

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування

комп'ютерних систем і мереж»

Група: 4КС-58

# Дипломний проект

здобувача освіти денної форми навчання  
КС.58.18.000.ДП

**ТРАЧУКА**  
**АНДРІЯ СЕРГІЙОВИЧА**

м. Одеса  
2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»


Група: 4КС-58

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

### Розробка цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера

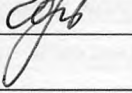
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 87 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 18 аркушах (слайдах)

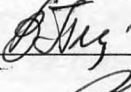
Дипломник  (Трачук А.С.)

Керівник  (Кривченко Ю.В.)

#### Консультанти:

з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)


#### До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «23» червня 2025 р. Протокол ЕК № 3

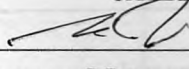
Оцінка ЕК 5 (відмінно) / 95 в.

Секретар ЕК 

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР 

Беркань І.В.

“ 19 ” 05 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект**

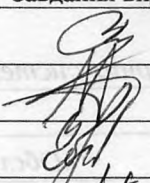
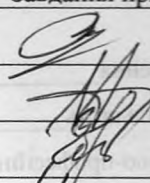
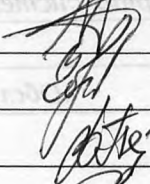
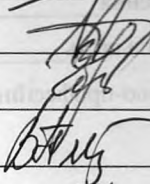
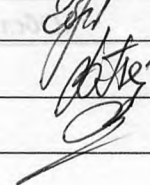
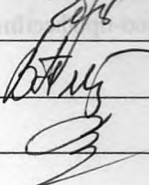
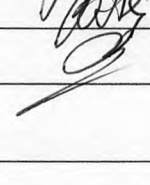
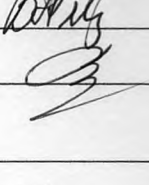
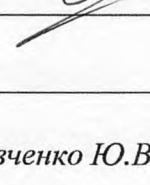

Здобувачеві (здобувачці) освіти Трачуку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)


1. Тема проекту Розробка цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера

- затверджена наказом по коледжу від “14” 11 2024 р. № 246
2. Термін задачі закінченого проекту 16.06.25
3. Вихідні данні до проекту (роботи) 1. Забезпечити вимірювання напруги постійного струму, контроль виходу напруги за допустимий діапазон, контроль наявності напруги у встановленому діапазоні; 2. Забезпечити межі вимірювання напруги у діапазоні 0,1-99,9 В з можливістю розширення меж; 3. Забезпечити струм споживання приладу не більше 50 мА; 4. Забезпечити погрішність вимірювання не більше 0,1 В; чутливість вимірювання - 0,1 В; 5. Розробити макет монтажної плати пристрою найменших розмірів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)  
Аналіз принципів роботи та видів цифрових вольтметрів; Аналіз характеристик мікроконтролера; Розробка структурної схеми цифрового вольтметра-індикатора; Визначення параметрів вольтметра-індикатора; Розробка принципової електричної схеми цифрового вольтметра-індикатора; Розробка програмного забезпечення вольтметра-індикатора; Налаштування та калібрування вольтметра-індикатора
5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)  
Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу; Структурна схема мікроконтролера PIC16F819; Структурна схема цифрового вольтметра-індикатора; Схема принципова електрична цифрового вольтметра-індикатора; Блок-схема алгоритму проведення вимірювань; Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера; БСА програмування (прошивки) мікроконтролера цифрового вольтметра-індикатора; Макет монтажної плати вольтметра-індикатора

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко Ю.В.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		


7. Дата видачі завдання 15.05.25


Керівник Кривченко Ю.В.  (підпис)

Завдання прийняв до виконання  (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1.	Вступ. Постановка задачі проектування	14.05.25	Виконано
2.	Огляд і аналіз електровимірювальних приладів	16.05.25.	Виконано
3.	Аналіз аматорських схем електровимірювальних приладів	17.05.25.	Виконано
4.	Огляд PIC-мікроконтролерів фірми MICROCHIP	20.05.25.	Виконано
5.	Вибір мікроконтролера для вимірювального приладу	22.05.25.	Виконано
6.	Аналіз принципів вимірювання параметрів ел. ланцюга	28.05.25.	Виконано
7.	Розробка структурної схеми вимірювального приладу	01.06.25	Виконано
8.	Розробка принципової електричної схеми приладу	03.06.25.	Виконано
9.	Аналіз і вибір елементної бази	06.06.25	Виконано
10.	Розробка алгоритму вимірювань для мікроконтролера	08.06.25.	Виконано
11.	Програмування мікроконтролера	10.06.25	Виконано
12.	Налаштування приладу вольтметра-індикатору	11.06.25	Виконано
13.	Складання інструкції з експлуатації приладу	12.06.25	Виконано
14.	Виконання економічних розрахунків	13.06.25	Виконано
15.	Розробка заходів з охорони праці	14.06.25	Виконано
16.	Виконання графічної частини проекту	15.06.25	Виконано

Дипломник  (підпис)

Керівник  (підпис)



# ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Основний розділ.....	7
1.1 Аналіз принципів роботи цифрових вимірювальних приладів.....	7
1.2 Аналіз видів цифрових вольтметрів .....	8
1.2.1 Кодово-імпульсні цифрові вольтметри.....	10
1.2.2 Вольтметри з часо-імпульсним перетворенням.....	11
1.3 Огляд промислових вольтметрів.....	13
1.3.1 Універсальні цифрові вольтметри GDM-8145, GDM-8135.....	13
1.3.2 Прецизійні мультиметри Fluke 8845A і Fluke 8846A.....	14
1.2.3 Прецизійні мультиметри Tektronix DMM4020, DMM4040.....	16
1.3.4 Універсальний цифровий вольтметр АВМ-4306.....	18
1.3.5 Комбінований високочастотний вольтметр АКТАКОМ АВМ-1061..	19
1.4 Саморобні електровимірювальні прилади для аматорів.....	20
1.4.1 Цифровий вольтметр з LED-індикацією.....	20
1.4.2 Вольтметр з LCD-індикатором для точного моніторингу.....	22
1.5 Результати проведеного аналізу та огляду.....	24
1.6 Аналіз технічного завдання на розробку пристрою.....	25
1.7 Аналіз характеристик мікроконтролера.....	26
1.7.1 Визначення особливостей архітектури мікроконтролерів PIC.....	27
1.7.2 Аналіз системи команд мікроконтролерів PIC16F8x.....	28
1.8 Розробка структурної схеми цифрового вольтметра-індикатору.....	38
1.9 Визначення параметрів вольтметра-індикатору.....	41
1.10 Розробка принципової електричної схеми цифрового вольтметра-індикатору.....	43
1.11 Розробка програмного забезпечення вольтметра-індикатору.....	48
1.11.1 Розробка алгоритму проведення вимірювань.....	48
1.11.2 Розробка алгоритму програмування мікроконтролера.....	52
1.12 Налаштування та калібрування вольтметра-індикатору.....	55

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

2 Економічний розділ.....	63
3 Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	68
Висновки.....	73
Перелік використаних інформаційних джерел.....	74
Додаток А. Фрагмент коду програми мікроконтролера вольтметра- індикатору мовою асемблера (MPLAB IDE).....	75
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	79

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

У сучасному світі постійно зростає потреба в точних і надійних вимірювальних приладах, які б забезпечували контроль параметрів електричних систем у найрізноманітніших умовах. Особливу увагу слід приділяти пристроям, які використовуються в польових умовах — на об'єктах з обмеженим доступом або в мобільних системах, таких як електротранспорт, автономні електростанції, телекомунікаційні вузли, де точність вимірювань є критично важливою для безпеки та ефективності роботи обладнання. Одним з таких вимірювальних приладів є цифровий вольтметр-індикатор для вимірювання напруги постійного струму. Він призначений для оперативного визначення рівня напруги з мінімальною похибкою, що дозволяє уникати аварійних ситуацій, збоїв в роботі електронних систем та забезпечувати своєчасне виявлення відхилень від нормальних режимів роботи. Використання подібних пристроїв особливо актуальне на електротранспорті, де контроль за напругою акумуляторів або тягових електродвигунів є запорукою безпечної та ефективної роботи. Цифровий вольтметр також може застосовуватися в системах відновлювальної енергетики, таких як сонячні або вітрові електростанції, де необхідний точний моніторинг напруги для забезпечення стабільної роботи всієї системи.

Метою цього дипломного проекту є розробка компактного, економічного і точного цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера, здатного працювати в польових умовах, забезпечуючи стабільні вимірювання напруги постійного струму в діапазоні від 0 до 99,9 В з похибкою не більше 0,1 В. Використання мікроконтролера сімейства PIC дозволить зменшити енергоспоживання пристрою, зберігаючи його функціональність та точність. Цифровий вольтметр складатиметься з мініатюрної друкованої плати та індикатора на базі світлодіодних семисегментних індикаторів, що дозволить компактно відображати результати вимірювань. Завдяки простоті конструкції та економічності, пристрій зможе широко використовуватися в галузі електроніки та комп'ютерної інженерії, зокрема для тестування і налаштування різних електронних систем, проведення контролю роботи пристроїв.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

# 1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз принципів роботи цифрових вимірювальних приладів

Цифрові вимірювальні прилади, не зважаючи на різноманітні схемні та конструктивні особливості, мають загальний принцип побудови (рис. 1.1).

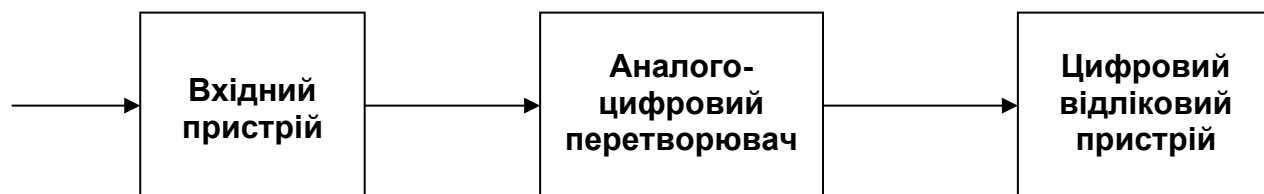


Рисунок 1.1. Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу

На вхід цифрового вимірювального приладу подається вимірювана фізична величина. Першим етапом є обробка сигналу у вхідному пристрої (ВП), де відбувається масштабне перетворення — приведення сигналу до рівнів, зручних для подальшої цифрової обробки. Далі сигнал передається на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який відповідає за перетворення аналогового сигналу у цифровий код. Цей код відображається на цифровому відліковому пристрої (ЦВП) у вигляді числового значення, що є кінцевим результатом вимірювання.

Крім того, для правильного функціонування всіх компонентів цифрового приладу існує пристрій керування (ПК), який генерує керуючі сигнали, необхідні для узгодженої роботи всіх складових (на рис. 1.1 пристрій керування не показано). Конструкція вхідного пристрою цифрового приладу може бути схожою з електронними аналогами, однак у деяких випадках передбачено використання фільтрів для пригнічення шумів і перешкод, що покращує точність вимірювань.

Цифрові вимірювальні прилади можна класифікувати за типом аналого-цифрового перетворення. Вони поділяються на прилади прямого перетворення та компенсаційні пристрої (з врівноважуючим перетворенням). Вибір типу перетворення залежить від конкретних вимог до точності та швидкості вимірювань, а також від умов експлуатації приладу.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Інженер, який працює в будь-якій галузі промисловості, повинен вміти не тільки правильно вибирати вимірювальні пристрої для контролю технологічних процесів та забезпечення якості продукції, але й знати основні метрологічні характеристики засобів вимірювання. Від цього залежить ефективність та надійність роботи будь-якої системи.

У наступних підрозділах будуть розглянуті види цифрових вольтметрів (підрозділ 1.2), промислові зразки електровимірювальних приладів, які є на ринку (підрозділ 1.3), а також існуючі аматорські прилади, описані в технічній літературі та на тематичних форумах в мережі Інтернет (підрозділ 1.4).

## 1.2 Аналіз видів цифрових вольтметрів

Цифрові вольтметри класифікуються за типом вимірюваної величини на такі основні групи: вольтметри для постійного струму, змінного струму (вимірювання середньо-випрямленого або середньоквадратичного значення), імпульсні вольтметри для аналізу параметрів відео- та радіоімпульсів, а також універсальні вольтметри. Останні призначені для вимірювання як постійної, так і змінної напруги, а також деяких інших фізичних величин, таких як опір або температура.

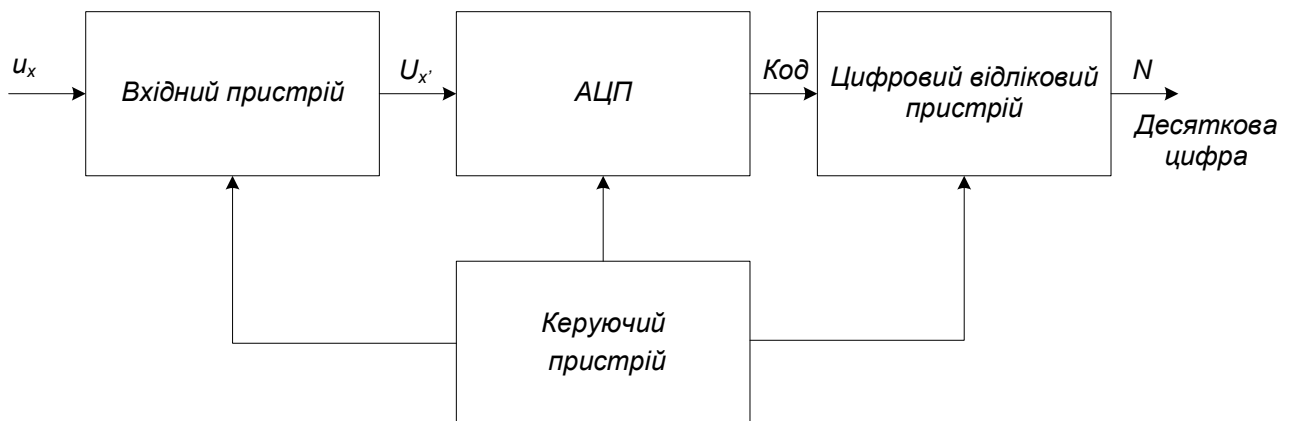


Рисунок 1.2. Спрощена структурна схема цифрового вольтметра

На рис. 1.2 представлена спрощена структурна схема цифрового вольтметра. Його основою є вхідний пристрій, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), цифровий відліковий пристрій та керуючий пристрій. Вхідний блок складається з дільника напруги, а для змінного струму додатково включає

перетворювач змінного струму в постійний. Основна функція АЦП полягає в перетворенні аналогового сигналу в цифровий код, який відображається на цифровому дисплеї. Процес аналого-цифрового перетворення є ключовим елементом роботи вольтметра, оскільки саме він забезпечує дискретне відображення величини, що вимірюється.

За типом АЦП цифрові вольтметри поділяються на такі основні категорії:

- кодоімпульсні (з порозрядним врівноваженням);
- часоімпульсні;
- частотно-імпульсні;
- вольтметри з просторовим кодуванням.

У сучасних цифрових вольтметрах найбільше поширення набули кодоімпульсні та часоімпульсні схеми. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), що використовуються у вольтметрах, перетворюють сигнал постійного струму в цифровий код, тому вольтметри також вважаються приладами для вимірювання постійного струму. Для роботи з напругою змінного струму на вхід вольтметра ставиться перетворювач змінної напруги в постійну, найчастіше — це детектор середньо-випрямленого значення.

Основні технічні характеристики середньостатистичного цифрового вольтметра для постійного струму:

- діапазон вимірювання: від 100 мВ до 1000 В;
- чутливість (поріг квантування) на діапазоні 100 мВ може становити 1 мВ, 100 мкВ або 10 мкВ;
- кількість знаків у цифровій шкалі залежить від співвідношення максимальної і мінімальної величин на відповідному діапазоні;
- вхідний опір вольтметра зазвичай перевищує 100 МОм;
- високий рівень захисту від перешкод.

Цифрові вольтметри часто застосовуються в лабораторіях і в промисловості завдяки своїй високій точності, стабільності та захисту від зовнішніх впливів.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

### 1.2.1 Кодово-імпульсні цифрові вольтметри

Кодово-імпульсні цифрові вольтметри (вольтметри з поразрядним урівноваженням) працюють за принципом компенсаційного методу вимірювання напруги. Їхня спрощена структурна схема зображена на рис. 1.3.

