю вологості, температури ґрунту та інших агрометеорологічних параметрів”, УкрНДГМІ, Київ, 1997 р.
7. Федосеев А. П. Агротехника и погода. Л.: Гидрометеиздат, 1976, - 240 с.
8. agrometriya.iatp.org.ua
9. https://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/MB7092.htm
10. <http://www.libelium.com/white-paper-enabling-the-smart-agriculture-revolution/> White Paper

11. <https://freedelivery.com.ua/arduino-100/moduli-svyazi-138/bluetooth-modul-hc-06-4pin-rs232-ttl-dlya-arduino-2193.html>
12. http://robot-kit.ru/product_info.php/info/p808_Draiver-motorov-dvuhkanalny-L298N--Dual-DC-Motor-Driver--RKP-MDL298-01A-V2-.html
13. https://www.armakip.com.ua/index.php?id=27&gclid=Cj0KCQjw9JzoBRDjARIsAGcdIDVpnlXBdaqNJwsXIBowwHkipzpNPVN0HWuv93tFF8mejx6qsX0JTSEaAgSuEALw_wcB
14. <https://agtech.com.ua/>
15. https://www.google.com/search?biw=1366&bih=576&tbm=isch&sa=1&ei=lnD_XPn1JJKorgTw0biwAg&q=stm32+pinout&oq=stm32+&gs_l=img.1.0.013j0i3017.21406.23211..27420...0.0..0.184.545.1j3.....0....1..gws-wiz-img.....35i39._KoNxSC7yjc#imgrc=Lqfv2coYUjNYVM:
16. https://wiki.tntu.edu.ua/HC_SR04
17. <https://agroreview.com/news/top-5-datchykiv-dlya-silskoho-hospodarstva>
18. <https://sentera.com/drone-sensor-posts/>

