

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет**

(повне найменування закладу вищої освіти)

**Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій**

(повне найменування факультету)

**Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки**

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПОРТАТИВНА ОДНОКАНАЛЬНА СИСТЕМА ВІЗУАЛЬНОГО  
АНАЛІЗУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА**

**PORTABLE SINGLE-CHANNEL VISUAL ANALYSIS SYSTEM  
BASED ON A MICROCONTROLLER**

спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти

групи КІс-21

Семенчук Кирил Максимович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

Костючко Сергій Миколайович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

« 07 » червня 2024 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2024 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Н.Черняшук

« 10 » 01 2024 р.

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Семенчуку Кирилу Максимовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Портативна одноканальна система візуального аналізу на базі мікроконтролера

Керівник роботи к.т.н., доцент Костючко Сергій Миколайович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «30» грудня 2023 року № 459/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 11.06.2024р.

3. Вихідні дані до роботи Джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області та різні інтернет-ресурси технічного спрямування

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

Вступ

Аналітична частина

Проектна частина

Практична частина

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Функціональна схема

Структурна схема

Блок-схема алгоритму роботи системи

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Аналітична частина</i>	<i>Костючко С.М., доцент</i>		
<i>Проектна частина</i>	<i>Костючко С.М., доцент</i>		
<i>Практична частина</i>	<i>Костючко С.М., доцент</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Багнюк Н.В., доцент</i>		
<i>Гарант ОП</i>	<i>Лавренчук С.В., доцент</i>		
<i>Показник запозичень тексту</i>		_____ %	
<i>Академічна добросовісність</i>	<i>Міскевич О.І., асистент</i>		

7. Дата видачі завдання 10.01.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розділ 1. Аналітична частина</i>	до 15.02.2024 р.	Виконано
2.	<i>Розділ 2. Проектна частина</i>	до 15.03.2024 р.	Виконано
3.	<i>Розділ 3. Практична частина</i>	до 04.05.2024 р.	Виконано
4.	<i>Висновки та пропозиції</i>	до 07.05.2025 р.	Виконано
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	до 10.05.2024 р.	Виконано
6.	<i>Формування додатків</i>	до 15.05.2024 р.	Виконано
7.	<i>Оформлення ілюстративного матеріалу</i>	до 20.05.2024 р.	Виконано
8.	<i>Нормоконтроль</i>	до 01.06.2024 р.	Виконано
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	до 04.06.2024 р.	Виконано
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	до 11.06.2024 р.	Виконано

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Семенчук К.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Костючко С.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Семенчук К.М. Портативна одноканальна система візуального аналізу на базі мікроконтролера. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2024.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, одного додатку.

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто сучасний стан проблеми, задачі та питання які необхідно розв'язати у роботі.

У другому розділі були показані переваги вибраного напрямку роботи у порівнянні з іншими можливими напрямками.

У третьому розділі було розроблено пристрій, описано розробку схемотехнічних рішень, описана функціональна схема.

Об'єкт дослідження: портативна одноканальна система візуального аналізу на базі мікроконтролера.

Предмет дослідження: процес створення портативного осцилографа, який поєднує в собі високу продуктивність та точність вимірювань, забезпечуючи ефективну роботу в різноманітних умовах експлуатації, що вимагає розробки нових технологій та оптимальних апаратних рішень.

Мета роботи: розробка портативної одноканальної системи візуального аналізу на базі мікроконтролера з метою забезпечення низького енергоспоживання та максимальної мобільності для застосування у віддалених або мобільних умовах.

Ключові слова: Портативний осцилограф DSO-150, Мікроконтролер ATmega328, Рідкокристалічний екран-ST7789V, Arduino Nano, Proteus VSM.

## ANNOTATION

Semenchuk K.M. Portable single-channel visual analysis system based on microcontroller. Manuscript.

Qualification work for bachelor's degree in Computer Engineering, specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2024.

The qualification work consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references, and one appendix.

The first chapter of the qualification work describes the current state of the problem, tasks and issues to be solved in the work.

The second chapter shows the advantages of the chosen direction of work in comparison with other possible directions.

In the third section, we developed the device, described the development of circuitry solutions, and described the functional diagram.

Research object: a portable single-channel visual analysis system based on a microcontroller.

The subject of research: creation of a portable oscilloscope that combines high performance and measurement accuracy, ensuring efficient operation in various operating conditions, which requires the development of new technologies and optimal hardware solutions.

Objective: to develop a portable single-channel visual analysis system based on a microcontroller to ensure low power consumption and maximum mobility for use in remote or mobile environments.

Keywords: DSO-150 portable oscilloscope, ATmega328 microcontroller, Liquid crystal screen-ST7789V, Arduino Nano, Proteus VSM.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Огляд предметної області.....	9
1.2 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів ..	15
1.3 Функціональна схема обчислювальної системи, математична (інформаційна) модель, вимоги апаратно-програмного комплексу .....	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	18
2.1 Вибір та особливості використання технологій, схемотехнічних рішень .	18
2.2 Особливості використання засобів проектування та програмних технологій.....	26
2.3 Структура автоматизованої системи (підсистеми) .....	30
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	31
3.1 Алгоритм функціонування обчислювальної системи .....	31
3.2 Розрахунок та опис розробленої обчислювальної системи .....	32
3.3 Інструкція користувача з експлуатації обчислювальної системи .....	37
3.4 Вимоги та умови використання приладу .....	39
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	51

## ВСТУП

В сучасному світі зростає значущість портативних систем візуального аналізу, які можуть знаходити широке застосування у різних сферах. Завдяки стрімкому розвитку технологій та зростанню потреб споживачів, такі системи стають важливим інструментом для забезпечення швидкого та зручного доступу до важливої інформації в режимі реального часу. Вимірювання фізичних величин є одним з ключових методів для розуміння світу, ґрунтуючись на ідеї відтворення розмірів фізичної величини і отримання результату цього відтворення, тобто числового значення фізичної величини.

Актуальність теми полягає в тому, що використання мікроконтролерів дозволяє створювати компактні та продуктивні пристрої, ідеальні для мобільного використання. Їхні невеликі розміри та легка вага роблять їх ідеальними для використання в польових роботах. Простий інтерфейс користувача робить їх доступними навіть для початківців у галузі електроніки. Незважаючи на їхню простоту та доступну вартість, вони мають достатньо функцій для виконання багатьох стандартних завдань осцилографії, включаючи вимірювання напруги, частоти, періоду та інших характеристик сигналів. Для досвідчених користувачів є можливість модифікації та удосконалення, що дозволяє адаптувати пристрій під конкретні потреби та проекти. Такі пристрої можуть знайти широке застосування в електроніці, медицині, автомобільній та інших галузях, де потрібен мобільний та ефективний інструмент для аналізу сигналів.

Мета роботи: розробка портативної одноканальної системи візуального аналізу на базі мікроконтролера з метою забезпечення низького енергоспоживання та максимальної мобільності для застосування у віддалених або мобільних умовах.

Для забезпечення виконання поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

- провести огляд літературних джерел;

- виділити основні напрямки дослідження;
- дослідити та обрати необхідні інструменти для розробки практичної частини;
- виконати побудову приладу;
- налаштувати та протестувати розроблений пристрій.

Об'єкт дослідження: портативна одноканальна система візуального аналізу на базі мікроконтролера.

Предмет дослідження: процес створення портативного осцилографа, який поєднує в собі високу продуктивність та точність вимірювань, забезпечуючи ефективну роботу в різноманітних умовах експлуатації, що вимагає розробки нових технологій та оптимальних апаратних рішень.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Огляд предметної області

Осцилограф – це прилад, призначений для аналізу електричних сигналів у часовій області шляхом візуального відображення графіка сигналу на екрані або фотоплівці. Він також використовується для вимірювання амплітудних і часових характеристик сигналу за допомогою його графічного представлення. Осцилограф застосовується для аналізу функціональних взаємозв'язків між двома чи більше змінними, як електричними, так і перетвореними в електричні сигнали.

Спочатку електричні коливальні процеси реєструвалися вручну на папері. Першим, хто автоматизував цей процес, був Жюль Франсуа Жубер у 1880 році. Він встановив необхідність покрокової реєстрації сигналу. Метод Жубера розвинули і вдосконалили фізик Коллі і французький вчений Блондель у 1885 і 1893 роках відповідно. Перші осцилографи мали значну інерційність, що заважало фіксувати швидкі процеси. Цю проблему вирішив Вільям Дадделл, який створив світлопроменевий осцилограф, в якому вимірювальним елементом було дзеркало, а індикація виводилася на спеціальну світлочутливу пластинку. Вершиною розвитку цього методу став багатоканальний стрічковий осцилограф. У 1899 році І. Знек додав до приладу горизонтальне відхилення, зробивши апарат більш схожим на сучасний осцилограф.

Дослідження джерел інформації свідчать, що основні сфери використання осцилографів включають розробку, ремонт та налаштування електронних пристроїв у галузях радіотехніки, радіоелектроніки та суміжних областях:

- системи безпеки;
- автоматизовані виробничі лінії;
- радіозв'язок і радіопередавачі;
- збір і передача телеметричних даних за допомогою системи спостереження та перегляду;

- резервні та вторинні джерела енергії;
- електрообладнання для транспортних засобів.

Огляд доступної технічної інформації не виявив значного надлишку пропозицій портативних осцилографів, особливо тих, що можуть бути інтегровані безпосередньо в електронний щуп інженера. Прилад з компактними габаритами може знайти застосування в сферах ремонту автоматизованих виробничих ліній, джерел живлення, малогабаритної цифрової апаратури, швидкого тестування працездатності основних компонентів друкованих плат в цифровій та аналоговій електроніці.

Таким чином, розробка приладу в цьому напрямку є актуальною та перспективною з точки зору конкурентоспроможності.

До складу осцилографа також входять деякі допоміжні блоки, такі як блок регулювання яскравості та калібратор для налаштування діапазону та амплітуди. У цифрових пристроях використовується рідкокристалічний дисплей.

Цифровий осцилограф відображає графік вхідного сигналу у вигляді готової картинки на екрані, а аналоговий – у вигляді розмітки, схожої на координатну сітку.

Основні параметри осцилографа, які впливають на його робочі характеристики, включають:

- смуга пропускання – це діапазон частот, на якому відхилення амплітуди сигналу, що вимірюється осцилографом, не перевищує 3 дБ від номінального значення на середній частоті;
- час наростання ( $t_n$ ) – це інтервал часу, за який сигнал осцилографа збільшується з 10% до 90% своєї максимальної амплітуди. Цей параметр часто використовується як альтернативний показник смуги пропускання, оскільки верхня межа частоти ( $f_u$ ) і час наростання пов'язані обернено пропорційно;
- коефіцієнт розгортання – це відношення часу, який відведений на один горизонтальний поділ екрану осцилографа, до величини горизонтального відхилення, яке викликане напругою розгортки;
- швидкість запису – це найвища швидкість, з якою можна переміщати

промінь по екрану осцилографа, зберігаючи при цьому здатність до фотографування або запам'ятовування сигналу, особливо для осцилографів з можливістю запам'ятовування.

Ці параметри визначають, наскільки добре осцилограф може відображати швидкі зміни сигналів та вимірювати високочастотні компоненти.

Класифікація осцилографів включає наступні категорії:

- за методом обробки вхідного сигналу: цифрові та аналогові;
- за кількістю променів: однопроменеві, двопроменеві тощо;
- за кількістю каналів: 1-канальні та N-канальні. Осцилограф з N сигнальними входами може одночасно відображати на екрані N графіків;
- за типом: запам'ятовуючі, люмінофорні та стробоскопічні серед цифрових осцилографів;
- за технологією осцилографування: аналогові та цифрові;
- аналогові осцилографи мають свої коріння у шлейфових приладах, які записували сигнали на паперовій стрічці (рис. 1.1).