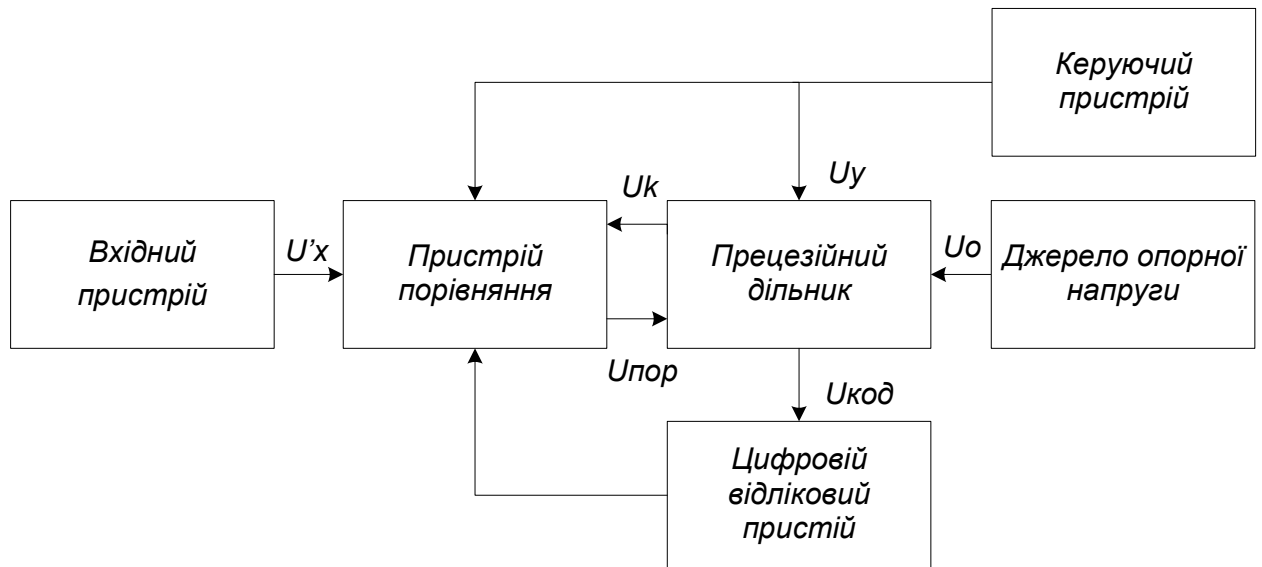


Рисунок 1.3. Спрощена структурна схема кодово-імпульсного вольтметра

У такому вольтметрі вимірювана напруга  $U'x$ , яка надходить із вхідного пристрою, порівнюється з компенсуючою напругою  $U_k$ , що генерується прецизійним дільником та джерелом опорної напруги. Компенсуюча напруга має кілька рівнів, квантованих за двійково-десятьковою системою. Наприклад, у двоцифровому цифровому вольтметрі для вимірювання напруги до 100 В можуть використовуватися наступні рівні напруги: 80, 40, 20, 10, 8, 4, 2, 1 В.

Порівняння напруг  $U'x$  та  $U_k$  здійснюється по черзі під керуванням контролюючого пристрою. Керуючі імпульси  $U_y$  з певними інтервалами часу перемикають опори прецизійного дільника так, що на виході дільника з'являються послідовно напруги: 80, 40, 20, 10, 8, 4, 2, 1 В. Одночасно з цим підключається пристрій порівняння. Якщо  $U_k > U'x$ , з пристрою порівняння подається сигнал  $U_{пор}$ , який вимикає відповідну ланку дільника, щоб видалити компенсуючу напругу. Якщо  $U_k < U'x$ , сигнал не надходить. Після завершення процесу порівняння положення перемикачів дільника фіксується у вигляді коду, який потім зчитується цифровим відліковим пристроєм.

Процес вимірювання у таких приладах подібний до зважування на вагах, тому їх іноді називають вольтметрами з поразрядним урівноваженням. Точність кодоімпульсного приладу залежить від стабільності опорної напруги, точності виготовлення дільника та чутливості порівнювального пристрою.

Щоб забезпечити нормальний рівень захисту від перешкод (60–70 дБ), на вхід приладу встановлюють фільтр. Цей тип цифрових вольтметрів має відмінні технічні характеристики та зазвичай використовується у лабораторіях. Перші цифрові прилади створювалися за методом зважування, проте згодом стали популярними вольтметри часо-імпульсного типу.

### 1.2.2 Вольтметри з часо-імпульсним перетворенням

Принцип дії часо-імпульсного вольтметра заснований на перетворенні вимірюваної напруги в пропорційний часовий інтервал за допомогою АЦП. Протягом цього інтервалу через пристрій проходять імпульси від генератора з постійною частотою. В результаті вихідний сигнал перетворюється в пачку імпульсів, кількість яких пропорційна вимірюваній напрузі.

Похибка часо-імпульсних вольтметрів визначається декількома факторами: похибкою дискретизації сигналу, нестабільністю частоти імпульсів, чутливістю схеми порівняння та нелінійністю пилкоподібної напруги.

Існує кілька схем для реалізації часо-імпульсних вольтметрів. Спрощена структурна схема та часові діаграми їхньої роботи наведені на рис. 1.4.

Напруга  $U_{гзн}$ , що змінюється лінійно з часом, подається на обидва входи пристроїв порівняння. Один з них порівнюється з корпусом приладу. Коли напруга на вході першого пристрою порівняння досягає 0, на його виході з'являється імпульс  $U_{ус1}$ , який фіксує нульовий рівень вхідного сигналу. Цей імпульс надходить на тригер  $T$ , викликаючи появу напруги на його виході.

Тригер повертається у вихідний стан за допомогою імпульсу  $U_{ус2}$ , що виникає, коли напруга  $U'x$  дорівнює напрузі  $U_{гзн}$ . Імпульс  $U_t$  з виходу тригера, тривалість якого  $t = U'x * S$  ( $S$  — коефіцієнт перетворення), передається на схему  $I$ , на інший вхід якої подаються імпульси з генератора лічильних імпульсів з

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частотою  $f_0 = 1/T_0$ . Імпульси на виході схеми І фіксуються, коли на обох її входах присутні сигнали. Кількість імпульсів підраховується лічильником та виводиться на індикатор цифрового пристрою.

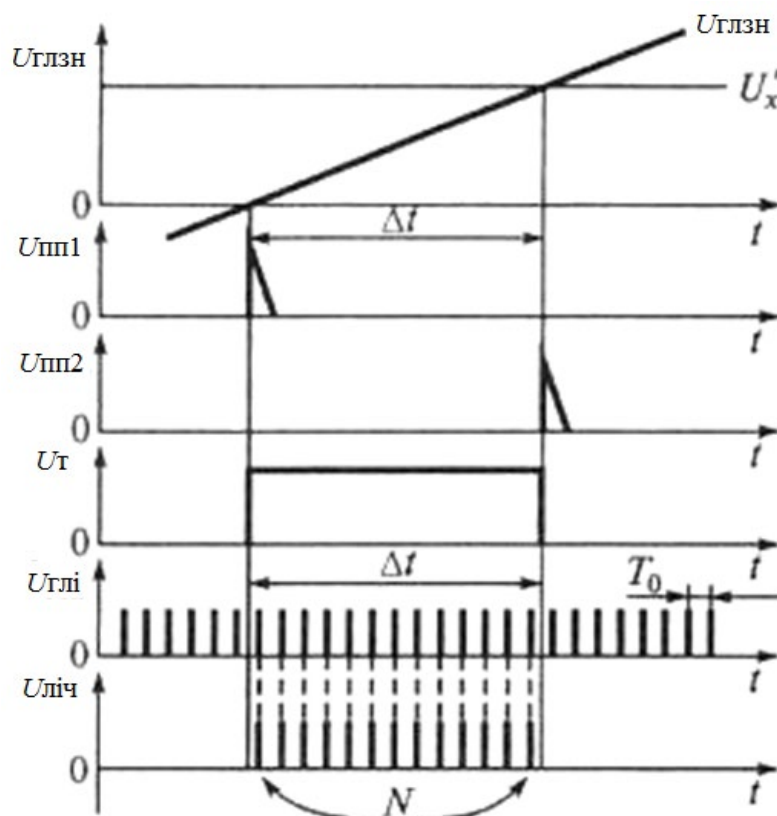
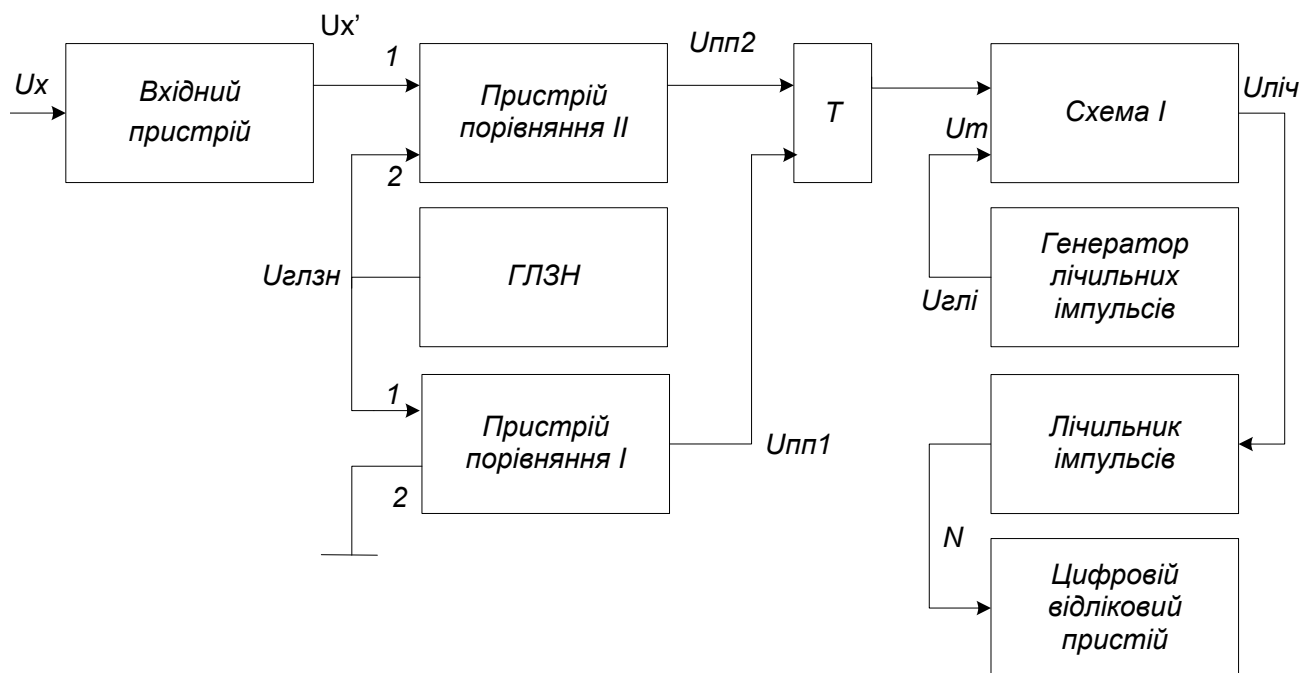


Рисунок 1.4. Часо-імпульсний цифровий вольтметр: а – структурна схема; б – часові діаграми.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 1.3 Огляд промислових вольтметрів

### 1.3.1 Універсальні цифрові вольтметри GDM-8145, GDM-8135

Універсальні цифрові вольтметри (рис. 1.5), вироблені компанією GOOD WILL INSTRUMENT CO., LTD., призначені для вимірювання постійної та змінної напруги до 1200 В, струму до 20 А, опору до 20 МОм, а також для тестування р-п переходів. Основні характеристики цих приладів представлені в таблиці 1.1.



Рисунок 1.5. Зовнішній вигляд цифрового вольтметра GDM-8145

Функціональні особливості цифрових вольтметрів GDM-8145 і GDM-8135:

- Продзвонювання ланцюгів (GDM 8135);
- Базова похибка 0,04% (GDM 8145), 0,15% (GDM 8135);
- Вимірювання True RMS (GDM 8145);
- Вимірювання змінних сигналів зі зсувом (GDM 8145);
- Робочий діапазон частот до 55 кГц (GDM 8145) та 45 кГц (GDM 8135);
- Висока роздільна здатність;
- РК-дисплей із 4 розрядами (GDM-8145) та 3 розрядами (GDM-8135);
- Автоматичне встановлення нуля;
- Захист від переполюсовки та перевантажень.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

13

Таблиця 1.1. Технічні характеристики GDM-8145 та GDM-8135

Характеристика	Параметр	Значення
Постійна напруга	Межі вимірювань	200 мВ / 2 / 20 / 200 / 1200 В
	Роздільна здатність	8135: 100 мкВ / 1 / 10 / 100 мВ / 1 В
		8145: 10 / 100 мкВ / 1 / 10 / 100 мВ
	Похибка вимірювання	8135: $\pm (0,1\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$
		8145: $\pm (0,03\% + 4 \text{ од. молодшого розряду})$
	Вхідний імпеданс	10 МОм
Змінна напруга	Межі вимірювань	200 мВ / 2 / 20 / 200 / 1000 В
	Роздільна здатність	8135: 100 мкВ / 1 / 10 / 100 мВ / 1 В
		8145: 10 / 100 мкВ / 1 / 10 / 100 мВ
	Робоча смуга частот	40 Гц...40 кГц (8135); 20 Гц...50 кГц (8145)
	Похибка вимірювання	8135: $\pm (0,5\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$ , 40 Гц...1 кГц
		$\pm (1,5\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$ , 1...40 кГц
		8145: $\pm (0,5\% + 15 \text{ од. молодшого розряду})$ , 45 Гц...2 кГц
		$\pm (1,5\% + 15 \text{ од. молодшого розряду})$
Постійний струм	Межі вимірювань	200 мкА / 2 / 20 / 200 / 2000 мА / 20 А
	Роздільна здатність	8135: 0,1 / 1 / 10 / 100 мкА / 1 / 10 мА
		8145: 10 / 100 нА / 1 / 10 / 100 мкА / 1 мА
	Похибка вимірювання	$\pm (0,2\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$
		$\pm (0,3...0,5\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$ на межі 2000 мА/20 А
Змінний струм	Межі вимірювань	200 мкА / 2 / 20 / 200 / 2000 мА / 20 А
	Роздільна здатність	8135: 0,1 / 1 / 10 / 100 мкА / 1 / 10 мА
		8145: 10 / 100 нА / 1 / 10 / 100 мкА / 1 мА
	Робоча смуга частот	40 Гц...20 кГц (8135); 20 Гц...20 кГц (8145)
	Похибка вимірювання	$\pm (0,5\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$ , 40 Гц...2 кГц
		$\pm (1,2\% + 1 \text{ од. молодшого розряду})$ , 20 Гц...20 кГц

### 1.3.2 Прецизійні мультиметри Fluke 8845A і Fluke 8846A

Цифрові 6- та 5-розрядні прецизійні мультиметри Fluke 8845A і Fluke 8846A відрізняються високою точністю та універсальністю, що дозволяє використовувати їх для виконання складних вимірювань як у лабораторних умовах, так і в автоматизованих вимірювальних системах. Мультиметри Fluke 8845A і Fluke 8846A (рис. 1.6) поєднують продуктивність та багатофункціональність із простотою у використанні. Ці прилади забезпечують всі стандартні функції, притаманні багатофункціональним цифровим

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

мультиметрам, включаючи вимірювання опору, напруги та струму. Основна похибка вимірювань постійного струму досягає 0,0024% у діапазоні до 10 А, а широкий діапазон вимірювання опору відкриває великі можливості для проведення вимірювань. Окрім того, моделі Fluke 8845A і Fluke 8846A підтримують вимірювання частоти та періоду. Модель Fluke 8846A додатково забезпечує вимірювання температури та ємності. Завдяки вбудованим функціям лічильника, вимірювача ємності та термометра, ці прилади є надзвичайно універсальними. Також користувачам доступні розширені можливості завдяки графічному дисплею, включно з функцією безпаперового реєстратора.



Рисунок 1.6. Зовнішній вигляд цифрового вольтметра Fluke 8845A

Універсальні мультиметри Fluke 8845A і Fluke 8846A відзначаються високою надійністю та міцністю.

Основні функціональні особливості мультиметрів Fluke 8845A і Fluke 8846A:

- Роздільна здатність 6,5 розрядів;
- Основна похибка при вимірюванні постійної напруги до 0,0024%;
- Подвійний дисплей;
- Діапазон вимірювання струму від 100 мкА до 10 А із роздільною здатністю до 100 пА;

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Широкий діапазон вимірювання опору від 10 Ом до 1 ГОм із роздільною здатністю до 10 мкОм;
- Вимірювання опору за схемою 2 x 4 дротами;
- Можливість вимірювання частоти та періоду (обидві моделі);
- Додаткові можливості вимірювання ємності та температури в моделі 8846A;
- USB-порт для підключення зовнішніх накопичувачів (модель 8846A);
- Графічний дисплей;
- Безпаперовий реєстратор Trendplot™, а також режими статистики та гістограми.

### 1.2.3 Прецизійні мультиметри Tektronix DMM4020, DMM4040



Рисунок 1.7. Зовнішній вигляд цифрового вольтметра Tektronix DMM4020

Прецизійні цифрові мультиметри Tektronix DMM4020 (5 ½ розряду), Tektronix DMM4040 та Tektronix DMM4050 (6 ½ розряду) є високоточними вимірювальними приладами, що використовуються як у комплексних вимірювальних системах, так і для навчальних цілей. Вони поєднують відмінні технічні характеристики з широким набором функцій та аналітичними

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

можливостями (рис. 1.7). Основні характеристики мультиметрів наведені в таблиці 1.2.

Функціональні можливості цифрових мультиметрів DMM4020 та DMM4040:

- Точне вимірювання напруги, опору та струму;
- Перевірка діодів та перевірка на обрив;
- Вимірювання частоти та періоду;
- Чотирьохдротові вимірювання опору (за схемою 2x4);
- Спеціальні вимірювання витoku по постійному струму;
- Режим порівняння граничних значень для тестування типу "справний/несправний";
- Можливість вимірювання при однократному натисканні кнопки;
- Зручний та інтуїтивний інтерфейс;
- Збереження налаштувань та їх швидкий доступ через кнопки на панелі приладу для прискорення вимірювань;
- Подвійний дисплей для одночасного відображення декількох параметрів;
- Статистичний аналіз результатів вимірювань;
- Побудова гістограм для кращої візуалізації результатів.

Таблиця 1.2. Технічні характеристики Tektronix DMM4020

Модель	DMM4020	DMM4040
Розрядність дисплея	5 ½	6 ½
Точність	0,015%	0,0024%
<b>Вимірювання</b>	<b>Діапазон</b>	<b>Дозвіл</b>
Напруга	200 мВ – 1000 В	10 мкВ
Струм	200 мкА – 10 А	1 нА
Опір	200 Ом – 100 МОм	1 МОм
Смуга частот	20 Гц – 100 кГц	3 Гц – 300 кГц
Частота	20 Гц – 1 МГц	1 МГц
Температура	-	-200...+600 °С
Ємність	-	1 нФ – 100 мФ

### 1.3.4 Універсальний цифровий вольтметр АВМ-4306

Універсальний цифровий вольтметр АВМ-4306 (рис.1.8) призначений для вимірювання постійної та змінної напруги і струму, опору та частоти. Прилад оснащений змінною розрядністю дисплея і здатен вимірювати як постійну, так і змінну складові в частотному діапазоні до 100 кГц, включаючи вимірювання дійсного середньоквадратичного значення (True RMS). Крім того, вольтметр підтримує функції порівняння результатів з еталонними значеннями, перевірку діодів, звукову прозвонку ланцюга, а також вимірювання в децибелах. Отримані дані можуть передаватися на персональний комп'ютер через інтерфейс RS-232 або бути роздруковані на принтері. Основні технічні характеристики вольтметра наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Технічні характеристики вольтметра АВМ-4306

Параметр	Значення
Час прогрівання	не менше 30 хв.
Температурний коефіцієнт	0,15 х похибка/°С (у діапазонах 0...18 °С і 28...50 °С)
<b>Інтерфейс RS-232:</b>	
Швидкість передачі даних	9600, 4800, 2400, 1200, 600, 300 бод
Довжина послідовності	7 або 8 біт
Парність	парний/непарний/немає
Біт зупинки	1 або 2
Відгук	увімк./вимк.
Режим друку	увімк./вимк.
<b>Робочі умови експлуатації:</b>	
Температура навколишнього середовища	0...50 °С
Вологість	0...80% при температурі 0...28 °С; не більше 75% при вимірюванні опору більше 12 МОм; 0...70% при 28...35 °С; 0...50% при 35...50 °С
Умови зберігання	-20...+60 °С при вологості 0...80%
Живлення	100/120/220/240 В ±10%, 50/60 Гц
Споживана потужність	16 ВА

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

18



Рисунок 1.8. Зовнішній вигляд цифрового вольтметра АВМ-4306

### 1.3.5 Комбінований високочастотний вольтметр АКТАКОМ АВМ-1061

Комбінований цифровий прилад АКТАКОМ АВМ-1061 (рис. 1.9) поєднує в собі функції трьох вимірювальних пристроїв: високочастотного вольтметра, вимірювача рівня сигналів та вимірювача частоти сигналів з діапазоном до 1,2 ГГц. Частотний діапазон пристрою становить від 9 кГц до 1,2 ГГц, а вимірювання рівня сигналу виконується в межах від -47 дБм до +33 дБм (для навантаження 50 Ом). Вбудований частотомір має 6-розрядну роздільну здатність, точність 1 ppm і діапазон до 3 ГГц.



Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд цифрового вольтметра АКТАКОМ АВМ-1061

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ				

Функціональні особливості АКТАКОМ АВМ-1061:

- Три в одному: високочастотний вольтметр, вимірювач потужності та частотомір;
- Робоча частота до 1,2 ГГц;
- Автоматичний та ручний вибір діапазонів;
- Автоматичне встановлення нуля;
- Кольоровий РК дисплей QVGA (3,5"), 6 розрядів;
- Інтерфейси: RS-232 та USB;
- Живлення: 220 В  $\pm 10\%$ , 50 Гц  $\pm 5\%$ .

Технічні характеристики:

- Робоча частота: 9 кГц – 1,2 ГГц;
- Діапазон вимірювання: 1 мВ RMS – 10 В RMS (при навантаженні 50 Ом);
- Вибір діапазону: ручний — 4 мВ RMS / 40 мВ RMS / 400 мВ RMS / 4 В RMS / 10 В RMS, або автоматичний;
- Похибка вимірювання:  $\pm(2\% + 5 \text{ е.м.р.})$  при частоті 100 кГц у діапазоні 10 мВ RMS – 10 В RMS.

## 1.4 Саморобні електровимірювальні прилади для аматорів

У процесі конструювання саморобної електроніки вимірювальні прилади є незамінними помічниками для тестування компонентів, перевірки напруги в різних точках схеми, а також контролю проходження сигналу через її елементи. Використання дорогих промислових приладів у любительських умовах не завжди виправдане, а дешеві вимірювачі можуть не забезпечувати необхідної точності. Тому ідеальним рішенням є створення власного вимірювального пристрою на основі схем, доступних у технічній літературі. Далі розглянемо кілька прикладів саморобних схем вимірювачів напруги, які можна легко реалізувати в домашніх умовах.

### 1.4.1 Цифровий вольтметр з LED-індикацією

Цифровий вольтметр з світлодіодним індикатором може служити універсальним рішенням для індикації напруги у вимірювальних системах,

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

моніторингу вихідної напруги блоків живлення або роботи в комплексі з різними електронними пристроями. Вольтметри такого типу широко використовуються в аматорській електроніці завдяки своїй надійності та доступності. Одним з популярних варіантів є пристрої з світлодіодними індикаторами (рис. 1.10).



Рисунок 1.10. Зовнішній вигляд цифрового вольметра з LED-індикацією

Технічні характеристики вольметра:

- Вимірювана напруга: постійна;
- Діапазон вимірювань: від 0 до +199.9 мВ;
- Частота відліків: 3 рази на секунду;
- Похибка вимірювань: не більше 0.2%;
- Живлення: двохполярне (+5 В);
- Споживана потужність: не більше 2100 мВт;
- Робочий температурний діапазон: +10°C ... +35°C;
- Відносна вологість: до 80% при температурі 20°C.

Електрична схема цього вольметра (рис. 1.11) побудована на мікросхемі DA1 KP572ПВ2А (аналог ICL7107), яка виконує функцію аналого-цифрового перетворювача з подвійною інтеграцією, автоматичною корекцією нуля та визначенням полярності вхідного сигналу. Для індикації використовуються 3,5-розрядні 7-сегментні світлодіодні індикатори типу АЛС321Б (АЛС324Б).

Опорна напруга +100 мВ отримується за допомогою резистивного дільника, підключеного до стабільного джерела живлення +5 В. Вхідний сигнал подається на контакти IN+ і IN-, причому потенціал цих контактів може

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



інформації використовується рідкокристалічний дисплей, який працює на контролері HD44780.



Рисунок 1.12. Зовнішній вигляд вольтметра з LCD-індикатором

Технічні характеристики:

- Діапазон вимірюваної напруги: 0-30 В;
- Точність вимірювання напруги: 10 мВ;
- Точність вимірювання струму: 10 мА;
- Одностороння друкована плата.

Цей вольтметр може працювати з іншими LCD-дисплеями, що мають контролер HD44780, що робить його універсальним для використання в різних системах. Принципова схема приладу зображена на рис. 1.13.

Після натискання кнопки налаштування S1 на дисплеї з'являється значення шунтуючого резистора. Якщо номінал резистора відомий, його можна встановити за допомогою кнопки. Якщо номінал невідомий, слід підключити точний мультиметр і налаштувати показники до їх збігу. Після цього значення резистора фіксується натисканням кнопки протягом 5 секунд. Наступний етап — це призначення струму, при якому вмикається вентилятор.

Для підвищення точності вимірювання вольтметр має два діапазони: 0-10 В та 10-30 В. Налаштування точного значення резистора виконується підключенням приладу до джерела живлення з напругою 9 В і регулюванням резистора до збігу показань вольтметра та мультиметра. Резистор R9 використовується для точного налаштування, а R10 дозволяє грубе налаштування для діапазону 10-30 В.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



витратах, що робить їх ідеальним вибором для даного проєкту. Крім того, використання АЦП з подвійною інтеграцією та автоматичною корекцією нуля дозволяє отримати високу точність вимірювань, що є важливим аспектом для електровимірювальних приладів.

Усі розглянуті аналоги демонструють переваги різних типів індикаторів. Світлодіодні індикатори мають просту конструкцію, є дешевими і добре видимими при яскравому освітленні, однак рідкокристалічні дисплеї пропонують кращу деталізацію та зручність зчитування даних у різних умовах експлуатації. Враховуючи це, вибір типу індикатора повинен залежати від конкретних вимог до пристрою, його умов експлуатації та особливостей його застосування. Для універсальності даного проєкту доцільно розробити пристрій, що забезпечуватиме можливість інтеграції як світлодіодного, так і рідкокристалічного індикатора.

Елементна база, використана в аналізованих вольтметрах, вказує на доцільність використання мікросхем типу ICL7107 або KP572ПВ2А, які зарекомендували себе як надійні АЦП для аматорських конструкцій. Крім того, важливо врахувати можливість використання двосторонніх друкованих плат, що забезпечить компактність приладу, зручність збирання та налаштування. Модульна конструкція дозволить оптимізувати процес складання та обслуговування, а також зробить можливим оновлення або заміну окремих компонентів у майбутньому. Оптимальним рішенням для розробки вольтметра є застосування мікроконтролера, який забезпечить гнучкість, точність і надійність. У поєднанні з використанням сучасних індикаторів і продуманою конструкцією, розроблюваний прилад стане ефективним і зручним засобом для вимірювання напруги.

## **1.6 Аналіз технічного завдання на розробку пристрою**

Відповідно до технічного завдання, цифровий вольтметр-індикатор, що розробляється на базі мікроконтролера, повинен мати можливість вимірювати постійну напругу з точністю до 0,1 В. Цей пристрій призначений для індикації

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

та контролю напруги у межах від 0,1 до 99,9 В, що є важливим для діагностики різної електронної апаратури, контролю бортової напруги автомобіля та перевірки джерел живлення.

Основною метою розробки є створення компактного, економічного і функціонального приладу, який буде працювати у трьох режимах: індикації напруги, контролю виходу напруги за допустимий діапазон та контролю її наявності у встановленому діапазоні. Для зручності та точності вимірювань передбачена функція калібрування, яка дозволить змінювати діапазон вимірювань за допомогою вхідного дільника, а також можливість відключення десяткової крапки для вимірювань у діапазоні до 999 В.

Основою пристрою буде PIC-мікроконтролер, який забезпечить необхідну точність, надійність та економічність. Для відображення результатів вимірювань будуть використані семисегментні світлодіодні індикатори, що дозволить зробити прилад інформативним і простим у використанні. У технічному завданні також передбачено можливість підключення випрямляча для роботи з змінною напругою, що дозволить розширити діапазон вимірювань до 999 В після відповідної калібровки. З огляду на вимоги до приладу, його живлення передбачається від 12-вольтового акумулятора з максимальним споживанням струму до 50 мА, що забезпечить його енергоефективність. Температурний діапазон роботи вольтметра від -10 до +50° С дозволить використовувати його в різних кліматичних умовах.

## 1.7 Аналіз характеристик мікроконтролера

Для розробки цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера було обрано мікроконтролер PIC16F819, який завдяки своїм технічним характеристикам, простоті у програмуванні та невисокій вартості, є популярним серед інженерів і розробників. Вибір даного мікроконтролера базується на його оптимальних параметрах для розробки вимірювальних приладів, таких як вольтметр, а також на основі аналізу сучасних мікроконтролерів, проведеного під час переддипломної практики.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

### 1.7.1 Визначення особливостей архітектури мікроконтролерів PIC

Для розробки цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера було обрано мікроконтролер PIC16F819, який завдяки своїм технічним характеристикам, простоті у програмуванні та невисокій вартості, є популярним серед інженерів і розробників. Вибір даного мікроконтролера базується на його оптимальних параметрах для розробки вимірювальних приладів, таких як вольтметр, а також на основі аналізу сучасних мікроконтролерів, проведеного під час переддипломної практики.

PIC16F819 належить до базового сімейства PIC-мікроконтролерів із 14-розрядною архітектурою команд, що дозволяє виконувати більшість інструкцій за один машинний цикл (чотири машинні такти). Це забезпечує високу швидкість обробки даних, до 5 MIPS при тактовій частоті 20 МГц, що є суттєвою перевагою при розробці пристроїв, де важлива швидкість обробки сигналів.

Архітектура мікроконтролера PIC16F819 базується на гарвардській архітектурі, яка забезпечує роздільні шини для даних і команд. Шина даних має ширину 8 біт, тоді як програмна шина – 14 біт. Це дозволяє досягти більшої ефективності при виконанні програм та одночасної обробки даних і команд, що є важливим для стабільної роботи вимірювального пристрою. Двоступеневий конвеєр додатково підвищує продуктивність, забезпечуючи одночасну вибірку та виконання команд.

Мікроконтролери PIC, зокрема PIC16F819, характеризуються високою енергоефективністю, що є особливо важливим для приладів з низьким енергоспоживанням, як-от цифровий вольтметр-індикатор. Завдяки швидкій гарвардській RISC-архітектурі, більшість інструкцій виконуються за один цикл тактового генератора, що забезпечує продуктивність на рівні 1 MIPS на МГц при тактовій частоті до 20 МГц.

Flash-пам'ять PIC16F819 є електрично перепрограмованою, що дозволяє проводити до 1000 циклів перезапису, роблячи мікроконтролер гнучким і зручним для тестування та налаштування в процесі розробки пристрою. Особливістю мікроконтролера також є підтримка мов високого рівня, зокрема

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

C++, що спрощує написання коду та підвищує ефективність розробки програмного забезпечення для пристрою.

Крім того, мікроконтролери сімейства PIC мають 32 робочі регістри, що безпосередньо працюють з арифметико-логічним пристроєм (АЛП), значно зменшуючи розмір програм та підвищуючи їх продуктивність. Це дозволяє знизити об'єм коду та оптимізувати роботу вольтметра, що є важливим фактором для забезпечення його ефективності та точності.