Спочатку аналоговий осцилограф з електронно-променевою трубкою називався осцилографом. Цей тип пристроїв все ще є найпоширенішим і найдешевшим. Такий осцилограф складається з електронної промінної трубки (ЕПТ), лінії затримки, вхідного дільника, схеми синхронізації та горизонтального відхилення, а також джерела живлення.

Електронно-променева трубка (ЕПТ) є основним елементом осцилографа, що відповідає за формування зображення сигналу на екрані. Лінія затримки використовується для корекції сигналу, забезпечуючи його синхронізацію з іншими компонентами осцилографа. Вхідний дільник дозволяє підключати сигнали різних амплітуд до осцилографа, забезпечуючи захист від перевантажень. Підсилювач вертикального відхилення зменшує амплітуду сигналу до такого рівня, щоб він міг бути показаний на екрані ЕПТ. Схема синхронізації та горизонтального відхилення забезпечує правильну тимчасову шкалу, відповідну за стабільне зображення сигналу на екрані. Джерело живлення створює напругу, необхідну для роботи всіх компонентів осцилографа.



Рисунок 1.1 – Аналоговий осцилограф АТ7328 [1]

Цифрові запам'ятовуючі осцилографи, у порівнянні з аналоговими, володіють ширшим спектром можливостей, але також характеризуються вищою вартістю. Цифровий осцилограф включає вхідний подільник, нормалізуючий підсилювач, аналого-цифровий перетворювач, блок пам'яті, пристрій керування та засіб відображення.

Цифрові люмінофорні осцилографи (рис. 1.2) ґрунтуються на технології, яка цифровим чином імітує зміну інтенсивності зображення, схожу на ту, що характерна для аналогових осцилографів. Таким чином, дослідники можуть спостерігати на екрані модульовані сигнали та їх всі дрібниці, забезпечуючи при цьому можливість зберігання, вимірювання та аналізу. Цей тип приладів об'єднує найкращі характеристики як аналогових, так і цифрових осцилографів.

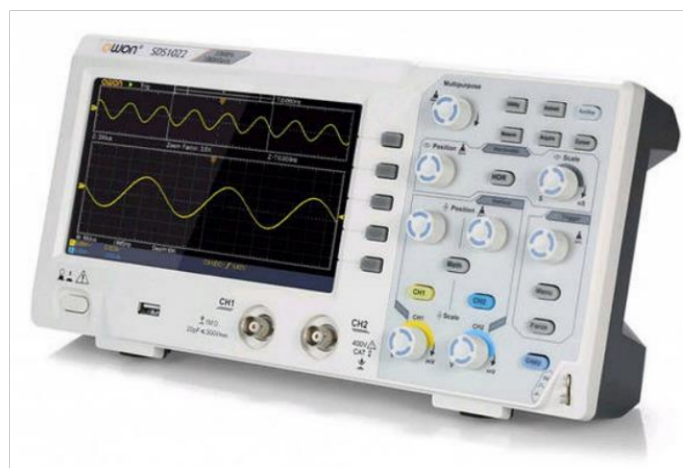


Рисунок 1.2 – Цифровий осцилограф OWON SDS1022 [2]

Цифрові стробоскопічні осцилографи використовують принцип послідовного стробування миттєвих значень сигналу для перетворення (стиснення) його спектра. Під час кожного повторення сигналу миттєве значення сигналу визначається в одній точці. При надходженні наступного сигналу точка відліку переміщується вздовж сигналу, і цей процес повторюється доти, доки весь сигнал не буде стробований.

Стробоскопічні осцилографи можуть аналізувати короткі сигнали з мінімальною тривалістю завдяки високій широкосмуговій пропускну здатності (до 100 ГГц). Віртуальні осцилографи цього класу можуть бути внутрішніми пристроями в комп'ютері на базі PCI або платформи ISA , або зовнішніми пристроями з портом USB або паралельним портом вводу-виводу даних.

Цифровий запам'ятовуючий осцилограф – це пристрій, принцип дії якого виконується в тому, щоб перетворити аналоговий сигнал у цифровий формат. Нормалізований вхідний сигнал перетворюється в цифровий і записується в пам'ять пристрою. Швидкість запису залежить від керування приладом та можливості роботи аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Оскільки нижня межа цифрового осцилографа теоретично необмежена, він може досліджувати сигнали з меншою частотою, ніж аналоговий осцилограф.

Оцифрування сигналу створює стійкість зображення, після чого воно запобігає відображенню сигналу в реальному часі. Цифровий сигнал легко масштабувати та захищати. Використання дисплею на рідких кристалах та керуючого пристрою дозволяє виводити на екран будь-яку інформацію та керувати приладом через меню. Деякі моделі мають кольоровий дисплей для кращого розрізнення сигналів з різних каналів. Сучасні цифрові осцилографи володіють високою чутливістю та роздільною здатністю, широким діапазоном розгортки та розширеними можливостями керування.

Усі портативні осцилографи базуються на цифрових методах обробки даних.

Конструкція таких приладів включає:

- модуль захисту від перевантажень за сигналом;
- модуль цифрового зберігання даних сигналу;
- модуль первинної обробки спектру сигналу;
- модуль перетворення з аналогового у цифровий формат;
- модуль відображення інформації;
- елементи управління та модуль живлення.

Основні області застосування портативних осцилографів охоплюють:

- автоматизацію виробничих процесів;
- радіокомунікацію та радіопередачу;
- системи безпеки;
- збір і передачу телеметричної інформації, включаючи системи контролю та моніторингу;
- первинні та вторинні джерела енергії;
- електричне обладнання транспортних засобів.

Портативний осцилограф має особливість у тому, що він дозволяє отримати візуальне представлення процесу, який розвивається в конкретному вузлі схеми електричного пристрою, при цьому маючи обмежений розмір робочого простору (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Портативний осцилограф DSO-150

Існуючі технології осцилографування мають свої недоліки та переваги. Аналогові осцилографи мають перевагу в тому, що вони відображають реально плинні процеси: все, що відбувається в досліджуваному об'єкті, ми можемо побачити на екрані. Аналогові запам'ятовуючі осцилографи на люмінофорі записують та зберігають одноразові реалізації процесів опромінення, удару, вибуху і т.д.

Недоліки аналогових шлейфових осцилографів включають обмежену здатність відтворювати лише низькочастотні сигнали через реєстрацію чорнилом на стрічці.

Аналогові осцилографи на електронно-променевої трубці мають значні розміри через габарити трубки, і такі осцилографи не можуть забезпечити цифрову документацію, обмежуючи можливості в цьому плані до фотографій.

Цифрові осцилографи мають переваги у швидкості обробки даних та можливостях цифрової документації. Однак вони потребують процесу оцифрування даних, що може призвести до зростання вартості в залежності від геометричної прогресії швидкості та розрядності.

Портативні осцилографи, основані на цифрових технологіях, мають перевагу мінімізації габаритів пристрою, що робить їх зручними для переносу та використання в різних умовах.

## **1.2 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів**

Метою кваліфікаційної роботи є створення компактного цифрового осцилографа, який має наступні характеристики:

- захист пристрою від високовольтних сигналів;
- функціонал для візуалізації сигналів у визначеному діапазоні;
- висока точність вимірювань у визначеному діапазоні;
- оптимальний час відгуку дисплея;
- ефективне відображення результатів на екрані пристрою;

- масштабування зображення;
- живлення від акумуляторної батареї.

### **1.3 Функціональна схема обчислювальної системи, математична (інформаційна) модель, вимоги апаратно-програмного комплексу**

При розробці функціональної схеми портативного цифрового осцилографа керуємося зазначеним технічним завданням та критеріями, визначеними специфікою аналогічних пристроїв. Виходячи з аналізу науково-технічних джерел у попередньому розділі, функціональна схема цифрового осцилографа повинна включати наступні компоненти: керуючі сигнали з плати управління, відображення інформації на екрані, попередню обробку вхідного сигналу та аналого-цифрове перетворення. Виходячи з цих умов та технічного завдання, було розроблено функціональну схему (рис. 1.4).

Поділ напруги на вході досягається за допомогою двох послідовно з'єднаних резисторів у співвідношенні 1:10. Це дозволяє вимірювати вхідний сигнал в межах, зазначених в технічному завданні.

Буферне підсилення здійснюється за допомогою операційного підсилювача, який виконує функцію повторювача напруги. Він узгоджує вихідний опір джерела сигналу з опором навантаження, зменшуючи вихідний опір джерела. В ідеальних умовах він функціонує як генератор напруги з нульовим вихідним опором.

Керований поділ досягається за допомогою аналогового мультиплексора і дільника напруги з резисторами різної величини. Значення резисторів вибираються для отримання співвідношень 1:1, 1:2, 1:5 і 1:10.

Нормоване посилення досягається за допомогою операційного підсилювача, підключеного як неінвертуючий підсилювач напруги з фільтром нижніх частот (ФНЧ). Це забезпечує 10-кратне посилення сигналу і відфільтровує високочастотні компоненти сигналу для обмеження шуму.

Аналого-цифрове перетворення передбачає вибірку вхідного сигналу і

перетворення його в цифровий код. Ця функція оцифровує сигнал і надсилає його на плату управління (мікроконтролер). Цей блок вибирається і реалізується відповідно до технічного завдання [3].

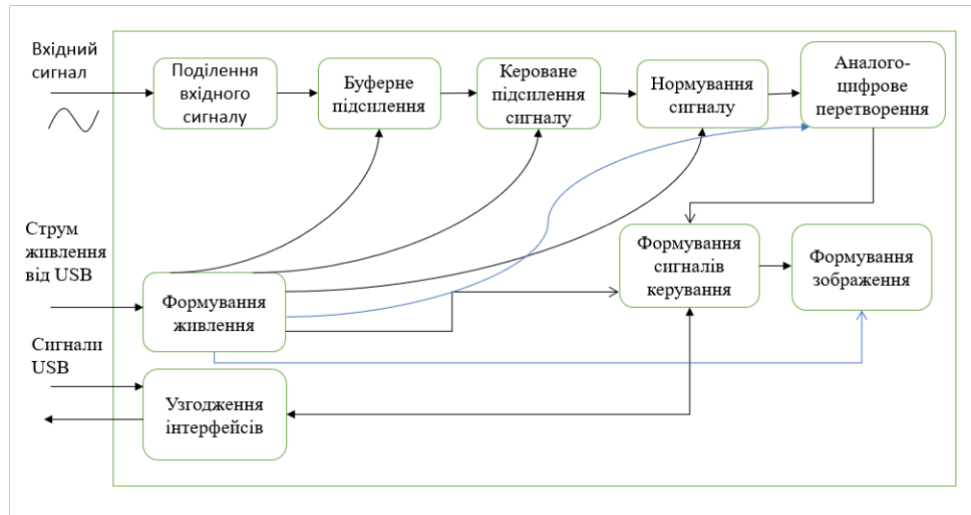


Рисунок 1.4 – Функціональна схема портативного осцилографа

Керуючі сигнали генеруються за допомогою мікроконтролера та клавіатури. Мікроконтролер відповідає за керування дільником, прийом, обробку та відображення на екрані даних з аналого-цифрового перетворювача, а також обробку команд з клавіатури. Клавіатура (кнопки) підключена до мікроконтролера і використовується для управління і передачі команд.

Перетворення інтерфейсу USB – UART дозволяє мікроконтролерам оновити свою прошивку та синхронізувати її з комп'ютером.

Світлодіоди та екран відображають зображення. Дані відображаються на екрані, який керується мікроконтролером. Світлодіоди показують передачу даних через інтерфейси мікроконтролера.