Вибір мікроконтролера PIC16F819 також обумовлений можливістю розширення функціоналу приладу. Він підтримує використання зовнішніх пристроїв, таких як світлодіодні семисегментні індикатори, що дозволяє створити зручну і наочну систему індикації результатів вимірювань. Завдяки цьому, розроблений цифровий вольтметр буде інформативним і легким у використанні. Таким чином, мікроконтролер PIC16F819 є оптимальним вибором для розробки цифрового вольтметра-індикатора, оскільки він поєднує в собі високу продуктивність, енергоефективність, гнучкість у програмуванні та надійність, що дозволить створити сучасний та ефективний вимірювальний прилад.

### **1.7.2 Аналіз системи команд мікроконтролерів PIC16F8x**

Мікроконтролери підгрупи PIC16F8x оснащені гарвардською архітектурою з процесором RISC, що дозволяє досягти високої швидкості виконання команд при збереженні простоти конструкції. Система команд таких мікроконтролерів включає лише 35 простих команд, що дозволяє оптимізувати виконання операцій і забезпечує високий коефіцієнт продуктивності на одиницю часу. Мікроконтролери PIC16F8x виконують більшість команд за один цикл. Це дозволяє зменшити час обробки даних та забезпечує високу швидкість виконання програм. Виключення складають лише команди переходу, які займають два цикли. Таким чином, час виконання команд зводиться до мінімуму, що є важливим фактором для систем, де потрібна висока швидкість обробки сигналів, наприклад, у вимірювальних пристроях або системах управління.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Особливістю мікроконтролерів PIC16F8x є роздільні шини для команд і даних, що дозволяє зменшити час на доступ до пам'яті та знизити ймовірність виникнення конфліктів при паралельному доступі до різних областей пам'яті. Пам'ять програм має ширину 14 біт, що дозволяє завантажувати команди за один цикл. Водночас шина даних має ширину 8 біт, що дозволяє ефективно працювати з даними на рівні байтів. У мікроконтролерах PIC16F8x використовується концепція Гарвардської архітектури, де пам'ять для зберігання програм та даних розділена на окремі області (рис.1.14).

Таблиця 1.4а. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F819

Pin Name	PDIP/ SOIC Pin#	SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RA0/AN0 RA0 AN0	17	19	23	I/O I	TTL Analog	PORTA is a bidirectional I/O port.  Bidirectional I/O pin. Analog input channel 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	18	20	24	I/O I	TTL Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 1.
RA2/AN2/VREF- RA2 AN2 VREF-	1	1	26	I/O I I	TTL Analog Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 2. A/D reference voltage (low) input.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	2	2	27	I/O I I	TTL Analog Analog	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 3. A/D reference voltage (high) input.
RA4/AN4/T0CKI RA4 AN4 T0CKI	3	3	28	I/O I I	ST Analog ST	Bidirectional I/O pin. Analog input channel 4. Clock input to the TMR0 timer/counter.
RA5/MCLR/VPP RA5 MCLR  VPP	4	4	1	I I P	ST ST -	Input pin. Master Clear (Reset). Input/programming voltage input. This pin is an active-low Reset to the device. Programming threshold voltage.
RA6/OSC2/CLKO RA6 OSC2  CLKO	15	17	20	I/O O O	ST - -	Bidirectional I/O pin. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, this pin outputs CLKO signal which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
RA7/OSC1/CLKI RA7 OSC1 CLKI	16	18	21	I/O I I	ST ST/CMOS <sup>(3)</sup> -	Bidirectional I/O pin. Oscillator crystal input. External clock source input.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

29

Таблиця 1.4б. Призначення виводів мікроконтролера PIC16F819

Pin Name	PDIP/ SOIC Pin#	SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	6	7	7	I/O I	TTL ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.  Bidirectional I/O pin. External interrupt pin.
RB1/SDI/SDA RB1 SDI SDA	7	8	8	I/O I I/O	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. SPI™ data in. I <sup>2</sup> C™ data.
RB2/SDO/CCP1 RB2 SDO CCP1	8	9	9	I/O O I/O	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. SPI data out. Capture input, Compare output, PWM output.
RB3/CCP1/PGM RB3 CCP1 PGM	9	10	10	I/O I/O I	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. Capture input, Compare output, PWM output. Low-Voltage ICSP™ Programming enable pin.
RB4/SCK/SCL RB4 SCK SCL	10	11	12	I/O I/O I	TTL ST ST	Bidirectional I/O pin. Interrupt-on-change pin. Synchronous serial clock input/output for SPI. Synchronous serial clock input for I <sup>2</sup> C.
RB5/ $\overline{SS}$ RB5 $\overline{SS}$	11	12	13	I/O I	TTL TTL	Bidirectional I/O pin. Interrupt-on-change pin. Slave select for SPI in Slave mode.
RB6/T1OSO/T1CKI/PGC RB6 T1OSO T1CKI PGC	12	13	15	I/O O I I	TTL ST ST ST <sup>(2)</sup>	Interrupt-on-change pin. Timer1 Oscillator output. Timer1 clock input. In-circuit debugger and ICSP programming clock pin.
RB7/T1OSI/PGD RB7 T1OSI PGD	13	14	16	I/O I I	TTL ST ST <sup>(2)</sup>	Interrupt-on-change pin. Timer1 oscillator input. In-circuit debugger and ICSP programming data pin.
Vss	5	5, 6	3, 5	P	–	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	15, 16	17, 19	P	–	Positive supply for logic and I/O pins.

Це дозволяє здійснювати паралельний доступ до програмної та даних пам'яті, що значно підвищує ефективність роботи мікроконтролера. Програмна пам'ять (ПЗП) має ширину 14 біт і містить від 512 до 1024 байт, що забезпечує зберігання необхідних програмних алгоритмів та інструкцій. Для зберігання даних у мікроконтролерах передбачена пам'ять EEPROM об'ємом 64 байти, що дозволяє зберігати важливі параметри або налаштування, які можуть бути збережені на тривалий час (до 40 років).

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30



ефективного керування різними подіями у системі. Програмний лічильник мікроконтролера PIC16F8х починає свою роботу з нульової адреси пам'яті програм, що є стандартним для більшості мікроконтролерів цього сімейства. Завдяки двоступеневому конвеєру, в якому одночасно вибирається і виконується команда, мікроконтролери забезпечують високу швидкість обробки команд і ефективно виконання програм з мінімальним часом на обробку кожної.

Мікроконтролер PIC16F819 має розширену кількість виводів, які виконують різноманітні функції для забезпечення роботи в різних режимах. Він має виводи для стандартних функцій вводу/виводу, а також для спеціалізованих задач, таких як тактовий генератор, скидання та програмування. Наприклад, вивід OSC1 є входом для підключення кристала генератора або RC-ланки, а вивід OSC2 – вихід для кристала генератора. Вивід MCLR призначений для скидання мікроконтролера, а також для програмування. Порти вводу/виводу RA0-RA4 та RB0-RB7 є двонапрямленими, що дозволяє використовувати їх для різних завдань, зокрема для обробки зовнішніх переривань або керування периферійними пристроями. Крім того, ці порти можуть працювати в режимі внутрішніх активних навантажень на лінії живлення, що дозволяє налаштовувати їх для специфічних умов роботи. Порт RB0/INT може бути вибраний для підключення зовнішнього входу для переривань. PIC16F819 має 1024 байти програмної пам'яті і до 68 байт пам'яті даних. Доступ до пам'яті здійснюється через спеціальні регістри, що дозволяє гнучко керувати різними режимами роботи мікроконтролера.

Мікроконтролер PIC16F819 має вдосконалену архітектуру порівняно з попередніми моделями. Він підтримує адресацію 1024 байт програмної пам'яті та дозволяє працювати з регістрами даних як безпосередньо, так і через непряму адресацію. Ортогональна система команд забезпечує можливість використовувати однакові команди для різних операцій над регістрами, що робить програмування зручним і ефективним. В мікроконтролері також є 8-розрядний арифметико-логічний пристрій (АЛП), що дозволяє виконувати арифметичні та логічні операції з даними, збереженими в робочому регістрі W

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

або інших регістрах контролера. Це дає змогу виконувати різноманітні операції, зокрема додавання, віднімання, зсуви та логічні операції.

Мікроконтролер має кілька груп регістрів: регістри спеціального призначення та регістри загального призначення. Спеціальні регістри відповідають за керування функціями мікроконтролера, а регістри загального призначення використовуються для зберігання даних та виконання операцій. У PIC16F819 є регістри для управління таймерами, вводу/виводу (порти RA та RB), а також для роботи з пам'яттю EEPROM. Регістри конфігурації портів (TRISA і TRISB) дозволяють налаштовувати напрямок вводу/виводу для кожного піну порту. Однією з ключових особливостей PIC16F819 є можливість працювати з до 512 регістрами, включаючи спеціальні та регістри загального призначення, що забезпечує гнучкість і можливість розширеного використання в різних системах.

Регістр таймера/лічильника TMR0 (RTCC) має особливе значення в цьому мікроконтролері. Він є восьмирозрядним і може бути записаний або лічений, як звичайний регістр. TMR0 може збільшуватись за зовнішнім сигналом, що подається на вивід TOCKI, або за внутрішньою частотою, яка відповідає частоті команд. Основне використання таймера/лічильника – підрахунок зовнішніх подій та вимірювання часу. Крім того, вбудований програмований дільник дозволяє ділити вхідний сигнал для точного налаштування частоти роботи.

Мікроконтролер PIC16F819 має різноманітні спеціальні регістри, що забезпечують налаштування та контроль різних функцій системи. Розглянемо основні з них:

1. Регістр OPTION (81h). Регістр OPTION використовується для налаштування режимів роботи таймера та попереднього дільника. Він визначає джерела сигналу для попереднього дільника і таймера/лічильника, коефіцієнт розподілу попереднього дільника та активний фронт сигналу для TMR0. Також через цей регістр можуть бути увімкнені резистори навантаження для розрядів порту B, запрограмованих як входи.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2. Програмний лічильник (РС). Програмний лічильник (РС) генерує послідовність адрес для комірок ПЗП програми, які містять 14-розрядні команди. Він має розрядність 13 біт, що дозволяє прямо адресувати до 8Кх14 комірок ПЗП, але для PIC16F819 фізично доступний лише перший 1К (адреси 0000h-03FFh). Вектор скидання знаходиться за адресою 0000h, а вектор переривання — за адресою 0004h. Молодші 8 розрядів РС можна записувати та зчитувати через регістр PCL (f2), старші 5 розрядів — через регістр PCLATCH (0Ah).
3. Регістр STATUS. Регістр STATUS містить кілька бітів, що відповідають за стан мікроконтролера:
  - C (Carry) — біт переносу.
  - DC (Decimal Carry) — біт десяткового переносу.
  - Z (Zero) — біт нуля.
  - PD (Power-down) та TO (Time-out) — біти режиму включення, які вказують на стан живлення та тайм-аут.
  - RA0, RA1, RA2 — біти сторінкової адресації, що використовуються для вибору сторінок пам'яті.
4. Регістр FSR та INDF. Регістри FSR (f4) і INDF (f0) використовуються для непрямої адресації 64 можливих регістрів. Це дозволяє ефективно працювати з регістрами ОЗП, забезпечуючи зручну непряму адресацію.
5. Регістри TRISA та TRISB. Регістри TRISA (85h) та TRISB (86h) налаштовують напрямок вводу/виводу для портів А та В відповідно. Якщо в розряді регістра записано "1", то відповідний пін порту налаштовано як вхід; якщо "0" — як вихід.
6. EEPROM. Мікроконтролер PIC16F819 має вбудовану електрично перепрограмовану пам'ять (EEPROM) розміром 64 байти. Для доступу до EEPROM використовуються два регістри:
  - EEDATA (88h) — для зчитування/запису 8-бітових даних.
  - EEADR (9h) — для зберігання адреси комірки EEPROM. Окрім того, є два управляючі регістри:

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- EECON1 (88h) — керує процесами зчитування/запису в EEPROM.
- EECON2 (89h) — допомагає в контролі над записом.

7. INTCON (0Bh). Регістри INTCON служать для управління перериваннями. Вони містять біти для дозволу переривань від різних джерел, а також прапори для кожного переривання. Джерела переривань:

- Зовнішнє переривання з виводу RB0/INT (прапор INTF).
- Переривання від переповнювання таймера TMR0 (прапор RTIF).
- Переривання по завершенню запису в EEPROM (прапор EEIF).
- Переривання від змін на входах RB4-RB7 порту В (прапор RBIF).

Переривання можна заборонити за допомогою біта GIE.

8. Регістр TMR0 (RTCC). Регістр TMR0 використовується як таймер/лічильник, який може працювати на основі зовнішнього сигналу або внутрішнього годинника. Він може бути налаштований на підрахунок зовнішніх подій або вимірювання часу. Для точності використовується програмований дільник, що дозволяє змінювати частоту сигналу, що подається на TMR0.

9. Регістр W (Working Register). W-регістр використовується для збереження тимчасових даних і результатів операцій. Всі операції з даними, що виконуються в мікроконтролері, здійснюються через цей регістр або регістри пам'яті.

Мікроконтролер PIC16F819 підтримує команди різних типів:

- Байтова операція — працює з регістрами, що визначаються командою. При цьому біт "d" визначає регістр призначення результату: якщо "d" = 0, результат поміщається в W-регістр, якщо "d" = 1, результат записується в регістр f.
- Бітова операція — працює з конкретними бітами в регістрах.
- Операції з константами — використовуються для завантаження або обробки констант в програмах.

10. Регістр PORTA (f5) та PORTB (f6). Регістри PORTA та PORTB використовуються для взаємодії з портами вводу/виводу А та В відповідно.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен з цих регістрів містить значення, яке відображає поточний стан виводів:

- PORTA (f5) містить 5 бітів (PA0-PA4), які можуть бути запрограмовані як входи або виходи через відповідний регістр налаштування TRISA.
- PORTB (f6) містить 8 бітів (PB0-PB7), які також можуть бути налаштовані як входи або виходи через регістр TRISB.

PORTA та PORTB також дозволяють здійснювати операції зчитування стану портів, при цьому:

- При зчитуванні значення з порту, буде виведено поточний стан пінів.
- При записі значення на порт, воно потрапить до відповідного буферного регістра, а не безпосередньо на виходи.

11.Регістр TMR0 (f2). Регістри TMR0 використовується як 8-розрядний лічильник або таймер. Вони можуть бути налаштовані для роботи в різних режимах і підрахунку подій:

- Таймер може працювати від внутрішнього або зовнішнього джерела тактового сигналу.
- У разі переповнення таймера відбувається переривання, і прапор TMR0IF в регістрі INTCON буде встановлений в одиницю.

12.Регістр PCL (f2). Регістр PCL є спеціальним регістром, що використовується для збереження старших 8 бітів програмного лічильника PC. Цей регістр дозволяє програмісту зчитувати та записувати значення нижчих 8 бітів програмного лічильника, що дає можливість динамічно змінювати поточну адресу виконуваної програми, тим самим реалізуючи механізм безперервного виконання або переходу по іншим частинам коду.

13.Регістр PCLATH (f9). Регістри PCLATH містять старші біти програмного лічильника для збереження адреси, що дозволяє здійснювати повну 13-розрядну адресацію пам'яті мікроконтролера. Це важливо, коли потрібно здійснити прямий перехід за межі першого 1К-блоку ПЗП, де міститься програма.

14.Регістр CON (TMR1). TMR1 є додатковим таймером, доступним в

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

мікроконтролері, який має власні регістри для налаштування і роботи. Цей таймер може працювати на основі зовнішнього сигналу або інтернального тактового джерела, а також з можливістю активувати переривання по переповненню.

15.Регістри EECON1 та EECON2 (EEPROM Control Registers). Окрім описаного раніше доступу до EEPROM, регістри EECON1 та EECON2 контролюють процес запису в пам'ять EEPROM.

- EECON1 містить важливі біти для контролю над записом та зчитуванням (бит RD для читання, WR для запису).
- EECON2 використовується для додаткового управління процесом запису, забезпечуючи додаткові операції синхронізації.

16.Регістр RC (Watchdog Timer). В мікроконтролері також є регістри, які контролюють роботу таймера Watchdog (WDT). Це допоміжний механізм, що використовується для автоматичного скидання мікроконтролера при зависанні або збої в програмі, забезпечуючи безперервну та стабільну роботу системи. Управління ним здійснюється через регістри WDT (Watchdog Timer).