Формуючи джерело живлення, пристрій отримує все необхідне живлення за допомогою стабілізатора рівня напруги як від зовнішнього джерела (акумулятора), так і від USB-порту. Діод, підключений до кожного з цих джерел, вибраний між ними.

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Вибір та особливості використання технологій, схемотехнічних рішень

Використання платформи Arduino Nano в якості контролера для нашого осцилографа – чудовий вибір. Arduino надає нам широкі можливості програмування та можливість взаємодії з різними фізичними об'єктами. Зручність у використанні та відкритий характер роблять її популярною серед розробників. Arduino Nano, що зазвичай використовується для проектів з обмеженими розмірами, ідеально підходить для нашого портативного осцилографа. Його компактні розміри та можливості дозволяють нам ефективно керувати функціональними блоками пристрою, від збору даних до виведення результатів на екран.

Arduino дозволяє створювати інтерактивні системи, які керуються всіма датчиками та перемикачами. Ці системи можуть контролювати роботу багатьох індикаторів, двигунів та інших пристроїв. Проекти Arduino можуть працювати самостійно або взаємодіяти з програмним забезпеченням для персональних комп'ютерів, таким як програми Flash, Processing і MaxMSP. Можна зібрати будь-яку плату Arduino вручну або придбати готовий пристрій. Програмне середовище для такої плати доступне безкоштовно та має відкритий вихідний код.

Програмне забезпечення Arduino базується на платформі «Wiring» і бере свій початок з мультимедійного середовища програмування «Processing». Arduino Nano – це повнофункціональний мініатюрний пристрій, який використовує мікроконтролер ATmega328 або ATmega168 і призначений для використання на прототипних платах. За функціональністю пристрій схожий на Arduino Duemilanove, але відрізняється розміром, відсутністю роз'єму живлення та іншим типом USB-кабелю (Mini-B). Arduino Nano розроблена і виробляється компанією Gravitech (рис. 2.1).

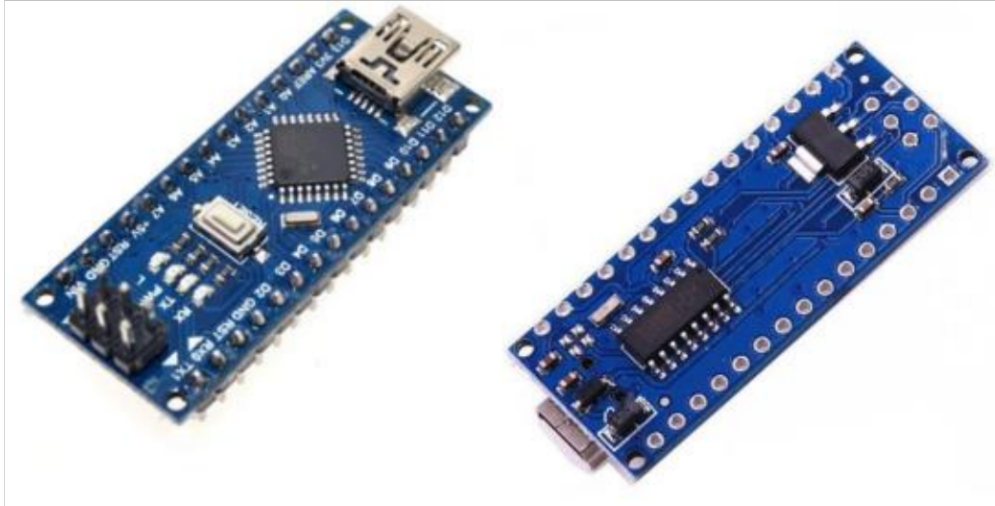


Рисунок 2.1 – Arduino Nano – вид спереду та ззаду [4]

Технічні характеристики плати Arduino Nano:

- мікроконтролер побудований на Atmel ATmega168 або ATmega328, логічна робоча напруга становить 5В;
- рекомендована напруга живлення становить від 7 до 12В;
- максимальна напруга живлення становить від 6 до 20В;
- цифрові I/O піни є 14: 6 з них можна використовувати як вихід ШІМ;
- аналогові входи є 8;
- максимальний струм на пін становить 40 мА;
- flash-пам'ять: 16 КБ для ATmega168 або 32 КБ для ATmega328, з яких 2 КБ зайнято загрузчиком;
- sram: 1 КБ для ATmega168 або 2 КБ для ATmega328;
- eeprom: 512 байт для ATmega168 або 1 КБ для ATmega328;
- частота системного такту: 16 МГц;
- розміри плати: 1.85 см на 4.3 см.

Arduino Nano можна живити через USB-кабель Mini-B або за допомогою зовнішнього джерела живлення з напругою в діапазоні 6-20 В (підключивши його до виводу 30) або зі стабілізованою напругою 5 В (підключивши його до виводу 27). Пристрій автоматично вибирає джерело живлення з найвищою напругою.

Напруга подається на мікросхему FTDI FT232RL тільки тоді, коли Arduino Nano живиться через USB. Тому, коли пристрій живиться від інших джерел, а не від USB, вихід 3.3В (що генерується мікросхемою FTDI) буде відключений, що може призвести до мерехтіння світлодіодів RX і TX у разі високого рівня сигналу на виводах 0 і 1.

У пам'яті програми мікроконтролера ATmega168 доступно 16 Кб, в той час як у мікроконтролера ATmega328 – 32 Кб. Обидва мікроконтролери мають 2 Кб, які використовуються для завантажувача. Крім того, мікроконтролер ATmega168 має 1 КБ SRAM і 512 байт EEPROM (взаємодія з яким здійснюється за допомогою бібліотеки EEPROM); мікроконтролер ATmega328 має 2 КБ SRAM і 1 КБ EEPROM.

Кожен із чотирнадцятих цифрових виводів Arduino Nano може бути налаштований як вхід або вихід за допомогою функцій `digitalWrite()`, `digitalRead()` і `pinMode()`. Виводи мають робочу напругу 5 В, а кожен може споживати або передавати до 40 мА максимального струму. Всі виводи мають вбудовані підтягуючі резистори з номіналом 20 – 50 кОм, які за замовчуванням вимкнені. Деякі виводи Arduino можуть виконувати інші завдання, окрім своїх основних завдань:

- послідовний інтерфейс: Виводи 0 (RX) і 1 (TX) призначені для прийому (RX) і передачі (TX) даних через послідовний інтерфейс. Вони підключені до відповідних контактів мікросхеми перетворювача FTDI USB-UART;

- обробка переривань: Виводи 2 і 3 можна налаштувати як джерела зовнішніх переривань, які виникають за різних умов: низький рівень сигналу, передній фронт, задній фронт або зміна сигналу;

- шім (широтно-імпульсна модуляція): Виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11 можна використовувати для виведення 8-бітових аналогових значень у вигляді ШІМ-сигналів за допомогою функції `analogWrite()`;

- протокол інтерфейсу SPI: Виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) і 13 (SCK) призначені для зв'язку через інтерфейс SPI. Хоча пристрій має апаратну підтримку SPI, поточна версія мови Arduino його не підтримує;

- світлодіод: Вивід 13 підключено до вбудованого світлодіода. Коли надсилається сигнал HIGH, світлодіод вмикається; коли надсилається сигнал LOW, він вимикається;

- arduino Ethernet має 8 аналогових входів, кожен з яких може зчитувати аналогову напругу у вигляді 10-бітового числа (з 1024 різними значеннями).

За замовчуванням вимірювання напруги відбувається в діапазоні від 0 до 5 вольт. Тим не менш, верхню частину цього елемента можна змінити за допомогою виведення AREF і функції `analogReference()`. Крім того, деякі виводи відповідають іншим функціям:

- i2c: Виводи 4 (SDA) і 5 (SCL) призначені для зв'язку через інтерфейс I2C (TWI) з використанням бібліотеки `Wire`.

Крім згаданих виводів, на платі Arduino Nano є ще кілька додаткових:

- `aref`: Опорна напруга для аналогових входів, яку можна встановити за допомогою функції `analogReference()`;

- `reset`: Зниження рівня напруги на цьому виводі до LOW призведе до скидання мікроконтролера. Цей вивід зазвичай використовується для кнопки скидання на платах розширення.

Arduino Nano пропонує широкий спектр можливостей для зв'язку з комп'ютером, іншими платами Arduino або іншими мікроконтролерами. Мікроконтролери ATmega168 і ATmega328 мають вбудований приймач UART. Цифрові виводи 0 (RX) і 1 (TX) неможливо встановити зв'язок через наступний інтерфейс. Мікросхема FTDI FT232RL використовується для підключення до USB-порту комп'ютера. Коли він підключається до комп'ютера Arduino, він розпізнає його як віртуальний COM-порт завдяки вбудованим драйверам FTDI, які входять до програмного забезпечення Arduino.

Arduino IDE, або інтегроване середовище розробки, є єдиним з програмою, яка входить до пакету програмного забезпечення Arduino. Ця програма дозволяє зчитувати та надсилати прості текстові дані до Arduino. Коли дані передаються з комп'ютера через USB на плату Arduino Nano, світлодіоди RX і TX на платі

будуть блимати (якщо виводи 0 і 1 використовуються для послідовного зв'язку, ці світлодіоди також будуть активні).

Наступний зв'язок можна встановити через будь-які цифрові виводи Arduino Nano за допомогою бібліотеки SoftwareSerial. Для програмування Arduino Nano можна використовувати Arduino IDE, яку можна завантажити. У меню Tools > Board виберіть «Arduino Diecimila, Duemilanove або Nano w/ ATmega168» або «Arduino Duemilanove або Nano w/ ATmega328».

Мікроконтролери ATmega168 і ATmega328, що використовуються в Arduino Nano, поставляються з завантажувачем, який дозволяє завантажувати нові програми без необхідності використання зовнішнього програматора. Протокол STK500 використовується для виконання цього процесу взаємодії.

Однак також можна прошити мікроконтролер без завантажувача через роз'єм для внутрішнього схемного програмування ICSP (In-Circuit Serial Programming).

Arduino Nano може виконувати програмне скидання з підключеного комп'ютера, не натискаючи кнопку скидання. Один із вихідних мікросхем FT232RL, який керує потоком даних (DTR), об'єднаний із вихідним скиданням мікроконтролера. Мікроконтролери ATmega168 або ATmega328 зазвичай підключаються через конденсатор 100 нФ. Коли сигнал DTR стає низьким, вивід скидання також стає низьким на час, достатній для скидання мікроконтролера. Використовуючи цю функцію, можна перепрошити мікроконтролер одним натисканням кнопки в середовищі програмування Arduino. Оскільки процес прошивання завжди синхронізований зі спадом фронту сигналу DTR, така архітектура зменшує час очікування завантажувача.

Ця функція дозволяє легко та ефективно програмувати Arduino Nano без необхідності натискати кнопку скидання вручну. Це особливо корисно, коли ви часто оновлюєте програмне забезпечення або прошиваєте багато пристроїв. Більшість мікроконтролерів, включаючи Arduino, мають вбудований лічильник часу, який називається `millis()`.