17.Регістр T1CON (TMR1 Control). Регістри T1CON управляють функцією таймера TMR1, дозволяючи налаштовувати частоту, джерело тактового сигналу, переривання, а також вмикати/вимикати сам таймер.

18.Регістр ADRESH та ADRESL. Для мікроконтролера з підтримкою аналого-цифрового перетворювача (ADC) є спеціальні регістри, які відповідають за зчитування значень з аналогового входу. Регістри ADRESH та ADRESL відповідають за старші та молодші біти результату перетворення.

Мікроконтролер PIC16F819 має велику кількість спеціальних регістрів, що забезпечують високу гнучкість і контроль за різними аспектами роботи системи. Вони дозволяють налаштовувати роботу портів вводу/виводу, таймерів, переривань, пам'яті EEPROM, а також мають різноманітні функції для зчитування та обробки даних. Це робить PIC16F819 потужним інструментом для реалізації складних задач у вбудованих системах.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 1.8 Розробка структурної схеми цифрового вольтметра-індикатору

Цифровий вольтметр з аналого-цифровим перетворювачем на основі подвійної інтеграції (рис. 1.15) є типічним представником пристроїв для вимірювання напруги, що застосовують принцип інтеграції вхідної напруги. Основна структура цифрового вольтметра складається з наступних ключових компонентів:

- Вхідний пристрій (датчик напруги), який забезпечує подачу вимірюваної напруги на вхід інтегратора;
- Електронний перемикач, що перемикає вхід між вхідною напругою і опорною напругою в залежності від етапу інтеграції;
- Інтегратор, який здійснює лінійну інтеграцію вхідної напруги в першій фазі та опорної напруги в другій фазі;
- Компаратор, який визначає момент завершення інтеграції і подає сигнал на тригер;
- Тригер, який фіксує момент завершення другого етапу інтеграції та генерує імпульси для подачі на часовий селектор;
- Генератор високочастотних імпульсів, який використовується для підрахунку кількості імпульсів в часовому селекторі. Кількість імпульсів пропорційна вимірюваній напрузі;
- Цифровий індикатор, який відображає кількість імпульсів і тим самим відображає вимірювану напругу.

На початку циклу пристрій управління генерує прямокутний імпульс тривалістю  $T_1$ , що подається на електронний перемикач. Протягом цього імпульсу вхідна напруга подається на інтегратор, що ініціює перший етап інтеграції. На виході інтегратора починає накопичуватися напруга, пропорційна вхідній напрузі. Крутість цієї напруги є лінійною функцією від вхідної напруги  $U_x$ . Коли імпульс  $T_1$  завершується, тригер змінює свій стан, і електронний перемикач перемикає інтегратор на опорну напругу. Починається друга фаза інтеграції, де напруга на виході інтегратора зменшується лінійно.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

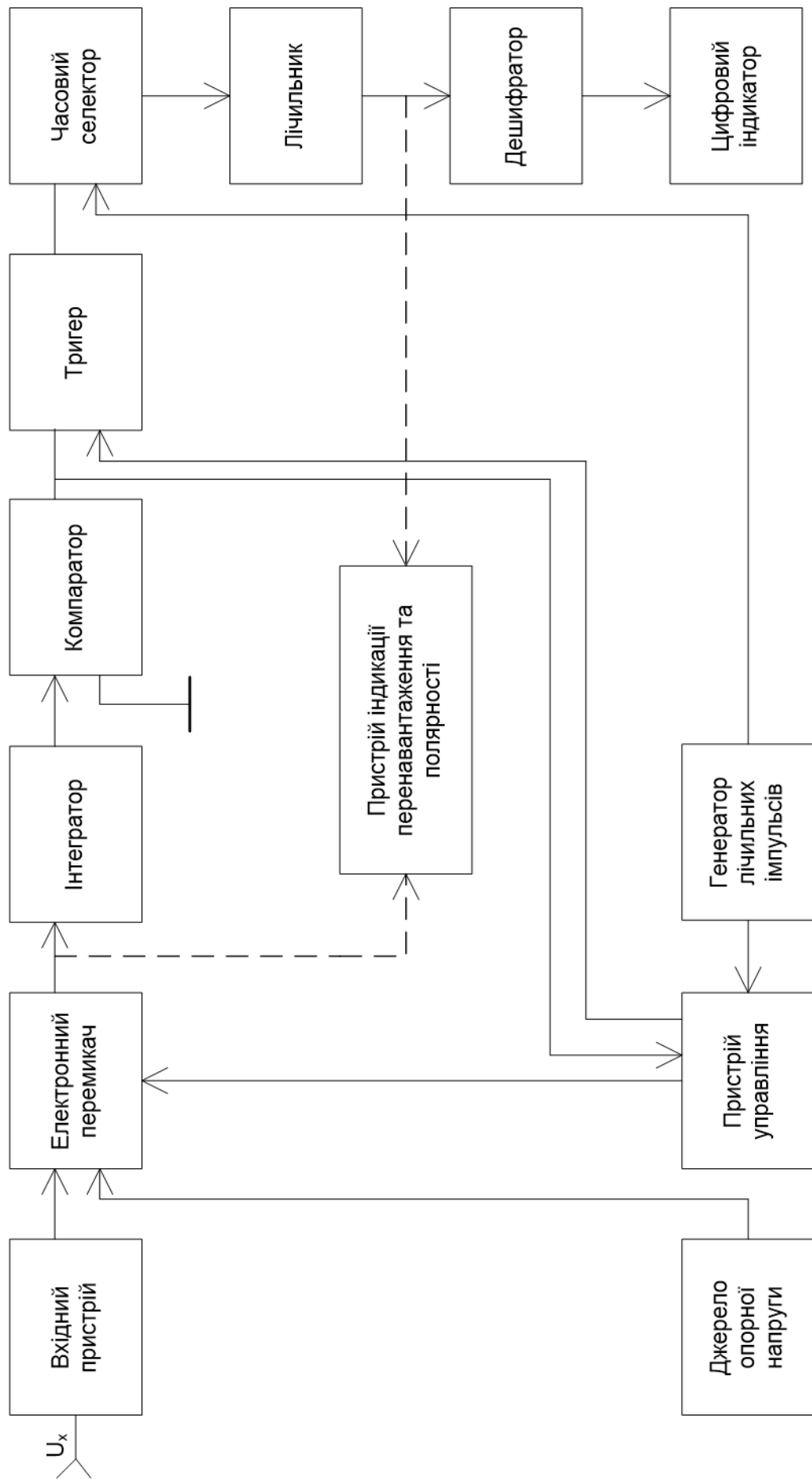


Рисунок 1.15. Структурна схема цифрового вольтметра-індикатору

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

39

Цей процес продовжується до моменту, коли напруга на виході інтегратора стає рівною нулю, що фіксується компаратором.

У цей момент тригер змінює свій стан, і він починає генерувати високочастотні імпульси, що подаються на часовий селектор. Кількість імпульсів, що приходять на часовий селектор, пропорційна вхідній напрузі. Ці імпульси використовуються для підрахунку часу, який відповідає вимірюваній напрузі. Кількість імпульсів після кожного циклу перетворення відображає значення напруги, яке виводиться на цифровий індикатор.

Структурна схема вольтметра з подвійною інтеграцією дозволяє точно вимірювати напругу, оскільки точність вимірювання залежить від кількості імпульсів, які згенеровані високочастотним генератором. Кількість імпульсів безпосередньо залежить від тривалості імпульсу  $T_1$  та вхідної напруги, що забезпечує лінійну залежність між показаннями вольтметра і реальним значенням вимірюваної напруги. Починається перший такт інтеграції “вгору”, при якому вихідна напруга інтегратора зростає по лінійному закону:

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} U_{\text{вх}} \cdot dt ; \quad (1.1)$$

де  $U_{\text{вих}}$  – напруга на виході інтегратора, В;

$R$  – опір, Ом;

$C$  – ємність конденсатора, Ф;

$U_{\text{вх}}$  – вхідна напруга, В;

$t_1$  – початковий момент інтеграції (момент появи фронту імпульсу  $T_1$ );

$t_2$  – кінцевий момент інтеграції.

Крутість цієї напруги пропорційна вхідній напрузі  $U_{\text{х}}$ . У момент  $t_1$  (рис.1.16), коли настало закінчення першого імпульсу, тригер із стану «0» перекидається в стан «1», а електронний перемикач відключає вхідну напругу від інтегратора і до інтегратора підключається джерело опорної напруги.

Напруга на компараторі залишається рівною «1» і починається другий такт інтеграції “вниз”, оскільки джерело опорної напруги має протилежну полярність по відношенню до вимірюваної напруги.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруга на виході інтегратора лінійно убуває і у момент  $t_2$ , коли напруга на виході інтегратора буде рівна «0», компаратор перемкнеться із стану «1» в стан «0». І в цей же момент тригер закриється, тобто на його виході буде стан «0». Під час другого такту, коли тригер відкритий, через нього проходять імпульси високої частоти на часовий селектор, тобто в часовому селекторі імпульс, який приходить з тригера, заповнюється імпульсами високої частоти, що приходять з генератора тактової частоти. Ця кількість імпульсів пропорційна вимірюваній напрузі. Початок наступного циклу задається фронтом імпульсу  $T_1$ .

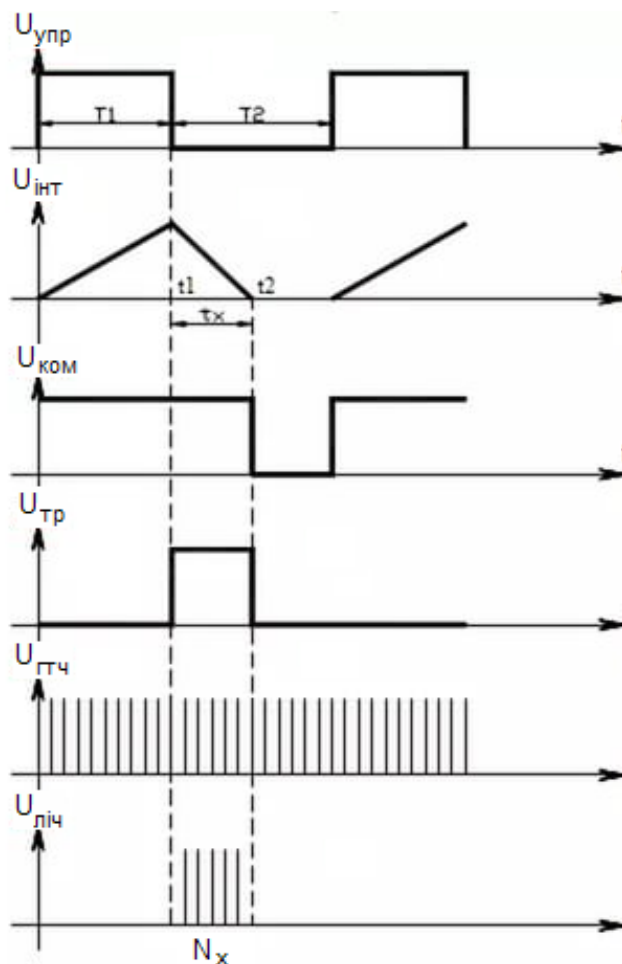


Рисунок 1.16. Графіки, що пояснюють принцип роботи вольтметра-індикатору

## 1.9 Визначення параметрів вольтметра-індикатору

Напруга на виході інтегратора при інтеграції «вгору» в довільний момент часу (початок відліку часу – момент появи фронту імпульсу тривалістю  $T_1$ ):

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{R \cdot C} \int_0^t U_x \cdot dt = \frac{U_x \cdot t}{R \cdot C}; \quad (1.2)$$

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

де  $RC$  – постійна часу інтегратора;  $t$  – незалежна змінна величина (час).

В кінці інтервалу інтеграції напруга на виході інтегратора:

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{U_x T_1}{RC};$$

При інтеграції “вниз”:

$$U_{\text{вих}}(t) = U_{\text{вих}}(T_1) - \frac{1}{RC} \int_{T_1}^t U_{\text{оп}} \cdot dt;$$

У момент  $t_2 = T_1 + tx$  з урахуванням (1.2) маємо:

$$U_{\text{вих}}(t_2) = \frac{U_x T_1}{RC} - \frac{1}{RC} \int_{T_1}^{T_1+tx} U_{\text{оп}} \cdot dt = \frac{1}{RC} (U_x T_1 - U_{\text{оп}} \cdot tx); \quad (1.3)$$

Розрахунок часу для повного циклу інтеграції:

Момент закінчення інтеграції на виході інтегратора, коли напруга стає рівною нулю, можна виразити через час  $t_i$ :

$$t_i = \frac{RC}{U_{\text{вх}}} \cdot U_{\text{оп}} \quad (1.4)$$

У цьому випадку час інтеграції в межах заданої точності для максимального значення напруги 99,9 В обчислюється таким чином, щоб забезпечити точність вимірювання  $\pm 0,1$  В.

Для досягнення точності вимірювання  $\pm 0,1$  В, на кожну одиницю вхідної напруги повинно бути подано 10000 імпульсів, що дає нам 3 індикатора для відображення значення вольтметра. Це означає, що за кожний вольт вхідної напруги необхідно буде отримати 10000 імпульсів від генератора.

Частота лічильних імпульсів буде визначатися періодом імпульсу  $T_1$ , який є критичним параметром для вимірювання точності вольтметра. Якщо максимальний час інтеграції  $T_1$  встановлюється на рівні 0,02 с (що відповідає одному періоду коливання для частоти  $f = 50$  Гц), то частота лічильних імпульсів, що надходять від генератора, визначатиметься рівнянням:

$$f_{\text{імп}} = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Гц} \quad (1.5)$$

Розрахунок частоти управляючого імпульсу:

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Частота управляючого імпульсу для генерації імпульсів на часовий селектор обчислюється за допомогою періоду  $T_1$  і заданої частоти імпульсів для визначення кількості імпульсів в межах одного циклу інтеграції. Для цього використовують рівняння:

$$f_{\text{упр}} = \frac{N_{\text{імп}}}{T_1} = \frac{10000}{0,02} = 500000 \text{ Гц} \quad (1.6)$$

## 1.10 Розробка принципової електричної схеми цифрового вольтметра-індикатора

Принципова електрична схема цифрового вольтметра-індикатора, представлена на рис. 1.17, забезпечує вимірювання постійної напруги в діапазоні від 0 до 99,9 В. Вона базується на використанні мікроконтролера з вбудованим аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП), який перетворює вхідну напругу на цифровий сигнал для подальшої обробки та відображення на індикаторі. Розглянемо докладно роботу схеми та її елементів, включаючи вхідний ланцюг та схему живлення.

Вимірювана напруга подається на контакт 9. Вимірювана напруга не повинна перевищувати 100 вольт. Для вимірювання напруги використовуватимемо вхід AN0. За допомогою перемичок R20 і R18 конфігуруємо вхідний ланцюг. У якості дільника вхідної напруги використовуватимемо резистори R1 і R2. Співвідношення 20/1 дозволить нам вимірювати постійну напругу до 100 вольт. У якості опорної напруги використовуватимемо напругу стабілізатора живлення контролера.

Живлення подається на контакти 1,2 з'єднувача, контакти 3,4 використовуються для підключення індикатора або виконавчого пристрою.

У обраному мікроконтролері PIC16F819 вбудований 10-розрядний АЦП, що означає, що обраний діапазон опорної напруги 5 В він «розділить» на 1024 значення. Тобто, якщо на вхід контролера AN0 подавати напругу від 0 до 5 В, то з регістрів АЦП ADRESH і ADRESL можна зчитати значення від 0 до 1023. Відповідно вагове значення одного розряду АЦП складе  $5/1024 = 0,0048828125$  В.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Для обчислення напруги необхідно набути значення АЦП помножити на 0,0048828125. Наприклад, при вимірюванні отримано значення 359. Для обчислення напруги необхідно  $359 \cdot 0,0048828125 = 1,7529296875 \approx 1,8$  В.