Для виведення інформації було обрано дисплей 2,4-дюймовий 240x320 SPI TFT РК-модуль, характеристики якого наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Призначення виводів дисплею ST7789V

	<b>Характеристика</b>	<b>Опис</b>
1	VSS	Вхідне живлення 5 В/3,3 В
2	GND	Земля
3	CS	Сигнал вибору мікросхеми РК-дисплея, ввімкнення низького рівня
4	RESET	Сигнал скидання РК-дисплея відповідає за встановлення низького рівня сигналу.
5	DC/RS	РК-реєстр / сигнал вибору даних, високий рівень: реєстр, низький рівень: дані
6	SDI(MOSI)	Сигнал запису даних шини SPI
7	SCK	Тактовий сигнал шини SPI
8	LED	Керування підсвічуванням, високий рівень освітлення, якщо не керується, підключіть 3,3 В завжди яскраво
9	SDO(MISO)	Сигнал даних читання шини SPI, якщо вам не потрібна функція читання, ви не можете її підключити
10	SDA	Коли IM3: низький, вхідний/вихідний контакт інтерфейсу SPI. Коли IM3: високий, вхідний контакт інтерфейсу SPI. Дані фіксуються на передньому фронті сигналу SCL. Якщо він не використовується, виправте цей pin на рівні VDDI або DGND.
11	DCX(SCL)	Цей контакт використовується як годинник послідовного інтерфейсу. DCX = «1»: відображення даних або параметра. DCX = «0»: дані команди. Якщо він не використовується, закріпіть цей контакт на VDDI або DGND.
12	CSX	Шпилька для вибору мікросхеми Low enable. Висока відключення.
13	WRX(D/CX)	Відображення контакту для вибору даних/команд у 4-рядковому послідовному інтерфейсі. Друга смуга передачі даних у послідовному інтерфейсі з 2 доріжками даних. Якщо він не використовується, закріпіть цей контакт на VDDI або DGND.

2,4-дюймовий кольоровий TFT модуль із роздільною здатністю 240x320 пікселів. Дисплей має вбудований контролер ST7789V, за допомогою 4-х жильного SPI інтерфейсу. Напряга живлення VCC для дисплея варіюється від 2.5V до 3.0V. Модель має глянцеве покриття, де кут огляду 12 годин, а колірна інверсія 6 годин. Дисплей має портретний режим відображення з яскравістю 500

cd/m<sup>2</sup>. Основні характеристики дисплею, що розглядається, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики дисплею

<b>Характеристика</b>	<b>Опис</b>
Діагональ	2.4дюйма
Розширення	240 × RGB × 320(TFT)
Габарити	42.72(W) × 60.26(H) × 2.25(D) мм
Активна область	36.72 × 48.96мм
Крок пікселя	0.153 × 0.153мм
Тип LCD	TFT, Білий, Трансмисивний
Інтерфейс	SPI
TFT Драйвер IC	ST7789V або еквівалентний
Кут огляду	на 6 годин
Інверсія	на 12 годин
Тип підсвічування	LED, Білий
Сенсорний екран	Без сенсорної панелі
Поверхня	Глянцева

Для керування підсвічуванням використовується контакт номер 8 – LED. Максимальна напруга 3.3V відповідає максимальній яскравості від загального живлення VCC. Якщо потрібно задати 50% яскравості екрану, то на LED потрібно подати напругу в 1.65V. Для програмного управління яскравості підсвічування необхідно підключати контакт LED до аналогового виходу GPIO на одноплатному комп'ютері. У разі наявності лише цифрових виходів, доступна лише можливість увімкнути або повністю вимкнути підсвічування екрана.

Елементи управління портативним осцилографом розташовані на його передній панелі, таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Елементи управління

Елементи управління	Функція	Довге натискання
V/DIV	Вибір чутливості вертикальної осі. Розташування сигналу у вертикальному положенні.	Калібрування нульової позиції.
SEC/DIV	Вибір масштабу часу для горизонтальної осі (секунд на поділ). Переміщення сигналу в горизонтальному напрямку.	Перехід до центру зберігання даних.
TRIGGER	Типи тригера (по фронту, по спаду) і режими тригера (авто, звичайний, одиничний).	Встановлення тригера за середнім рівнем амплітуди сигналу.
OK	Установка режиму HOLD, що означає замороження сигналу. Управління вимірами.	Вимкнення або включення вимірювань.
ADJ	Зміна параметра, який було обрано.	Встановлення напруги тестового сигналу.
OK + TRIGGER	Запис сигналу в пам'ять EEPROM.	-
OK + SEC/DIV	Показує сигнал, який зберігається в EEPROM.	-
SEC/DIV + TRIGGER	Зниження до заводських параметрів.	-

Опис параметрів, що відображаються на дисплеї:

- freq (Частота): Частота сигналу в герцах;
- sucl (Період): Період сигналу в секундах;
- duty (Заповнення ШІМ у %): Відсоток часу, протягом якого сигнал увімкнений у циклі ШІМ (Широтно-Імпульсна Модуляція);
- vmax (Максимальна напруга): Найвище значення напруги сигналу;
- vmin (Мінімальна напруга): Найнижче значення напруги сигналу;
- vavr (Середня напруга): Середнє значення напруги сигналу протягом періоду;
- vpp (Амплітуда сигналу): Різниця між максимальним і мінімальним значеннями напруги ( $V_{max}-V_{min}$ );

–  $v_{rms}$  (Ефективне значення напруги): Значення напруги змінного струму, що еквівалентне напрузі струму постійного струму, яке викликає ту ж саму потужність у опорів струму.

Основна область екрана розділена на 12 поділок горизонтально та 8 поділок вертикально. Зліва розташований покажчик нульового рівня, а справа – вказівник рівня тригера.

У верхній частині екрана відображається статус осцилографа (Running / HOLD), горизонтальна позиція в буфері та стан тригера:

- holdoff: тригер вимкнений до того часу, поки буфер не заповнений до його запуску;
- waiting: очікування необхідного фронту сигналу;
- triggered: сигнал виявлено.

Якщо у режимі тригера AUTO встановлено часовий режим 50 мс/діл або повільніший, то тригер автоматично переходить у статус Holdoff, і осцилограма починає постійно рухатися праворуч-ліворуч. У нижній частині дисплея відображається чутливість, напруга (AC/DC), режим часу, тригер, тип тригера (по фронту або по спаду).

## **2.2 Особливості використання засобів проектування та програмних технологій**

Arduino програмується мовою програмування, яка базується на C/C++. Фактично немає окремої мови Arduino, і компіляція програм відбувається за допомогою компілятора AVR-GCC, спеціалізованого для мікроконтролерів AVR. Однак для зручності розробки в Arduino використовується спеціальне середовище та базові бібліотеки, які спрощують доступ до периферії мікроконтролера. Таким чином, хоча базова мова схожа на C/C++, Arduino надає простий інтерфейс та допоміжні засоби для зручної роботи з мікроконтролерами.

Я використовував Arduino IDE для програмування на Arduino. Ця програма була зручною тим, що об'єднувала функції редактора, компілятора та

завантаження готового коду в пам'ять Arduino, роблячи її універсальною для програмування пристроїв.

Arduino IDE (інтегроване середовище розробки) – це програмне забезпечення, спрямоване на користувачів операційної системи Windows, яке дозволяє їм створювати свої програми (скетчі) для платформи Arduino. Це середовище розробки особливо призначене для конструкторів-аматорів, які використовують його для побудови простих систем автоматичної роботи і робототехніки. Arduino IDE надає зручний інтерфейс для написання програм, завантаження їх на мікроконтролери Arduino.

Arduino IDE (рис. 2.2) складається з простого текстового редактора коду, управління проектами, компіляцією та модулем, який завантажує програмне забезпечення в мікроконтролер. Це інтегроване середовище розробки реалізоване на Java і засноване на відкритому програмному забезпеченні, такому як Processing та інші. На відміну від онлайн-версії редактора коду, настільна версія дозволяє користуватися навіть без доступу до Інтернету.

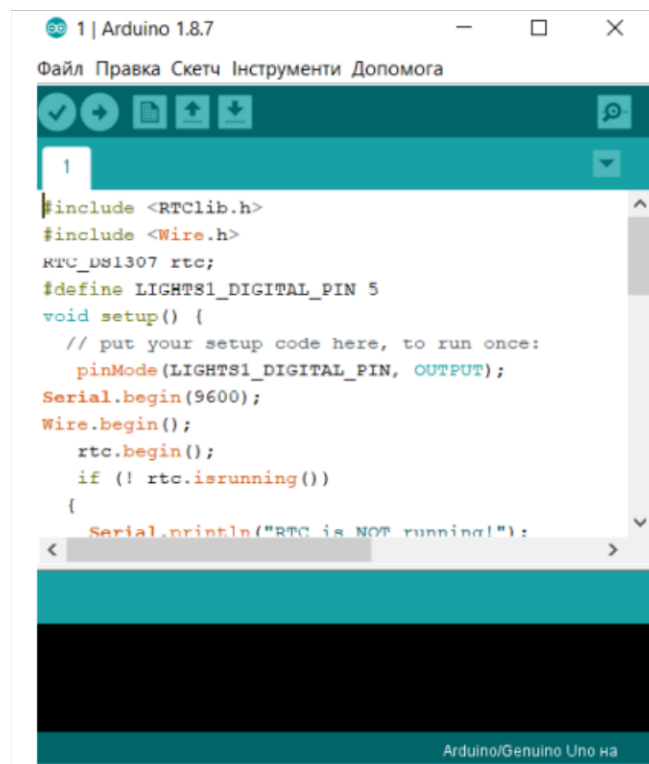


Рисунок 2.2 – Середовище розробки програми [5]

Переваги Arduino IDE включають:

- легкість доступу та використання;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс;
- сумісність з усіма версіями Windows;
- наявність всіх необхідних інструментів для розробки;
- підтримка декількох мов програмування;
- можливість вивчення та поглиблення знань у C++;
- велика бібліотека прикладів;
- функції для збереження, експорту, перевірки, пошуку та заміни скетчів.

До недоліків Arduino IDE можна віднести:

- обмежену придатність для складних проектів;
- нестабільність деяких версій за відгуками користувачів.

На сьогоднішній день існує декілька програм для моделювання електронних схем, таких як Proteus, MicroCap 6, Electronics Workbench 5.0c, Circuit Maker 6.5 та інші. Кожна з цих програм призначена для ретельного аналізу електронних схем та має власний інтерфейс та точність аналізу.

Proteus Professional 7 – це пакетна програма для автоматизованого проектування електронних схем, яка використовує систему схемотехнічного моделювання, що базується на моделях електронних компонентів, отриманих з PSpice. Proteus Professional може моделювати роботу програмованих пристроїв, таких як DSP, мікроконтролери та мікропроцесори. Крім того, програма має систему проектування друкованих плат і може моделювати роботу різних мікроконтролерів, таких як 8051, ARM7, ARM Cortex-M3, AVR, Texas Instruments, Motorola, PIC і Basic Stamp. Бібліотека компонентів надає зручні довідкові дані, що полегшує процес розробки.

У цьому випадку, я вирішив використовувати модель системи Proteus Professional 7, після чого в ній є найновіша бібліотека елементної бази. Таким чином, моделювання вимірювача відрізняється від платформи Arduino. У цьому програмному забезпеченні можна легко працювати з платформою Arduino.

Програма Proteus Professional 7 – це система схмотехнічного моделювання, яка використовує моделі електронних компонентів PSpice.

Унікальна програмна особливість цього пакету є здатністю моделювати працюючих пристроїв, таких як DSP, мікропроцесори, мікроконтролери та інші. Пакет включає систему проектування друкованих плат. Proteus Professional може відтворювати роботу багатьох мікроконтролерів, таких як 8051, ARM7, AVR, Motorola, PIC і Basic Stamp. Довідкові дані доступні в бібліотеці компонентів.

Програма підтримує такі мікроконтролери, як PIC, 8051, AVR, HC11, ARM7 / LPC2000 і багато інших поширених процесорів. Вона містить більше 6000 аналогових і цифрових моделей пристроїв. Крім того, вона працює з більшістю компіляторів і асемблерів. Завдяки PROTEUS VSM (рис. 2.3) можна дуже достовірно моделювати та налагоджувати складні пристрої, які можуть включати кілька мікроконтролерів одночасно, навіть різних родин, в одному пристрої.