Вимірювана напруга подається на контакт 9 з'єднувача схеми. Важливо зазначити, що напруга на цьому вході не повинна перевищувати 100 В для правильного функціонування схеми. Для вимірювання напруги вище 5 В використовується вхідний дільник на резисторах R1 і R2 (рис.1.18). Обрано R2=10 кОм, вхідні ланцюги АЦП вимагають, щоб джерело мало опір не нижче 10 кОм. А в цілях зменшення вхідного струму можна взяти максимальне значення. R1 обрано рівним = 200 кОм для забезпечення необхідного діапазону вхідної напруги. Коефіцієнт ділення  $200/10=20$ . Це означає, що напруга, яка поступає на вхід дільника, буде зменшена на його виході в 20 разів. При максимальній вхідній напрузі на вході контролера 5 В можна буде вимірювати напругу  $5 \cdot 20=100$  В. Якщо обрати для індикації мінімальне значення 0,1 В, то діапазон відображуваних значень складе від 0,1 до 99,9 В.

Для вимірювання змінної напруги необхідно на вхід додати випрямний діод і змінити вхідний дільник, але в даному проекті створення вольтметра змінного струму розглядуватися не буде.

Для живлення контролера використовується стабілізатор 78L05 з максимальною вхідною напругою до 35 В (рис.1.19). Необхідно прийняти заходи по захисту стабілізатора від кидків напруги і від імпульсів зворотної полярності.

Для захисту застосовується ланцюг із стабілітрона Z2, резистора R22 і діода D4. Діод захищає від негативної напруги або від неправильного підключення. Резистор призначений для гасіння напруги, яка перевищує напругу стабілізації стабілітрона Z2.

Для формування управляючого сигналу використовується вивід порту RB0. Цей вивід управлятиме транзистором. У колектор транзистора можна підключити реле (для цього встановимо захисний діод) або світлодіод для сигналізації відхилення напруги від норми або управління зовнішніми пристроями.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

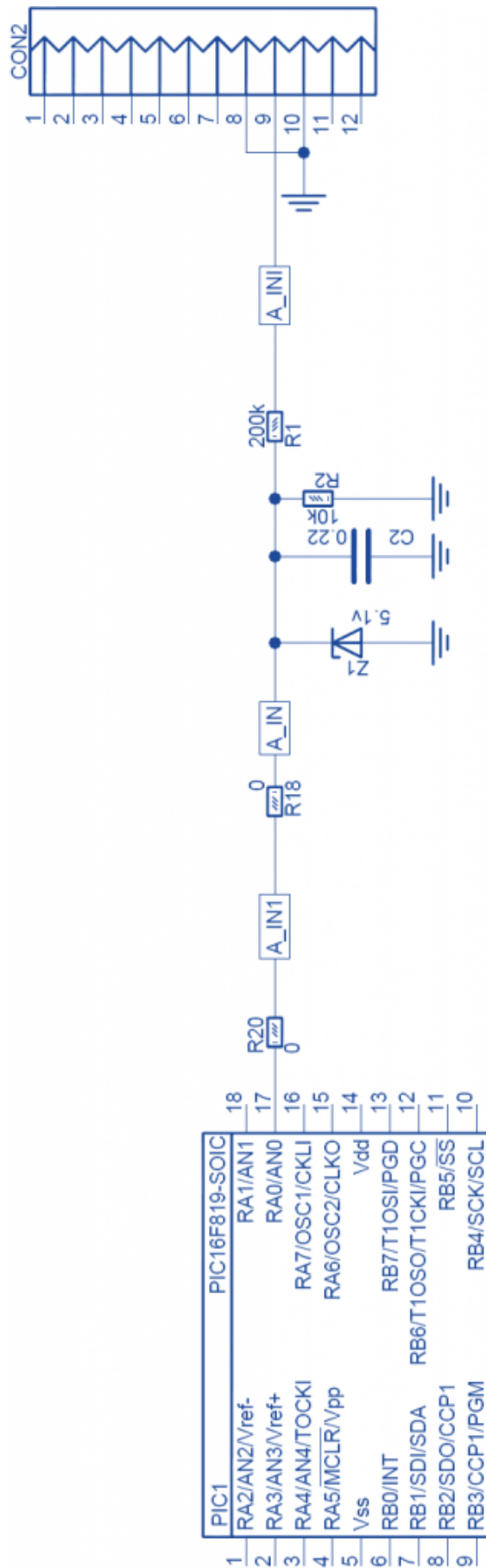


Рисунок 1.18. Вхідний ланцюг цифрового вольтметра-індикатора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

46



Можливість вимірювання напруги дозволяє також реалізувати її контроль. Для формування керуючого сигналу використовується вивід порту RB0 мікроконтролера. Цей вивід призначений для генерування керуючого сигналу на основі виміряного значення напруги. Вивід керує транзистором, до колектора якого можна під'єднати реле, світлодіод або звуковий сигналізатор (бузер). Це дає можливість подавати сигнал про відхилення напруги від норми або здійснювати керування зовнішніми пристроями. Для захисту транзистора від індуктивних стрибків напруги, які можуть виникати під час комутації реле, використовується захисний діод, підключений паралельно реле. Таким чином, схема забезпечує контроль рівня напруги та може керувати виконавчими пристроями у разі потреби.

## **1.11 Розробка програмного забезпечення вольтметру-індикатору**

### **1.11.1 Розробка алгоритму проведення вимірювань**

Управління роботою цифрового вольтметру-індикатору для визначення напруги постійного струму відбувається за допомогою мікроконтролера. Послідовність дій мікроконтролера задає програма, записана у його внутрішній пам'яті. Блок-схема алгоритму проведення вимірювань наведена на рис.1.20.

Програма, розроблена для вольтметра-індикатора, окрім функції вимірювання напруги та виведення його значення на індикатор, реалізує функції контролю напруги. Для цього на порти мікроконтролера підключено кнопки управління, які дозволяють змінювати параметри роботи пристрою та калібрувальні константи безпосередньо під час експлуатації. Програма забезпечує вимірювання напруги шляхом обробки аналогового сигналу на вході мікроконтролера і перетворення його в цифровий формат за допомогою внутрішнього аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Далі отримане значення напруги обробляється і виводиться на світлодіодний індикатор для відображення. Мікроконтролер контролює величину напруги та формує керуючі сигнали у випадку її відхилення від заданих меж.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

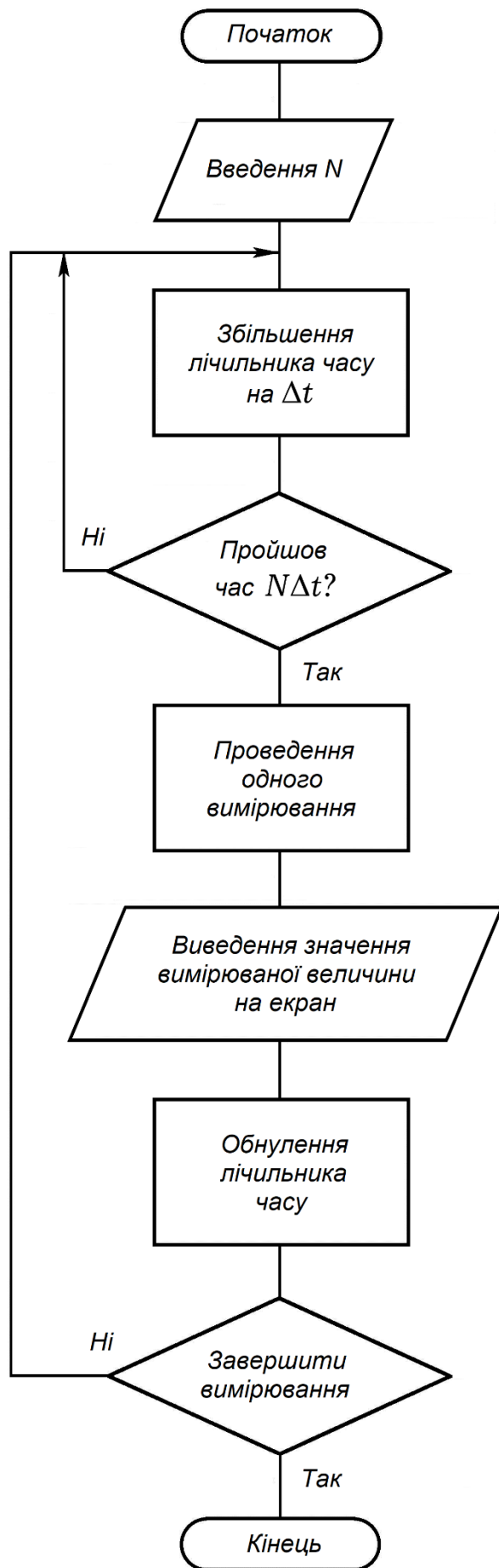


Рисунок 1.20. Блок-схема алгоритму проведення вимірювань

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

49

Вивід порту RB0 використовується для керування транзистором, який може комутувати реле або інший виконавчий механізм. Наприклад, якщо напруга виходить за межі встановлених значень, програма може активувати реле або подати сигнал на світлодіод чи буюер, сповіщаючи про аварійну ситуацію. Для зберігання налаштувань пристрою в енергонезалежній пам'яті використовується внутрішня EEPROM мікроконтролера. Це дозволяє зберігати параметри, такі як пороги напруги та калібрувальні константи, навіть після вимкнення живлення. Для налаштування параметрів роботи пристрою передбачено використання кнопок, підключених до порту "В" мікроконтролера. Кнопки дозволяють змінювати порогові значення напруги, калібрувальні дані та інші параметри. Програма реагує на натискання кнопок, забезпечуючи інтуїтивне налаштування пристрою користувачем.

Цифровий вольтметр-індикатор починає свою роботу при подачі напруги живлення (рис.1.21). Після подання живлення відбувається ініціалізація мікроконтролера, дисплея, портів. Перед початком роботи відбувається скидання для очистки даних, що зберігаються у регістрах. Далі відбувається очікування проходження сигналу через нуль. Якщо  $U_{вх}=0$ , відбувається зведення до квадрату 128 послідовних відліків  $U_{m1}$  і запис отриманих значень до масиву  $M1$ . Виконується розгалуження програми: якщо значення у масиві  $M1$  менше 128, то продовжується запис у масив  $M1$  із знаком плюс, а якщо значення у масиві дорівнюють 128, то відбувається очікування проходження сигналу через нуль. Далі відбувається зведення до квадрату 128 послідовних відліків  $U_{m2}$  і запис отриманих значень до масиву  $M2$ . Якщо значення у масиві  $M2$  менше 128, то продовжується запис у масив  $M2$  із знаком мінус, а якщо значення у масиві дорівнюють 128, то відбувається очікування проходження сигналу через нуль. Після цього відбувається складання значень двох масивів  $M1+M2$  і знаходження кореня отриманого результату. Виконується ділення на 256 відліків. Далі відбувається скидання даних з індикації та виведення отриманого результату на індикатор. Нове опитування пристрою відбувається через 2 секунди з команди "Початок вимірювання" і цей цикл повторюється знову (Додаток А).

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

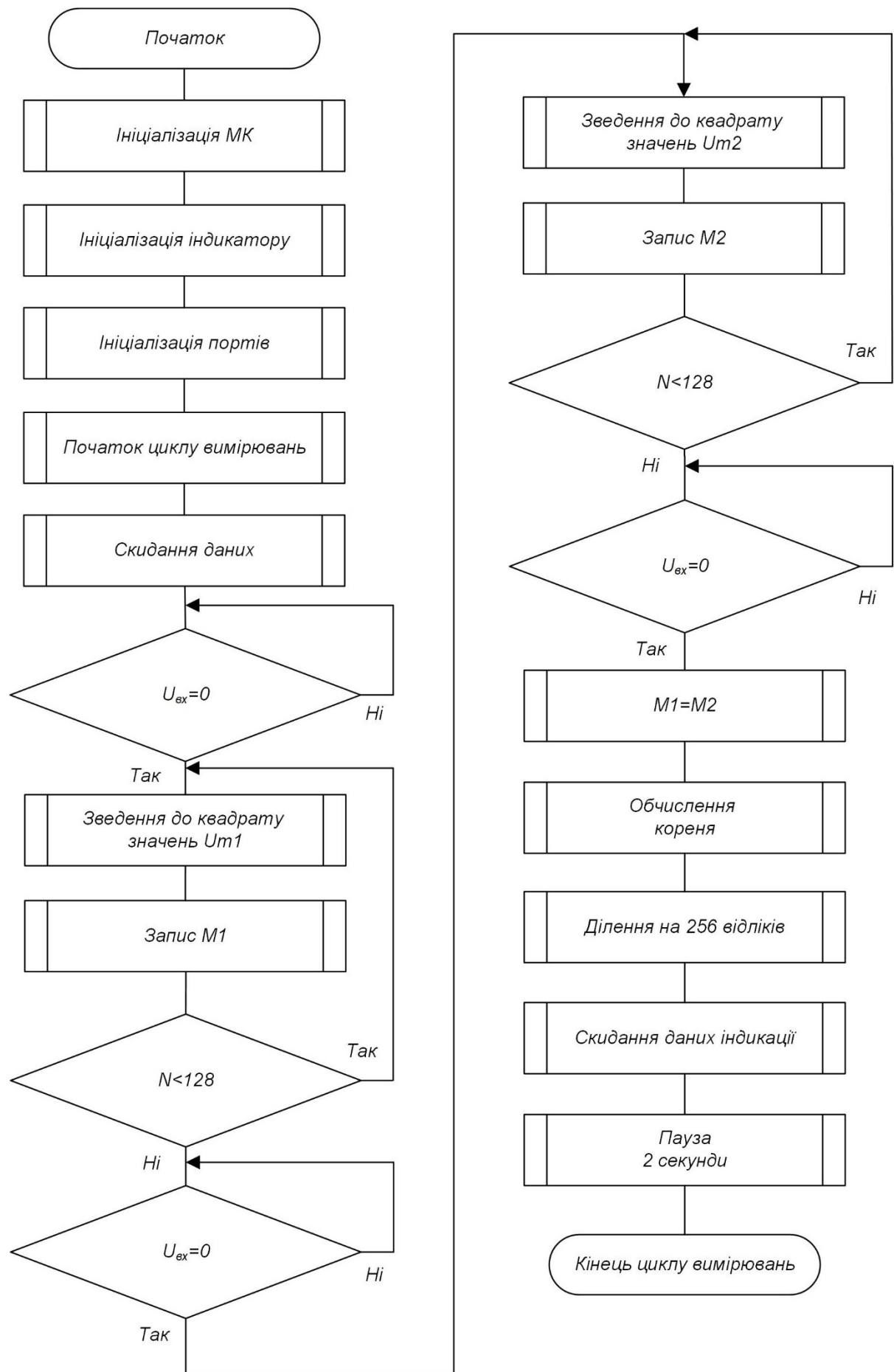


Рисунок 1.21. Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера приладу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 1.11.2 Розробка алгоритму програмування мікроконтролера

При вмиканні цифрового вимірювального пристрою спрацьовує вбудований алгоритм скидання мікросхеми. Значення всіх регістрів встановлюється у початковий стан, забороняється обробка переривань. Потім починається виконання прошитої програми, текст якої наведено у Додатку А.

Для написання програмного забезпечення використовувалася мова асемблера, яка є низькорівневою мовою програмування, що дозволяє отримати максимальний контроль над ресурсами мікроконтролера. Програмування здійснювалося за допомогою інтегрованого середовища розробки MPLAB IDE v8.83, яке надає всі необхідні засоби для написання, компіляції та відладки програм для мікроконтролерів серії PIC.

MPLAB IDE дозволяє зручно розробляти програму, виконувати емуляцію її роботи та програмувати мікроконтролер безпосередньо на платі. Вибір середовища MPLAB IDE зумовлений його широкою підтримкою мікроконтролерів Microchip, а також наявністю інтеграції з програматорами й відладчиками, що спрощує процес налагодження та тестування програм.

Програмування мікроконтролера PIC можна виконувати безпосередньо на платі за допомогою програматорів, що підтримують внутрисхемне програмування (ICSP). Для цього можна використовувати такі програматори, як MPLAB ICD3 або PICkit 3, які також підтримують функції налагодження програми на рівні апаратури. Це дає можливість перевіряти роботу програми в реальному часі, вносити виправлення та аналізувати роботу пристрою безпосередньо під час тестування.

Узагальнена блок-схема алгоритму програмування (прошивки) мікроконтролера у вимірювальному приладі для визначення напруги постійного струму наведена на рис.1.22. Організовано два буфера для приймача і передавача USART. Коли дані приймаються від програматору, спрацьовує переривання і прийнятий байт записується в буфер приймача, потім відбувається витягання і обробка. За таким же принципом влаштований і передавач.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

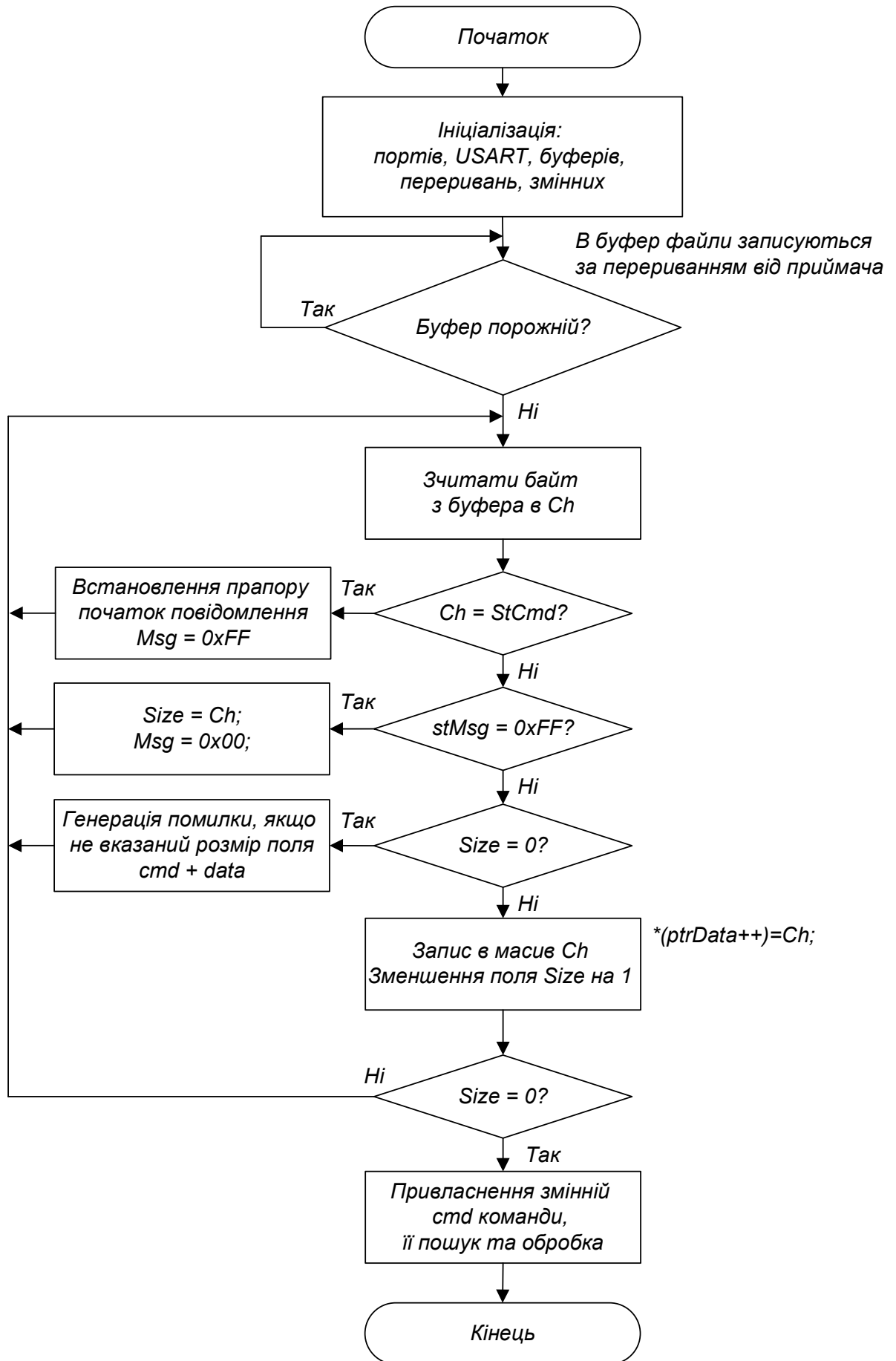


Рисунок 1.22. БСА програмування (прошивки) мікроконтролера приладу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Переповнювання буфера можливо, якщо завантаження в масив здійснюється швидше, ніж витягання, тому запуск відбувається по переповнюванню таймера 0. Використання буферів прискорить роботу мікроконтролера, не буде порожніх простоїв в очікуванні передачі, прийому команди. Алгоритм відправки повідомлення до мікроконтролера представлений на рис. 1.23.

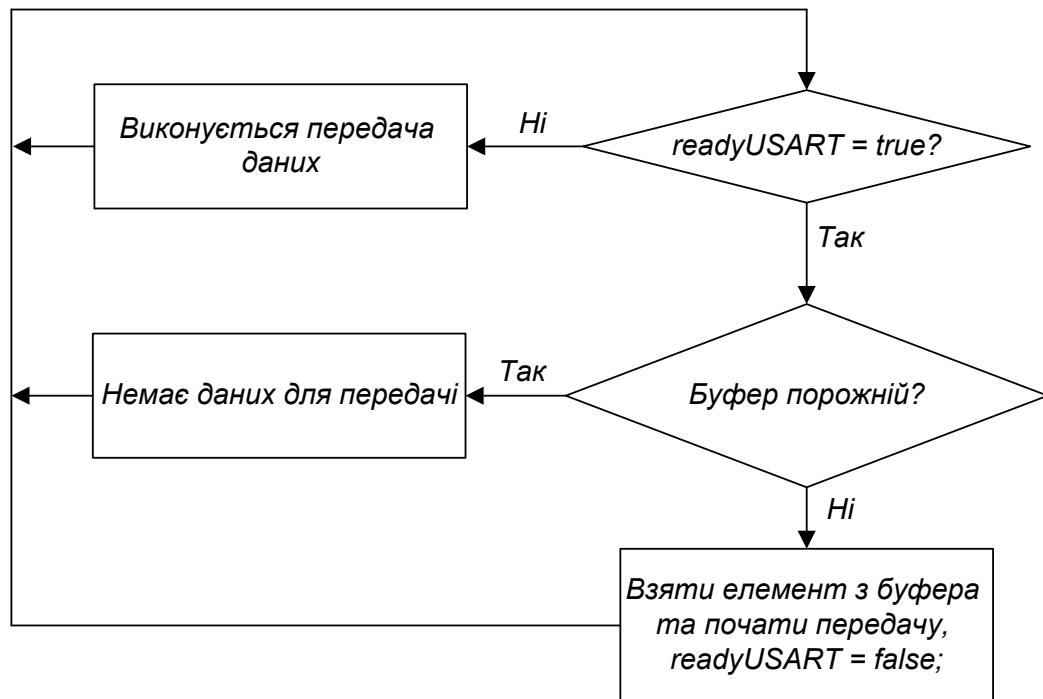


Рисунок 1.23. Фрагмент БСА відправки повідомлення до мікроконтролера

Прапор готовності встановлюється лише тоді, коли нічого передавати. У програмі відбувається періодична перевірка на готовність прапора "readyUSART" і порожнечу буфера. Якщо прапор "readyUSART" встановлений в "0", то відбувається передача даних. У підпрограмі переривання теж виконується перевірка на порожнечу буфера. Якщо він порожній, то передавати нічого і встановлюється прапор "readyUSART" в "1". У основному коді програми виконується перевірка на цей прапор і на порожнечу буфера. Якщо вони не встановлені у "0", то починається передача даних. Розроблене програмне забезпечення для вольтметра-індикатора реалізує всі необхідні функції для вимірювання та контролю напруги. Використання мови асемблера дозволило отримати високий рівень контролю над апаратними ресурсами мікроконтролера.

## 1.12 Налаштування та калібрування вольтметра-індикатору

Створений цифровий вольтметр-індикатор на базі мікроконтролера призначений для індикації та контролю напруги постійного струму у діапазоні (рекомендований) від 0,1 до 99,9 вольт. Він дозволяє працювати у трьох режимах: індикатор, контроль виходу напруги за допустимий діапазон, контроль наявності напруги у встановленому діапазоні. Контролер дозволяє ввести затримку включення функції автоконтролю з моменту подачі напруги.

Контролер має функцію калібрування, що дозволяє при застосуванні вхідного дільника змінити діапазон вимірювань, а також при необхідності вимкнути індикацію десяткової точки (для індикації у діапазоні 0 – 999).

Вимірювальний прилад можливо використовувати і для індикації змінної напруги. Для цього на вхід підключається випрямляч і калібрується за еталонним приладом. Індикацію можна розширити до 999 вольт (відключається десяткова точка, встановлюється зовнішній дільник та виконується калібрування).

Для живлення приладу може бути використана напруга постійного струму 7...20В. Струм навантаження вихідного ключа не повинен перевищувати 30 мА. При вмиканні живлення відбувається діагностика вимірювального приладу, при цьому з ПЗП зчитуються налаштування користувача і завантажуються у оперативну пам'ять. Виконується контроль записаних у ПЗП даних. Після цього контролер готовий до роботи. Якщо при діагностиці не виявлено помилок, то починається процес контролю напруги.

Калібрування вольтметра-індикатора є важливим етапом для забезпечення точності вимірювань. Дотримуючись вищезазначених етапів та використовуючи еталонний вимірювальний прилад вищого класу точності, можна звести похибки до мінімуму. Правильне налаштування верхнього значення діапазону та вибір точки зміни індикації забезпечують стабільну роботу вольтметра та точність вимірювань навіть у складних умовах експлуатації.

Для налаштування параметрів та керування використовується три кнопки (рис.1.24).

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55



Рисунок 1.24. Кнопки налаштування параметрів та керування

При одноразовому натисканні клавіші величина збільшується або зменшується на одиницю. При утриманні відбувається автонабір – чим довше утримання клавіші, тим швидше автонабір.

У контролер вимірювального приладу вбудовані такі функції:



– функція вибору режимів роботи: індикатор, контроль наявності напруги у встановленому діапазоні, контроль виходу напруги за дозволені межі.

Функції контролю параметрів:



– верхній аварійний рівень контролю напруги;



– нижній аварійний рівень контролю напруги;



– час затримки сигналу контролю напруги;



– час затримки зняття сигналу контролю напруги;





– режим калібрування вольтметра;



– режим індикації.

Меню налаштування регулятора працює за таким принципом: при

натисканні на клавіші  та  відбувається кругове виведення на індикатор функцій регулятора ліворуч та праворуч.

На рис. 1.25 наведено візуальне представлення вибору функцій контролера.

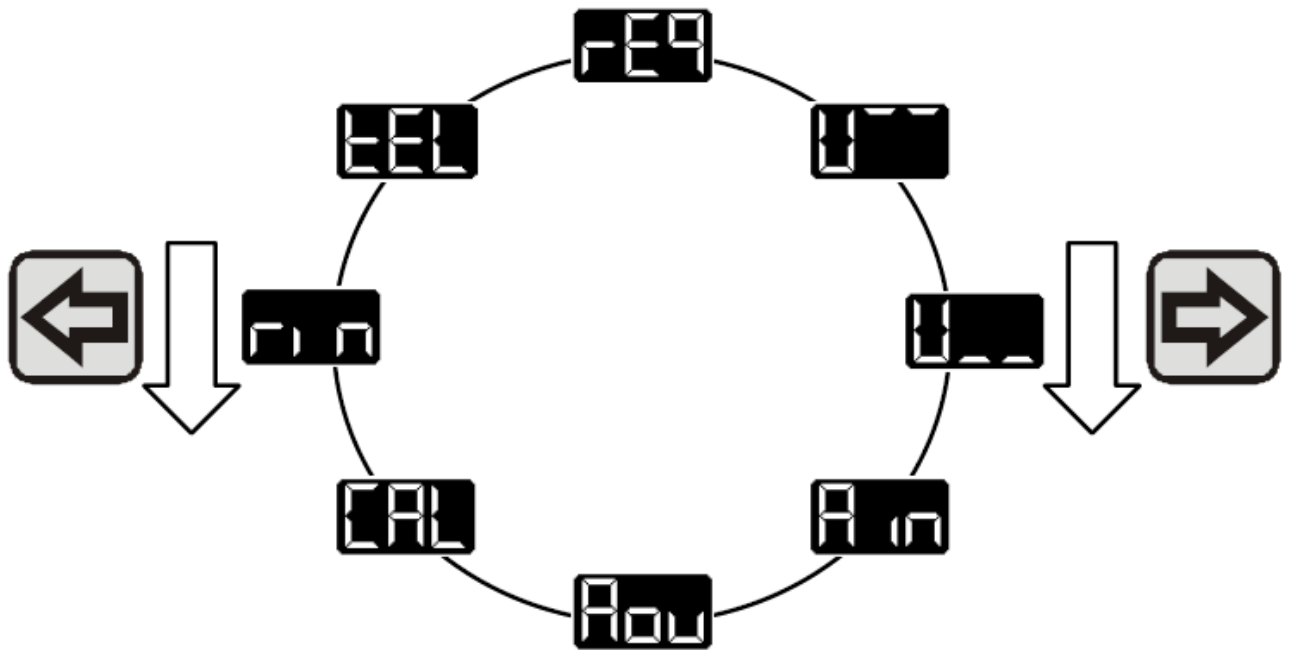



Рисунок 1.25. Вибір функцій контролера вимірювального приладу


Вибір функцій починається з режиму . Для налаштування контролера вимірювального приладу треба вибрати потрібну функцію та

натиснути клавішу . На індикаторі з'явиться її значення. Далі

клавішами  та  треба встановити необхідну величину параметра.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата





Щоб перейти до меню вибору функцій треба натиснути клавішу . Для вибору нової функції треба повторити вказані дії. Вихід із меню налаштування відбувається автоматично через 7 секунд.

Для налаштування контролера вимірювального приладу іншим методом



треба натиснути клавішу , після чого контролер відразу увійде до



параметра  і покаже стан режиму роботи (наприклад  – режим індикатора напруги). При цьому індикація назви параметра буде



пропущена. Натисненням клавіш  і  можна обрати режим роботи



регулятора. Після ще одного натиснення клавіші  регулятор виведе на




індикатор функцію . Після ще одного натиснення клавіші  на



індикаторі з'явиться її значення, наприклад





При наступному натисканні кнопки  буде виведено наступний параметр, а потім його значення. У момент індикації назви функції



клавішами  і  можна обрати функцію та напрямок обертання




меню. У момент індикації параметра клавiшами  і  можна змінити його значення.

При налаштуванні режиму роботи контролера відображується функція


. При натисненні клавiші  і встановленні клавiшами 


і  параметру  вимірювальний прилад буде налаштований як

індикатор напруги; параметру  – при використанні контролера для

формування сигналу напруга «у нормі»; параметру  – для формування сигналу напруга «не у нормі».


При використанні вимірювального приладу для контролю стану напруги необхідно задати рівні контролю напруги, при переході яких формуватиметься необхідний сигнал. Контролер можна запрограмувати так, щоб він замикав



контакт реле, коли напруга буде у нормі , або навпаки контролер

замикатиме реле коли напруга виходить за дозволені межі . При

формуванні сигналів управління можна запрограмувати затримки на подачу сигналу та його зняття.

При завданні верхньої контрольної точки напруги відображується функція

. Вона використовується для контролю перевищення порога напруги, визначеної користувачем. Щоб встановити верхню контрольну точку, треба

вибрати функцію , для чого треба двічі натиснути клавiшу 





або увійти у режим завдання, обравши її через натискання клавіш



і  , треба натиснути



клавішу та за допомогою клавіш  і  встановити потрібну

напругу. Неможливо встановити верхній рівень нижче нижнього рівня.

При завданні нижньої контрольної точки напруги відображується функція



. Вона використовується для контролю зниження напруги нижче порога, визначеної користувачем. На діаграмі напруга/час контрольні рівні можна подати наступним чином (рис. 1.26).