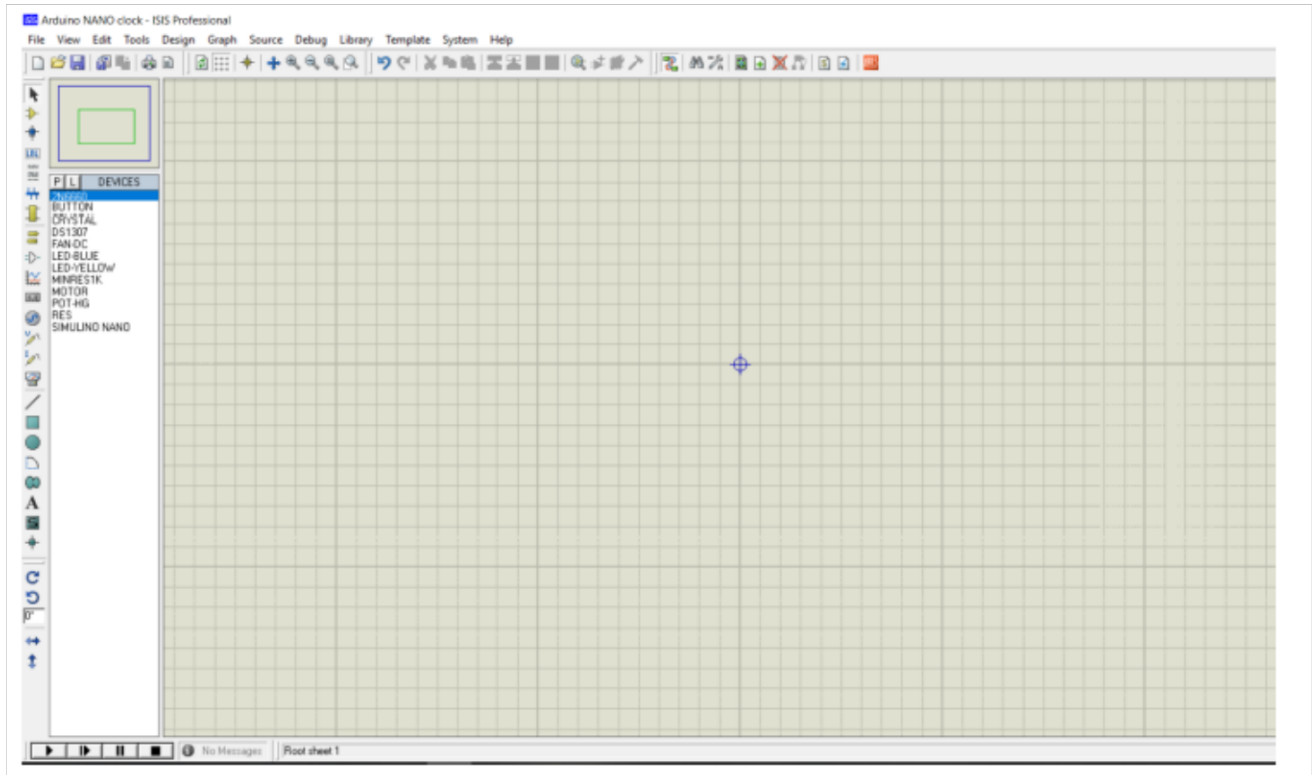


Рисунок 2.3 – Інтерфейс системи схмотехнічного моделювання Proteus [6]

### 2.3 Структура автоматизованої системи (підсистеми)

На рисунку 2.4 зображена структурна схема автоматизованої системи, що розробляється.

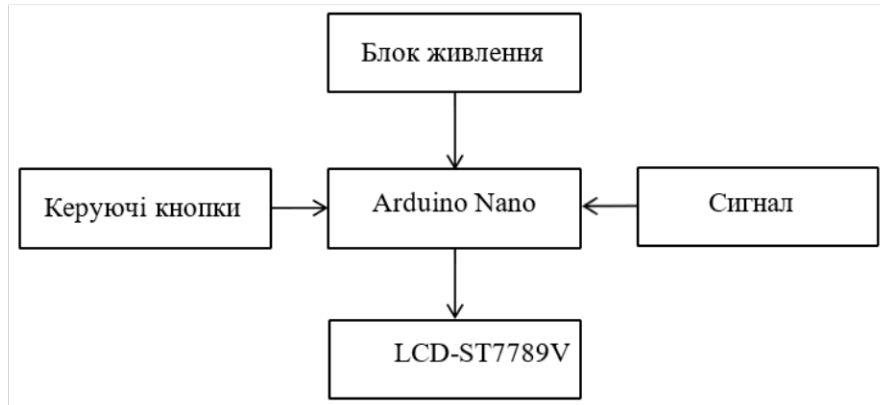


Рисунок 2.4 – Структурна схема пристрою

## РОЗДІЛ 3

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Алгоритм функціонування обчислювальної системи

Система починає свою роботу з етапу «Старт» (рис. 3.1), який символізує включення системи. Наступний крок – це перевірка живлення та підготовка системи до роботи. Якщо система не готова до роботи, вона переходить до етапу налаштування, який включає калібрування та налаштування параметрів системи.

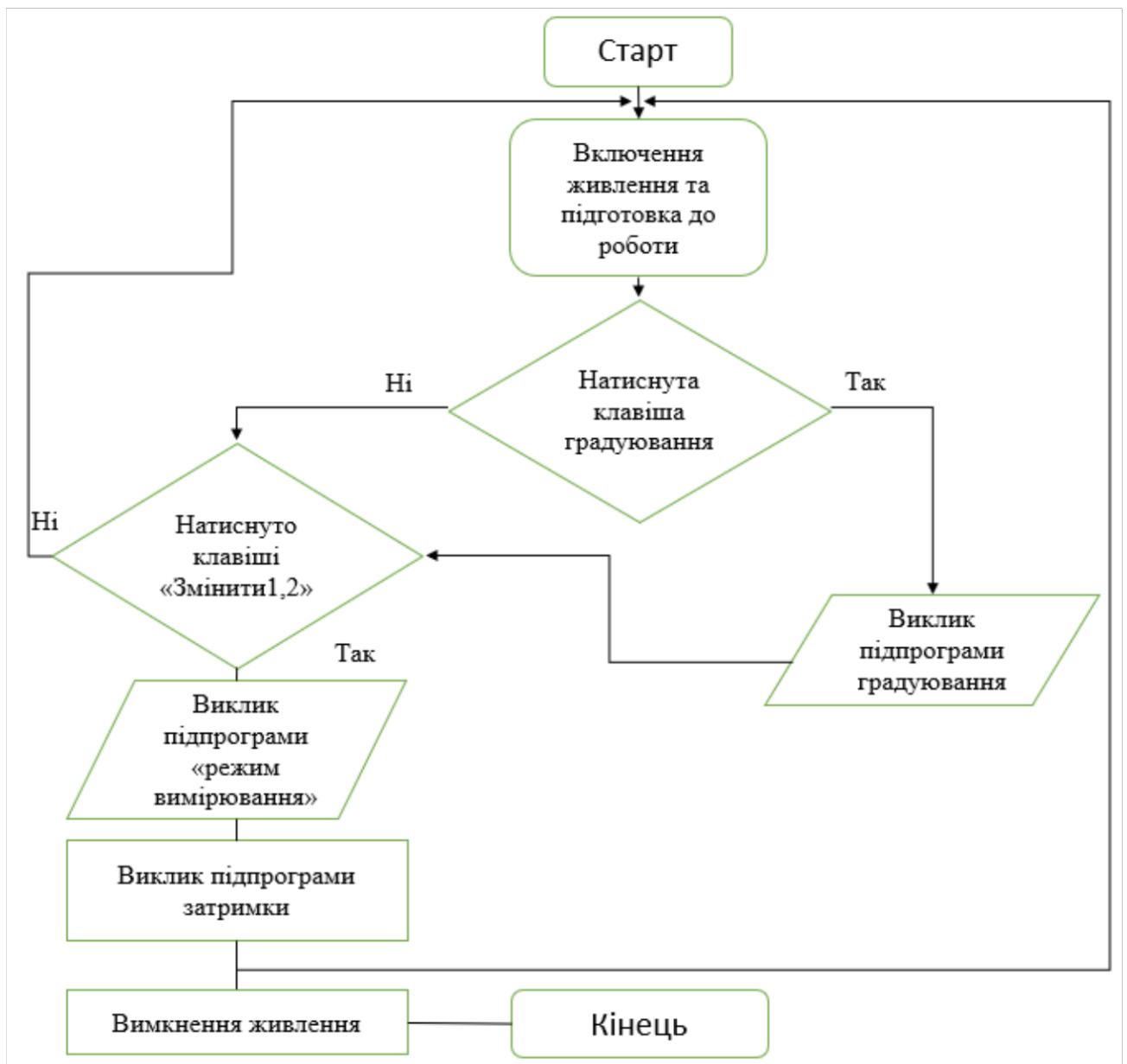


Рисунок 3.1 — Алгоритм функціонування

Після завершення налаштувань система перевіряє, чи виконується поточний режим роботи. Якщо режим виконується, система продовжує свою роботу; в іншому випадку вона переходить до наступного кроку.

Наступний крок – це збереження результатів аналізу. Після цього система вимикає живлення, що символізує завершення роботи системи.

Проектована схема враховує потреби користувача у надійному та ефективному інструменті для аналізу сигналів, забезпечуючи оптимальну взаємодію компонентів та максимальний функціонал.

### **3.2 Розрахунок та опис розробленої обчислювальної системи**

Для всіх типів Ардуїно, які використовують з комп'ютером, використовується стандартне середовище розробки Arduino IDE. Перш ніж розпочати роботу, вам потрібно завантажити та встановити Arduino IDE з офіційного сайту. Завантажте Windows Installer легше, особливо якщо середовище розробки встановлено на постійному робочому комп'ютері. Необхідно розпакувати архів і запустити файл Arduino.exe, якщо він був завантажений.

Запуск необхідний після відновлення середовища. Підключіть плату Arduino до комп'ютера через порт USB. Після цього відкрийте меню Пуск, знайдіть «Панель управління» та знайдіть «Диспетчер пристроїв». Зверніть увагу на розділ «Порти (COM та LPT)». У списку буде показана встановлена плата, а також номер порту, до якого підключена плата.

Далі запустіть Arduino IDE. Потім знайдіть меню «Інструменти». Виберіть «Порт» і визначте порт, до якого підключена плата Arduino. У меню Інструменти Плати потрібно вибрати модель підключеної плати, у цьому випадку Arduino Nano. У випадку, якщо у вас є плата Nano версії 2.0, вам також потрібно вибрати процесор у відповідному меню.

Коли ви натискаєте кнопку Verify в Ардуїно IDE, компіляція скетчу починається. Потім ви можете завантажити скетч на пам'ять Ардуїно через USB,

натиснувши кнопку «Upload». Перед завантаженням коду програми необхідно встановити всі параметри в меню інструментів. У цьому меню ви можете вибрати платформу та порт, до якого підключено плату. У нижній частині вікна IDE Arduino буде відображатися процес компіляції скетчу. Буде отримано повідомлення «Вивантаження завершено». Скетч запускається одразу після завершення завантаження. Для розширення можливостей можна підключити інші зовнішні бібліотеки, створені сторонніми авторами чи командою Arduino.

Для проектування приладу було використано дисплей ST7789V (рис. 3.2). Приймає процесор ARM Cortex-M3 (STM32F103C8) і включає 2,4-дюймовий кольоровий TFT РК-дисплей з роздільною здатністю 240\*320. Використовується для вторинної розробки на основі цього комплекту, наприклад, його можна змінити на мілівольтметр, реєстратори даних. Функція зберігання сигналу: не втрачає форму сигналу після вимкнення. Цифрове відображення параметрів форми хвилі, включаючи частоту, період, ширину імпульсу, коефіцієнт завантаження, МАКС./МІН./СР./Пік-пік/віртуальні значення.



Рисунок 3.2 – 2,4-дюймовий кольоровий TFT РК-дисплей з роздільною здатністю 240\*320

Напруга живлення такого дисплея рівна 5 В. Для визначення необхідної потужності джерела живлення, яке буде живити наш пристрій, нами була заміряна сила струму яка споживається цим дисплеєм.

Для забезпечення більшої портативності та незалежності від джерела живлення, я вирішив використовувати акумуляторну батарею з ємністю 1100 mAh, портом зарядки USB Type-C для живлення портативного осцилографа. Завдяки цьому, я можу працювати з пристроєм у будь-якому місці без необхідності підключення до мережі електроживлення. Вихідна напруга батареї становить приблизно 9 вольтів, що відповідає вимогам портативного осцилографа. Це дозволяє мені зручно використовувати пристрій для експериментів, вимірювань та досліджень у різних умовах та обставинах. Індикатор зарядки: при зарядці горить червоний колір, після повної зарядки – синій колір. Напруга для зарядки: 5В (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Акумуляторна батарея

Також для живлення можна використовувати AC – DC адаптер із вхідною напругою 100 – 240 В, вихідною напругою 9 В та вихідним струмом до 1 А (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – AC – DC адаптер

Для живлення LCD дисплею необхідна напруга 5 В (рис. 3.5), для отримання такої напруги, я використовую вбудований лінійний стабілізатор напруги розміщений безпосередньо на платі Arduino.



Рисунок 3.5 – Вимикач живлення та роз'єми для блоку живлення

Під номером 1 «Вимикач живлення», а під номером 2 «роз'єми для блоку живлення» (рис. 3.6)

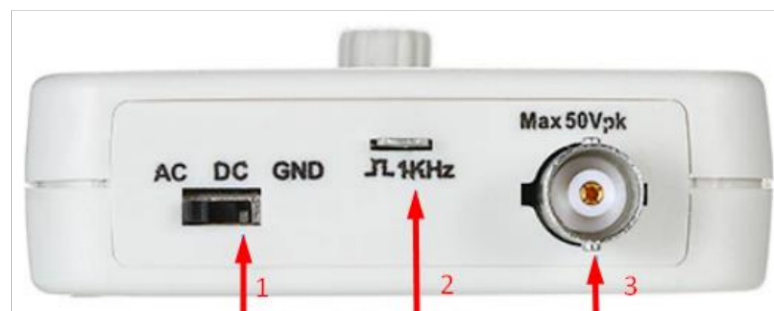


Рисунок 3.6 – Парний перемикач, вихід тестового сигналу, bnc роз'єми сигнального входу

Під номером 1 «Парний перемикач», 2 «вихід тестового сигналу» та 3 «bns роз'єми сигнального входу» (рис. 3.7)



Рисунок 3.7 – Щупи для портативного осцилографа

Він розроблений для розширення функції вхідних напруг, збільшення вхідного опору та зменшення вхідної ємності. Крім того, він забезпечує зручність за рахунок більшої довжини та ваги кабелю, додаткових насадок і меншої ваги. Електричне під'єднання всіх компонентів відбувалось згідно схеми зображеної на рис. 3.8.

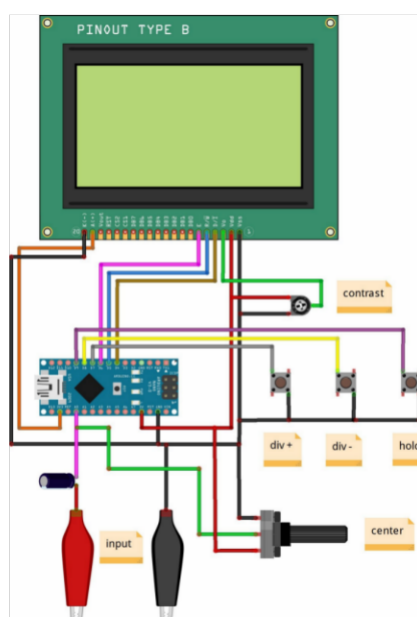


Рисунок 3.8 – Електрична схема пристрою

### 3.3 Інструкція користувача з експлуатації обчислювальної системи

Для початку роботи потрібно підключити вилку в розетку і включити прибор. Встановіть червоний щуп до виведення для проведення тесту (зверху прибору). Чорний щуп нікуди не підключається (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Встановлення BNC роз'єму і виходу тестового сигналу

Натисніть кнопку на ADJ на три секунди ,щоб подати тестовий сигнал і щоб відобразився на дисплеї зліва внизу. Натисніть ADJ , щоб встановити амплітуду 0,1 В. Встановіть чутливість в 50 мВ і відрегулюйте рівень тригера, щоб хвиля стала стабільною. Повертаючи С3, досягніть, щоб появився прямий прямокутник (рис. 3.10). Регулювання С3 виконано.



Рисунок 3.10 – Регулювання рівня сигналу

Аналогічно ,для C5, натисніть ADJ, щоб подати тестовий сигнал 3,3 В. Замініть чутливість до 1 В . Повертаючи C5, досягніть, щоб прямокутник став прямим так як на рисунку 3.11. Регулювання закінчено.

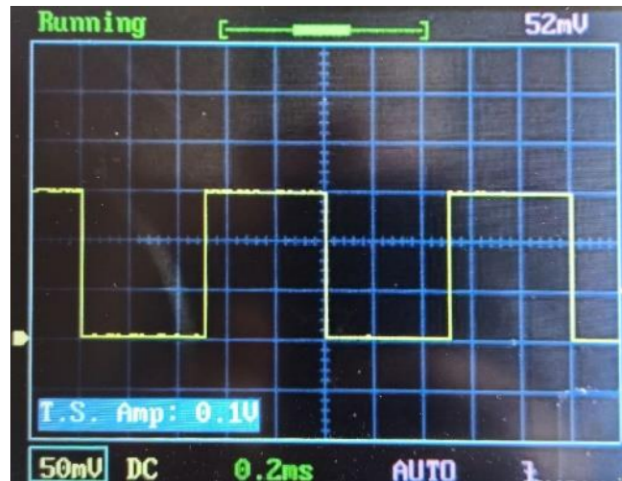


Рисунок 3.11 – Регулювання C3 успішно виконалось

Напруга живлення не повинна перевищувати 10В. В поганому випадку це може призвести до пошкодження мікросхеми. Допустима максимальна вхідна напруга живлення, що подається на щуп – 50 Vpk (100Vpp).

Також було проведено пару тестових вимірювань: меандр, синус, пілкоподібний (рис. 3.12-3.14).

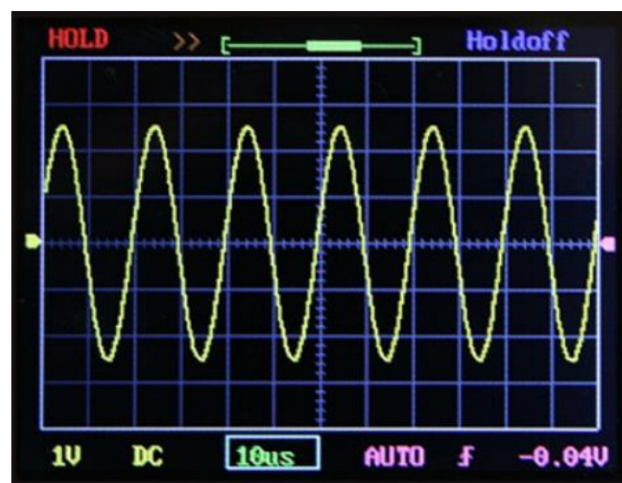


Рисунок 3.12 – Синусоїдальний сигнал, амплітуда 5 В, частота 70 кГц

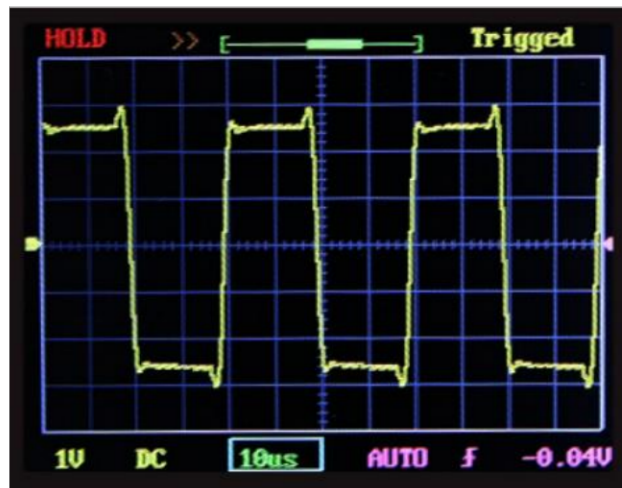


Рисунок 3.13 – Меандр, амплітуда 5 В, частота 25 кГц

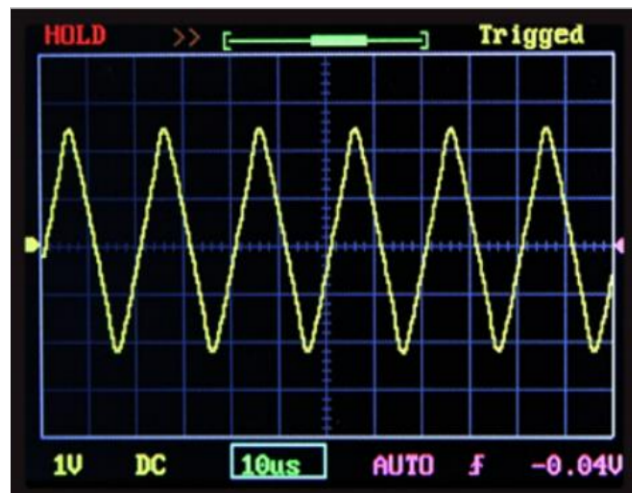


Рисунок 3.14 – Пилоподібний сигнал, амплітуда 5 В, частота 50 кГц

Сигнал не змінюється до 70-80 кГц (синус), 15-25 кГц (меандр) і 50 кГц (пила). Спотворення почалося на вищих частотах, коли пристрій не міг бачити чіткий сигнал. Однак пристрій дійсно працює правильно в режимі вимірювання, який включає максимальну частоту 200 кГц.

### 3.4 Вимоги та умови використання приладу

Загальна характеристика приміщення і робочого місця. Основні характеристики приміщення, що розглядається, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика робочого приміщення

Параметр	Величина
Довжина, м	5
Ширина, м	3,5
Висота, м	2,7
Кількість робочих місць	1
Площа, м <sup>2</sup>	17,5
Об'єм, м <sup>3</sup>	47,25

Згідно з нормами НПАОП 0.00-1.28-10, мінімальна площа, яку має займати робоче місце з комп'ютером, становить 6 квадратних метрів, а мінімальний об'єм простору – 20 кубічних метрів.

Враховуючи ці параметри, можна стверджувати, що розміри приміщення відповідають встановленим нормам. Далі проаналізуємо, чи відповідають характеристики даного робочого місця встановленим стандартам. Для цього порівнюємо основні вимоги до устрою робочого місця, визначені в НПАОП 0.00-1.28-10, з реальними показниками, які ми маємо для даного місця, і представимо цю інформацію у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристика робочого місця

Найменування параметра	Значення	
	Фактичне	Нормативне
Висота столу, мм	750	680 * 800
Висота простору для ніг, мм	600	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	500	не менше 500

## Продовження таблиці 4.2

Найменування параметра	Значення	
	Фактичне	Нормативне
	Відстань для ніг, мм	700
Висота сидіння, мм	420	400 * 500
Ширина поверхні для сидіння, мм	550	не менше 400
Глибина поверхні сидіння, мм	500	не менше 400
Висота спинки, мм	900	не менше 300
Ширина спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривизни спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до дисплея, мм	800	700 * 800

На робочому місці присутній достатній простір під столом для комфорту ніг. Використовуване робоче крісло обладнане механізмом для підняття та повороту, оснащене підлокітниками, а також дозволяє регулювати висоту сидіння та кут нахилу спинки. Монітор розташований на оптимальній відстані 0,8 метра від користувача, а клавіатура забезпечує можливість налаштування кута нахилу від 5 до 15 градусів. Усі ці характеристики відповідають встановленим нормативним вимогам.

Відповідно до характеру розроблюваного пристрою та згідно з нормативними документами, робота користувача з екранним пристроєм оцінюється на основі наступних показників робочого навантаження:

– інтелектуальне навантаження: 1 (немає необхідності приймати рішення). Розроблена система контролю даних буде виконувати більшість розрахунків та рішень, які раніше виконувалися безпосередньо членами відбіркової комісії. Це значно знижує рівень їхнього інтелектуального навантаження;

– сенсорне навантаження: 1 (до 25% часу спостереження за зміну). Система контролю даних виконує більшу частину розрахунків і роботи з даними,

звільняючи членів комісії від цієї необхідності, що зменшує час зорового навантаження під час роботи з комп'ютером;

– емоційні навантаження: 1 (відповідає за виконання окремих елементів завдання, включаючи перегляд за налаштуваннями системи);

– навантаження з монотонністю 2 (9-6 монотонних прийомів);

– режим роботи: 2 (8-9 годин).

Тому рівень складності роботи 2 – прийнятний рівень інтенсивності. Після кожного року роботи потрібно робити перерви 15 хвилин. У виробничих приміщеннях мікроклімат значно впливає на самопочуття та працездатність працівників. Мікроклімат виробничих приміщень є комплексним впливом на організм людини таких факторів, як температура, вологість, швидкість руху повітря та теплове випромінювання.

Мікроклімат приміщень визначається наступними параметрами:

– температурний режим повітря: 1 (°C);

– вологість повітря відносної:  $\phi$  (%);

– швидкість переміщення повітря:  $V$  (м/с);

– сила теплового випромінювання:  $j$  (Вт/м<sup>2</sup>);

– температура поверхні будівельних конструкцій:  $t_p$  (°C).

Перші три параметри регулюються відповідно до сезону та класу енергоспоживання. Робота з екранним пристроєм виконується в положенні сидячи і не потребує фізичних зусиль, енерговитрати становлять до 120 ккал/год. Тому ця робота відноситься до категорії Ia, а нормативні параметри мікроклімату визначаються відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 і наведені в таблиці 4.3.

Слід зазначити, що в приміщеннях з екранним пристроєм рекомендується підтримувати оптимальні параметри мікроклімату, які забезпечують відчуття теплового комфорту і створюють умови для високої продуктивності праці. Також важливо забезпечити рівень освітленості відповідно до вимог нормативних документів, використовуючи як природне, так і штучне освітлення, щоб уникнути перенапруження зору.

Таблиця 4.3 – Оптимальні характеристики мікроклімату

Пора року	Тип роботи	Температура повітря, град. С	Порівняльна вологість повітря, %	Швидкість повітряного потоку, м/с
		Рекомендована	Рекомендована	Рекомендована
Холодна	легка-1 а	Від 22 до 24	Від 40 до 60	0,1
Тепла	легка-1 а	Від 23 до 25	Від 40 до 60	0,1

Температура в приміщенні визначається температурою зовнішнього повітря та джерелами тепла, такими як електрообладнання, сонячне випромінювання та тепло, що виділяється людським тілом. Загальна кількість тепла в приміщенні не перевищує встановлених норм, оскільки значного підвищення температури за рахунок сонячної радіації вдається уникнути завдяки використанню штор, а проникаюча радіація не має помітного впливу через низьку теплопровідність будівельних конструкцій. Приміщення обладнане системою опалення та кондиціонування Panasonic, яка підтримує стабільну температуру навіть у холодну пору року. Як результат, температура в приміщенні залишається у встановлених межах протягом усього року. Таким чином, за цими параметрами приміщення відповідає нормам, викладеним у НПАОП 0.00-1.28-10, а температура в приміщенні, яка становить 26°C, відповідає стандартам.

Потрібно оцінити можливість ураження персоналу електричним струмом у приміщенні, де працюють електричні прилади, такі як персональні комп'ютери, принтер і паяльна станція.

Для цього необхідно звернути увагу на наступні ознаки підвищеної електричної небезпеки уражень струмом:

- присутність вологості;
- температура у приміщенні перевищує 35 °С;
- присутність провідного пилу;
- підлога, що проводить електрику;

– немає потреби отримати ймовірність одночасного дотику до корпусів, струмопровідних елементів або елементів, які знаходяться під землею.

Ознаки особливої небезпеки ураження електричним струмом:

- наявність надмірної вологості;
- присутність хімічно активних речовин.

Приміщення, що розглядається, не має ознак підвищеної або особливої небезпеки ураження персоналу електричним струмом. Тому за групою електробезпеки воно відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним струмом.

У цьому випадку використання електроенергії для периферійних пристроїв, таких як принтер; побутові прилади, такі як телефон і електричний чайник; і персональні комп'ютери, які включають системні блоки, монітори та паяльні станції, які підключені до окремої електромережі. У деяких випадках також є система штучного освітлення, яка підключена до електричної мережі.

Усі електричні пристрої живляться від мережі змінного струму 220 В / 50 Гц. Проводка для електроживлення складається з фазового, робочого нульового та захисного нульового провідників (захисний нульовий провідник призначений для заземлення). Усі електричні розетки, які використовуються для підключення обладнання, обладнані спеціальними контактами для підключення захисного нульового провідника. Робочий нульовий провідник не використовується як захисний нульовий провідник.

Що стосується розробленого пристрою, то він живиться від комп'ютера з напругою 5 В, що є абсолютно безпечним для такого типу середовища.

Основні об'єкти та матеріали, які можуть загорітися, включають обладнання, меблі, підлогу, стіни, віконні та дверні рами, папір, тканини та інше. Єдиним можливим джерелом пожежі в приміщенні (окрім підпалу – випадкового чи навмисного) може бути незадовільний стан електричних пристроїв та електричної проводки. Робоче приміщення з точки зору вибухопожежної та пожежної небезпеки відноситься до категорії В, оскільки у ньому є матеріали, які

можуть горіти тільки у взаємодії з киснем повітря. Клас приміщення з пожежної безпеки – П-Па, оскільки у приміщенні є тверді горючі речовини та матеріали.

Кожні приміщення обладнані ручними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-1,4, які використовують для гасіння пожежі. Крім того, в досліджених приміщеннях є датчики централізованої пожежної сигналізації. Відповідальність за дотримання вимог пожежної безпеки несе особа, яка призначена. Розроблено план евакуації персоналу та цінного обладнання, а шляхи евакуації повним стандартам.

Чинне законодавство приділяє значну увагу охороні навколишнього середовища. Зростання вимог до матеріалів і виробництва, а також розробка нових виробничих і утилізаційних технологій спрямовані на зменшення навантаження на навколишнє середовище антропогеном. Вплив екранів на навколишнє середовище при масовому виробництві та використанні має бути врахований на окремих етапах їхнього життєвого циклу, від виробництва до експлуатації та навіть після закінчення терміну служби.

Наразі існують екологічні стандарти, які встановлюють вимоги до виробництва та використання матеріалів у конструкції пристроїв. Згідно з цими стандартами, матеріали не повинні містити озоноруйнівних фреонів, а також хлоридів і бромідів. Наприклад, стандарти ТСО-99 визначають вимоги щодо заміни кадмію у світлочутливому шарі екрану дисплея. Після використання пристрої та упаковка повинні проходити безпечну переробку, яка не передбачає використання токсичних речовин.

У цей час, де забезпечена робота з використанням екранного пристрою, було проведено аналіз санітарно-гігієнічних, електротехнічних і протипожежних умов. Було виявлено, що більшість факторів відповідають нормативним вимогам. Отже, після аналізу виявлено наступне:

– умови роботи з відеотермінальними пристроями відповідають майже всім стандартам, за винятком норм щодо штучного освітлення. Для вирішення цієї проблеми необхідно покращити освітлення приміщення та організувати перерви для відпочинку персоналу;

- обсяг житла на одну особу відповідає стандартам;
- фактичні значення мікроклімату повністю відповідають припустимим значенням;
- рівень електробезпеки та пожежної безпеки відповідає нормативним вимогам.

Загалом, невелика кількість відхилень фактичних умов праці від норм дозволяє зробити висновок, що умови праці в розглянутому приміщенні є задовільними. Проте є деякі рекомендації щодо показників, які не відповідають нормативам. У результаті аналізу виробничого приміщення були виявлені деякі розходження умов праці з нормативними вимогами. У зв'язку з особливостями робіт з екранним пристроєм, рекомендується виконання комплексу вправ для фізичного та психічного розвантаження, який наведено у НПАОП 0.00-1.28-10.

Відеотермінал не може працювати більше 4-х годин на день при 8-річному робочому дні, коли необхідно вносити дані, змінювати програми та читати інформацію з екрану. Рекомендується рівномірно розподіляти навантаження та раціонально відвідувати діяльність, щоб зменшити стрес під час роботи.

Щогодини потрібно робити 15-хвилинну перерву. Кілька разів на годину виконуйте серію легких вправ на розтяжку, щоб зняти м'язову напругу, накопичену під час тривалої роботи.

Крім того, важливо робити вправи для очей щогодини під час роботи з екранними пристроями, щоб зменшити навантаження на очі. Для запобігання втомі та перенапруженню рекомендується проводити сеанси психофізіологічного розвантаження і зняття втоми після завершення робочого дня і під час тривалих перерв.

Для покращення робочих умов відповідно до НПАОП 0.00-1.28-10 також рекомендується:

- щодня чистити приміщення;
- забезпечити наявність медичних аптечок першої допомоги у приміщенні.

## ВИСНОВКИ

В ході даної кваліфікаційної роботи було розроблено та виготовлено портативну одноканальну систему для візуального аналізу сигналів, що базується на мікроконтролері ATmega328. В цій роботі було досягнуто всі поставлені завдання. Проведено огляд літературних джерел, що дозволило визначити основні напрямки дослідження. Було вивчено та обрано необхідні інструменти для розробки практичної частини роботи. Після цього було виконано побудову приладу. Процес побудови включав написання коду, збірку апаратного забезпечення, проведення експериментів.

Наступним етапом було налаштування та тестування розробленого пристрою. Було проведено ряд тестів, що підтвердили, що пристрій працює належним чином та відповідає всім вимогам.

Запропонований пристрій здатний забезпечити точний та ефективний аналіз сигналів. Використання мікроконтролера дозволяє поєднати компактність та високу продуктивність, що робить пристрій ідеальним для мобільного використання. Невеликий розмір та вага роблять даний пристрій ідеальним для мобільних застосувань та польових робіт. Інтерфейс користувача досить простий та інтуїтивно зрозумілий, що робить його доступним навіть для новачків у сфері електроніки. Незважаючи на свою простоту та низьку вартість, він має достатньо функцій для виконання багатьох стандартних завдань осцилографії, включаючи вимірювання напруги, частоти, періоду та інших характеристик сигналів. Такий пристрій може мати широке застосування в електроніці, медицині, автомобільній та інших галузях, де вимагається мобільний та ефективний інструмент для аналізу сигналів.

Таким чином, всі поставлені завдання були виконані. Результати дослідження показали, що використання обраних методів та технологій є ефективним для розробки даного пристрою. Ця робота може служити основою для подальших досліджень у цій галузі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналоговый осциллограф ATTEN AT7328. URL: <https://hantek.com.ua/at7328> (дата звернення: 10.02.2024).
2. Цифровый осциллограф OWON SDS1022. URL: <https://hantek.com.ua/sds1022> (дата звернення: 10.02.2024).
3. Мікроконтролер Arduino, принцип роботи та керування. URL: <https://bitkit.com.ua/shho-take-arduino> (дата звернення: 10.02.2024).
4. Arduino Nano. URL: <https://sxema.com.ua/ua/p799237784-arduino-nano-v30.html> (дата звернення: 10.02.2024).
5. Arduino IDE: встановлення та налаштування. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-ide.html> (дата звернення: 10.02.2024).
6. Встановлення Proteus Professional 7. URL: <https://www.hamlab.net/mcu/training/proteus.html> (дата звернення: 10.02.2024).
7. Осцилографи. Класифікація та призначення. URL: <https://radio-detaly.com/oscilografi-vidi-ta-tipi> (дата звернення: 10.02.2024).
8. Arduino основи програмування. URL: [https://geekmatic.in.ua/ua/arduino\\_osnovyi\\_programmirovaniya](https://geekmatic.in.ua/ua/arduino_osnovyi_programmirovaniya) (дата звернення: 10.02.2024).
9. Блок живлення 9В 1А. Магазин arduinka.biz.ua. URL: <https://arduinka.biz.ua/blok-zhivlennya-9v-1a-p297c75.html> (дата звернення: 10.02.2024).
10. Мікроконтролер ATmega328. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328> (дата звернення: 10.02.2024).
11. Які бувають батареї і як правильно вибрати відповідну. URL: <https://vencon.ua/ua/articles/kak-vybrat-batarejku-ili-akkumulyator-vybiraem-batarejki-akkumulyatornye-i-obychnye> (дата звернення: 10.02.2024).
12. TFT LCD: дисплей для Arduino. URL : <https://www.hwlibre.com/uk/tft/> (дата звернення: 10.02.2024).

13. Опис органів управління портативним осцилографом URL: <https://electronica.in.ua/ua/p1630184399-ostsilograf-dso-shell.html> (дата звернення: 10.02.2024).
14. Основи мікроконтролерів – історія, структура та застосування URL : <https://uk.fmuser.net/content/?11010.html> (дата звернення: 10.02.2024).
15. Аналоговий і цифровий сигнал – різниця між ними. URL : <https://www.guru99.com/uk/analog-vs-digital.html> (дата звернення: 10.02.2024).
16. Огляд мікроконтролерних плат на базі Arduino. Головна | Elib LNTU. URL : [https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/ipv/page10.html](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/ipv/page10.html) (дата звернення: 10.02.2024).
17. Основні параметри осцилографів, на які важливо звертати увагу при виборі. URL : <https://radio-shop.com.ua/uk/osnovni-parametry-ostsylohrafiv> (дата звернення: 10.02.2024).
18. Electronics for Beginners: A Practical Introduction to Schematics, Circuits, and Microcontrollers. O'Reilly Online Learning. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/electronics-for-beginners/9781484259795/> (date of access: 10.02.2024).
19. ABCs of Electronics: An Easy Guide to Electronics Engineering. O'Reilly Online Learning. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/abcs-of-electronics/9798868801341/> (date of access: 10.02.2024).
20. Arduino Interrupts: Harness the Power of Interrupts in Your Arduino and ATmega328 Code. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/arduino-interrupts-harness/9781484297148/> (date of access: 10.02.2024).
21. Arduino Measurements in Science: Advanced Techniques and Data Projects. O'Reilly Online Learning. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/arduino-measurements-in/9781484267813> (date of access: 10.02.2024).
22. Circuit Design and Simulation Quick Start Guide: Create Schematics and Layout Electronic Components. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/circuit-design-and/9781484295823/> (date of access: 10.02.2024).

23. PCB Design for Absolute Beginners: Layout Printed Circuit Boards in a Web Browser. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/pcb-design-for/9781484280409/> (date of access: 10.02.2024).

24. Practical Electronic Design for Experimenters. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/practical-electronic-design/9781260456165/> (date of access: 10.02.2024).

25. DIY Microcontroller Projects for Hobbyists. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/diy-microcontroller-projects/9781800564138/> (date of access: 10.02.2024).

# ДОДАТКИ



0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFC, 0x00, 0x00, 0xC0, 0x01, 0x80, 0x60, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0xFF, 0xFC, 0x00, 0x01, 0xC0, 0x01, 0x80, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x01, 0xE3, 0xDF, 0xB6, 0x6F, 0x8F,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0x8F, 0xFF, 0x00, 0x01, 0xE3, 0x1B, 0xB6, 0x6D, 0x9B,  
0x80, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x03, 0x33, 0x31, 0xB6, 0x6C, 0xB1,  
0x80, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x03, 0xF3, 0x31, 0xB6, 0x6C, 0xB1,  
0x80, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x06, 0x33, 0x1B, 0xB6, 0x6C, 0x9B,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x06, 0x1B, 0x1F, 0xBE, 0x6C, 0x8F,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xFF, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFE, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xF8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x00, 0x00, 0x03, 0xFF, 0xF8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0C, 0x00, 0x0F, 0xF8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0C, 0x00, 0x0F, 0xFC, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0C, 0x00, 0x3F, 0xF8, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0E, 0x00, 0xFF, 0xFF, 0x80, 0x00, 0x00, 0x0F, 0x1E, 0x3C, 0xF8, 0xF0,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0E, 0x01, 0xFF, 0xFF, 0x80, 0x00, 0x00, 0x0D, 0x93, 0x6E, 0xCD, 0x90,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0F, 0x87, 0xFF, 0xF9, 0x80, 0x00, 0x00, 0x0F, 0x30, 0xC6, 0xCF, 0xF8,  
0x00, 0x00, 0x08,

0x10, 0x0F, 0x87, 0xFF, 0xF9, 0x80, 0x00, 0x00, 0x03, 0xB0, 0xC6, 0xCF, 0x00,  
0x00, 0x00, 0x08,



```

0x00, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x0E, 0x00,

0x00, 0x1E, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x70, 0x00,

0x00, 0x01, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF, 0xFF,
0xFF, 0x80, 0x00,

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00,

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00,

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00,

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00
};

```

```

void setup( )
{
  pinMode(Key_add, INPUT);
  digitalWrite(Key_add, HIGH);
  pinMode(Key_sub, INPUT);
  digitalWrite(Key_sub, HIGH);
  pinMode(Key_hold, INPUT);
  digitalWrite(Key_hold, HIGH);
  ADMUX=0x60;
  ADCSRA=0xe2;
  u8g.setFont(u8g_font_5x7);
  u8g.firstPage();
  do {
    u8g.drawBitmapP( 0, 0, 16, 64, L);
  } while( u8g.nextPage() );
  delay(2000);
};

```

```

void loop( )
{
  sample( );
  Measure( );
  Transform( );
}

```

```
Key_scan( );
if(hold==0)
{
    u8g.firstPage( );
    do
    {
        draw( );
    }
    while( u8g.nextPage( ));
}

void sample( )
{ for(i = 0;i < 192;i++)
  {
    Buffer[i] = ADCH;
    switch(Key)
    {
        case 1:
            break;
        case 2:
            delayMicroseconds(4);
            break;
        case 3:
            delayMicroseconds(10);
            break;
        case 4:
            delayMicroseconds(23);
            break;
        case 5:
            delayMicroseconds(60);
            break;
        case 6:
            delayMicroseconds(123);
            break;
        case 7:
            delayMicroseconds(248);
```

```

        break;
    case 8:
        delayMicroseconds(623);
        break;
    case 9:
        delayMicroseconds(1247);
        break;
    default:break;
    }
}

void Measure()
{
    V_max=Buffer[0];
    V_min=Buffer[0];
    for(i=0;i<192;i++)
    {
        if(Buffer[i]>V_max)
            V_max=Buffer[i];
        if(Buffer[i]<V_min)
            V_min=Buffer[i];
    }
    V_mid=(V_max+V_min)/2;
    Vpp=(V_max-V_min)*5/255;
    for(i=0;i<97;i++)
    {
if(Buffer[i]<V_mid&&Buffer[i+1]>=V_mid)
        {
            i1=i;
            break;
        }
    }
    for(i=i1+1;i<98+i1;i++)
    {
        if(Buffer[i]<V_mid&&Buffer[i+1]>=V_mid)
        {

```

```

        i2=i;
        break;
    }
}
t=i2-i1;
if(t>0)
    Freq=8000/t;
else
    Freq=0;
}
void Transform( )
{
    for(sta=0;sta<96;sta++)
    {
        if(Buffer[sta]<128&&Buffer[sta+2]>128)
            break;
    }
    for(i = 0;i < 96;i++)
        Y[i] = 63-(Buffer[i+sta]>>2);
}

void draw( )
{
    for(x = 0;x < 95;x++)
        u8g.drawLine(x,Y[x],x,Y[x+1]);

    u8g.drawFrame(0,0,97,64);

    u8g.drawLine(48,0,48,63);
    u8g.drawLine(0,32,96,32);
    for(x=0;x<96;x+=8)
        u8g.drawLine(x,31,x,33);
    for(y=0;y<64;y+=8)
        u8g.drawLine(47,y,49,y);
}

```

```
for(x=8;x<96;x+=8)
{
    for(y=8;y<64;y+=8)
        u8g.drawPixel(x,y);
}
u8g.drawStr(98,7,"MS/div");
u8g.drawStr(98,23,"V/div");
u8g.drawStr(98,30,"0.324");
u8g.drawStr(98,40,"Vpp");
u8g.setPrintPos( 98, 47);
u8g.print(Vpp);
u8g.drawStr(118,47,"V");
u8g.drawStr(98,55,"F(HZ)");
switch(Key)
{
    case 1:
        u8g.drawStr(98,14,"0.02");
        u8g.setPrintPos( 98, 62);
        u8g.print(Freq*50);
        break;
    case 2:
        u8g.drawStr(98,14,"0.05");
        u8g.setPrintPos( 98, 62);
        u8g.print(Freq*20);
        break;
    case 3:
        u8g.drawStr(98,14," 0.1");
        u8g.setPrintPos( 98, 62);
        u8g.print(Freq*10);
        break;
    case 4:
        u8g.drawStr(98,14," 0.2");
        u8g.setPrintPos( 98, 62);
        u8g.print(Freq*5);
        break;
    case 5:
        u8g.drawStr(98,14," 0.5");
```

```

    u8g.setPrintPos( 98, 62);
    u8g.print(Freq*2);
    break;
case 6:
    u8g.drawStr(98,14," 1");
    u8g.setPrintPos( 98, 62);
    u8g.print(Freq);
    break;
case 7:
    u8g.drawStr(98,14," 2");
    u8g.setPrintPos( 98, 62);
    u8g.print(Freq/2);
    break;
case 8:
    u8g.drawStr(98,14," 5");
    u8g.setPrintPos( 98, 62);
    u8g.print(Freq/5);
    break;
case 9:
    u8g.drawStr(98,14," 10");
    u8g.setPrintPos( 98, 62);
    u8g.print(Freq/10);
    break;
default:break;
}
}
void Key_scan()
{
    if(digitalRead(Key_add)==LOW)
    {
        while(digitalRead(Key_add)==LOW);
        Key++;
        if(Key==10)
        Key=9;
        delay(10);
    }
    if(digitalRead(Key_sub)==LOW)

```

```
{
  while(digitalRead(Key_sub)==LOW);
  Key--;
  if(Key==0)
  Key=1;
  delay(10);
}
  if(digitalRead(Key_hold)==LOW)
{
  while(digitalRead(Key_hold)==LOW);
  hold=~hold;
  delay(10);
}
```