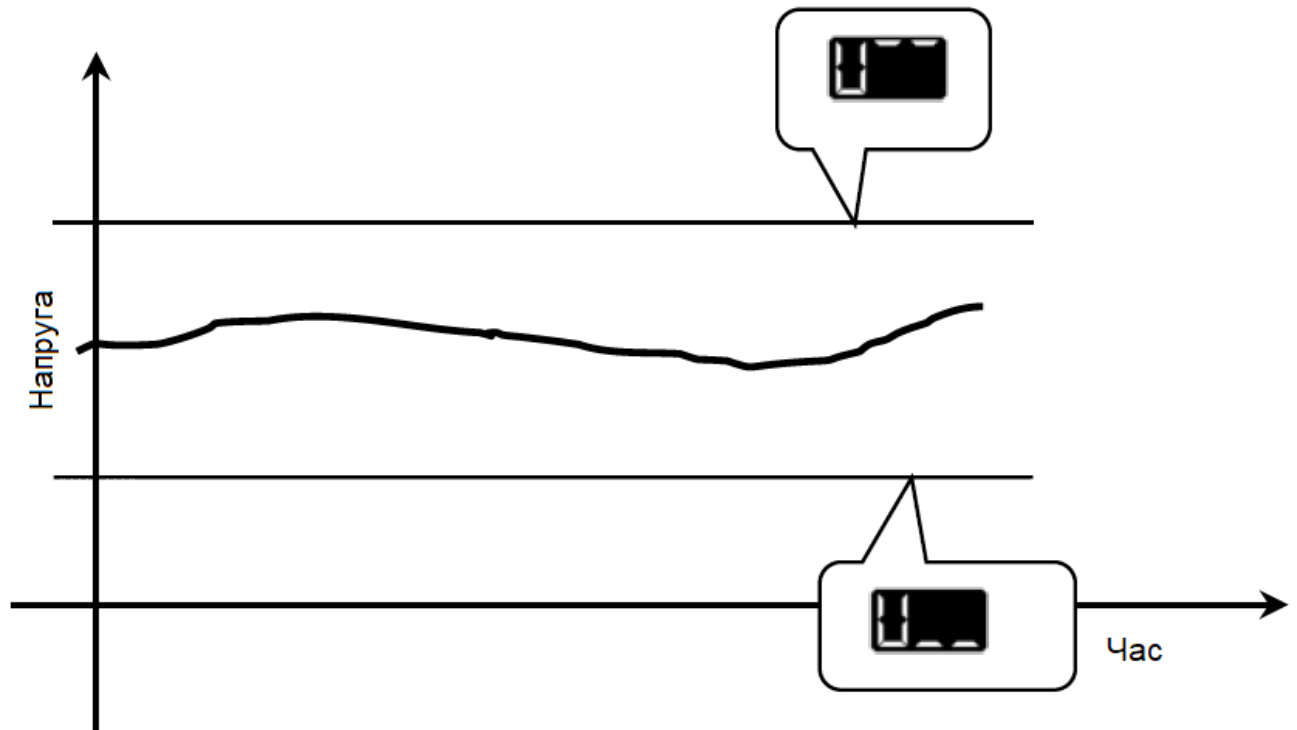


Рисунок 1.26. Контрольні рівні діаграми напруга/час

Допустимі величини становлять від 0,0 до  – (мінус) 1 вольт.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

60

При завданні затримки на подачу сигналу керування (рис.1.27)

відображується функція . Якщо необхідно сформувати сигнал «напруга у нормі» існує можливість затримати формування сигналу на час, необхідний для виключення помилкового спрацьовування.

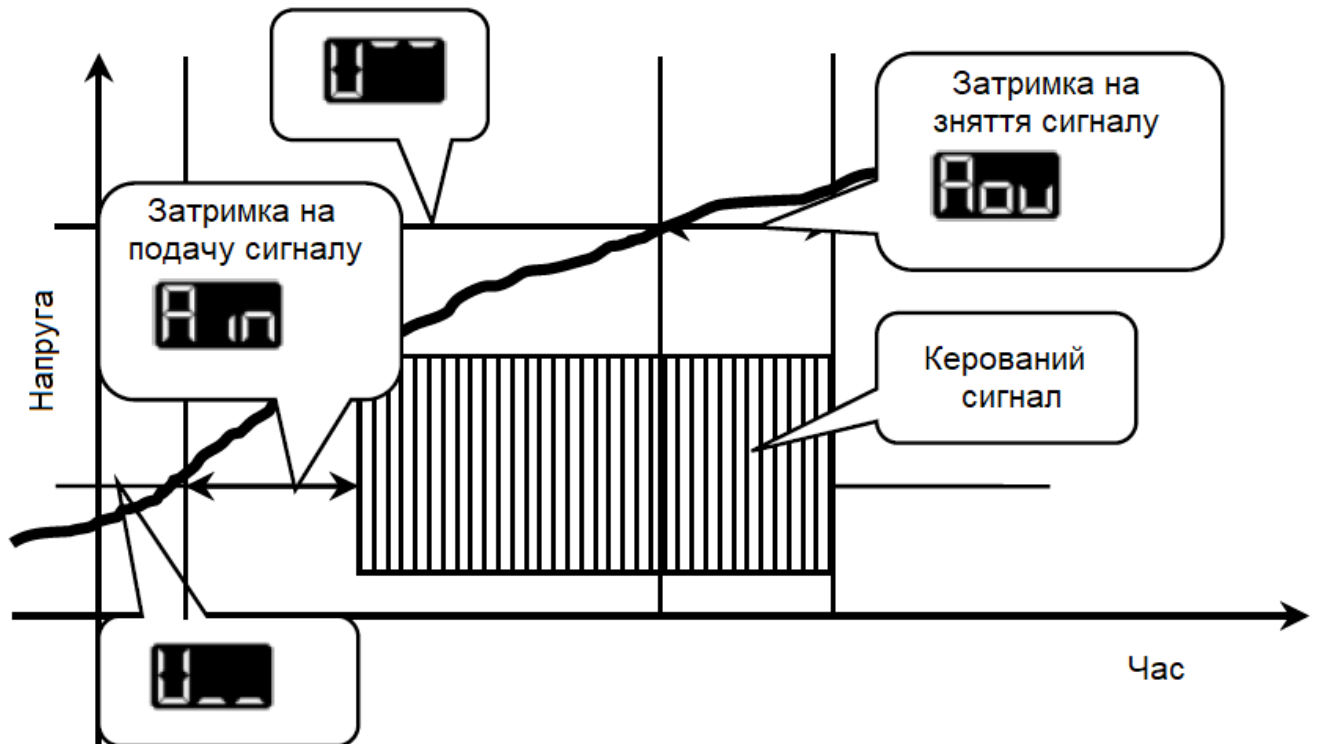



Рисунок 1.27. Затримки на подачу та зняття сигналу керування

Від того, наскільки вірно буде виконано калібрування, залежить точність показань вимірювального приладу. Для цього необхідно виконати три правила:



1. Калібрувати за максимальним значенням вимірюваного діапазону. Тобто при необхідності вимірювання діапазону напруги, наприклад, від 0 до 30 Вольт, необхідно виставити 30 Вольт і за цим рівнем калібрувати вольтметр;
2. Калібрувати треба за вимірювальним приладом більш високого класу точності. При необхідності отримати  $\pm 0,1$  Вольт треба виставити точність до сотих – 30,00;
3. Треба якомога точніше обирати точку зміни індикації.



При виконанні калібрування відображується функція . Використовуючи функцію калібрування можна налаштувати точність показань вольтметра або змінити його діапазон роботи. Наприклад, вольтметр можна налаштувати для індикації напруги мережі: для цього достатньо підключити вхід вольтметра для індикації напруги після випрямляючого мосту і за допомогою калібрування (за еталонним вольтметром встановити показання напруги мережі).

Для калібрування необхідно підключити вольтметр до еталонного джерела напруги та увійти у режим калібрування. На індикаторі з'являться показання



вольтметра. Натисканням клавiш  та  треба встановити показання, що відповідають еталонному приладу. У процесі калібрування необхідно натиснути та утримувати клавiші. Контролер почне корекцію показань. Як



тільки показання стануть істинними, треба відпустити клавiшу. Клавiша



збільшує показання вольтметра, а  – зменшує.

При налаштуванні виду індикації калібрування відображується функція



. При цьому доступні два режими




та




. Режим  використовується для нормальної індикації. Режим



 переводить десяткову точку у третій розряд для варіантів індикації напруг у діапазоні 0-999 Вольт. Для скидання налаштувань користувача



необхідно при увімкненні регулятора утримувати клавiшу , після чого вимкнути та увімкнути прилад знову.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Проект присвячено розробці цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера. Цей прилад застосовується для відображення та контролю постійної напруги в діапазоні від 0,07 до 99,9 вольт і підтримує три режими роботи: індикацію, детекцію виходу напруги за межі допустимого діапазону та перевірку наявності напруги в заданому діапазоні.

У цьому розділі проводиться оцінка вартості створеного пристрою. Спочатку виконується калькуляція виробу укрупненим методом, базована на вартості покупних комплектуючих та виробів. Для цього формується перелік елементів згідно зі специфікацією (принциповою схемою), як зазначено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Розрахунок відомості покупних комплектуючих елементів

<i>Найменування, тип, модель</i>	<i>Од.вим</i>	<i>Норма витрат на виріб</i>	<i>Ціна, грн.</i>	<i>Вартість комплектуючих</i>
Мікросхема 78L05	шт..	1	2.00	2.00
Мікросхема PIC16F88	шт..	1	150.00	150.00
Транзистор BC847C	шт..	1	1,80	1,80
Діоди LS4148	шт..	1	0,50	0,50
Діоди SM4007	шт..	1	1.00	1.00
Стабілітрон BZV55-C33V	шт..	1	0,75	0,75
Кнопки ТАСТ 6x6-13.0	шт..	4	0,70	2,8
Резистор С2-23-0,125-22 Ом	шт..	1	2.00	2.00
Резистор С2-23-0,125-1Ом	шт..	1	2.00	2.00
Резистор С2-23-0,125-1 кОм	шт..	2	2.00	4.00
Резистор С2-23-0,125-1 кОм	шт..	2	2.00	4.00
Резистор С2-23-0,125-510 Ом	шт..	6	2.00	12.00
Резистор С2-23-0,125-510 Ом	шт..	2	2.00	4.00
Резистор С2-23-0,125-10 кОм	шт..	3	2.00	6.00
Резистор С2-23-0,125-200 кОм	шт..	1	2.00	2.00
Резистор С2-23-0,125-1 Ом	шт..	3	2.00	6.00
Резистор С2-23-0,125-1 Ом	шт..	2	2.00	4.00
Конденсатор К10-17а-0,22 мкФ	шт..	4	6.00	24.00
Конденсатор К50-35-220 мкФ	шт..	1	67.00	67.00
Конденсатор К50-35-100мкФ	шт..	1	32.00	32.00
Дисплей E30561-L-0-8-W	шт..	1	9.00	9.00
Загальна вартість покупних комплектуючих елементів				336.85
Транспортні витрати (5%)				16,84
Всього (Впк)				353,69

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Для розрахунку планової собівартості розробленого виробу використовується метод питомих ваг із застосуванням структури собівартості аналогічної продукції. Оскільки проєктований виріб належить до радіоелектронної апаратури, встановлюються наступні питомі ваги: матеріалу — 20% ( $\alpha_m = 20\%$ ), покупних виробів — 62% ( $\alpha_{пк} = 62\%$ ) та основної заробітної плати — 18% ( $\alpha_{озп} = 18\%$ ).

Таблиця 5.1. Калькуляція планової собівартості

Найменування статті витрат	Значення статті, грн.	Розрахунок
1. Сировина і матеріал	114,09	$B_M = \alpha_m * B_{пк}/\alpha_{пк}$ $B_M = 0,2 * 353,69 / 0,62$
2. Комплектуючі вироби і покупні напівфабрикати	353,69	$B_{пк} = \text{див.табл.5.1}$ 353,69
3. Основні заробітні плати	102,68	$B_{оз} = \alpha_{озп} * B_{пк}/\alpha_{пк}$ $B_{оз} = 0,18 * 353,69 / 0,62$
4. Додаткова заробітна плата	41,07	$B_{дз} = 0,4 * B_{оз}$ $B_{дз} = 0,4 * 102,68$
5. Відрахування на соцстрах	31,63	$B_{ес} = (B_{оз} + B_{дз}) * 0,22$ $B_{ес} = (102,68 + 41,07) * 0,22$
6. Загально-виробничі витрати	82,14	$B_{заг.вир} = (0,8 \dots 1,5) * B_{оз}$ $B_{заг.вир} = 0,8 * 102,68$
7. Виробнича собівартість	725,30	$B_{свир} = \sum B$ $= 114,09 + 353,69 + 102,68 + 41,07 + 31,63 + 82,14$
8. Адміністративні витрати	30,80	$B_a = B_{оз} * 0,3$ $B_a = 0,3 * 102,68$
9. Витрати на збут	14,50	$B_{зб} = B_{свир} * 0,02$ $B_{зб} = 725,30 * 0,02$
10. Інші операційні витрати	7,25	$B_{оп} = B_{свир} * 0,01$ $B_{оп} = 725,30 * 0,01$
Повна собівартість	777,85	$B_{спов} = \sum Z$ $B_{спов} = 725,30 + 30,80 + 14,50 + 7,25$

Розмір планового прибутку, що включається в ціну, визначаємо по формулі:

$$П = (C_{пол} * \rho) / 100\% = 777,85 * 10 / 100 = 77,79 \text{ грн.}$$

де  $\rho$  - планова рентабельність продукції (10%...30%)

Оптову ціну виробу визначаємо по формулі:

$$C_o = C_{п} + П = 777,85 + 77,79 = 855,64 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації виробу встановлюємо з урахуванням ПДВ:

$$Ц_r = Ц_o + П_z,$$

де  $Н_o$  - податкове зобов'язання(ПДВ):

$$П_z = Ц_o * 0,2 = 855,64 * 0,2 = 171,13 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$Ц_r = 855,64 + 171,13 = 1026,77 \text{ грн.}$$

За даними таблиці 5.2, сукупні витрати на виготовлення одиниці виробу за поточний рік (Спк) визначають повну собівартість. Пропонується розробити прогноз продажів цього виробу на другій стадії його життєвого циклу, що відповідає етапу «Виробництво», з розбиттям по роках на період чотирьох років. Основні зони промислового виробництва даної продукції зображено на рисунку 5.1.



Рисунок 5.1. Характерні зони промислового випуску виробу

У 2025 році планується реалізація 100 одиниць виробу за індивідуальними замовленнями. Наступного року, з огляду на прогнозоване зростання обсягів продажів, виробничі витрати розраховуються за наступною формулою:

$$C_{пi} = C_{пi} \left( \frac{A}{A_{i=1}} \right)^{0.23},$$

де

Звідси випливає, що якщо в  $(i+1)$ -му році обсяг продажів зростає порівняно з першим роком розрахункового періоду (тобто, якщо  $A_{i+1} > A_i$ ), витрати виробництва перераховуються за формулою, що враховує ефект масштабування:

$$C_{pk_{i+1}} = C_{pk_i} \times \left( \frac{A_i}{A_{i+1}} \right)^{0,23}$$

Якщо ж продажі не зростають (тобто  $A_{i+1} \leq A_i$ ), то витрати виробництва залишається на рівні попереднього року:

$$C_{pk_{i+1}} = C_{pk_i}$$

Таким чином, залежно від змін обсягів продажів, можлива корекція собівартості виробу шляхом застосування зазначеного показника ступеня 0,23.

Можливо, вас зацікавить також аналіз факторів, які спричиняють зміну витрат виробництва при масштабуванні, або як саме впливає кожен з компонентів собівартості на загальну ефективність виробництва.

$$C_{2025} = 777,85 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2025} * (100/300)^{0,23} = 777,85 * (100/300)^{0,23} = 604,17 \text{ грн.}$$

$$C_{2029} = C_{2028} = C_{2027} = 604,17 \text{ грн.}$$

Плановий прибуток, що включається в оптову ціну підприємства, для наступного року при збільшенні обсягу продажів, визначаємо по формулі:

$$P_{i+1} = C_{ni+1} * \frac{\rho}{100}$$

Звідси:

$$P_{2025} = 77,79 \text{ грн.}$$

$$P_{2026} = P_{2027} = P_{2028} = 604,17 * 0,1 = 60,42 \text{ грн.}$$

Оптову ціну підприємства в наступні роки розрахункового періоду визначаємо по формулі:

$$C_{o_{i+1}} = C_{ni+1} + P_{i+1}$$

Звідси:

$$C_{2025} = 855,64 \text{ грн.}$$

$$C_{2026} = C_{2027} = C_{2028} = 604,17 + 60,42 = 664,59 \text{ грн}$$

Податкове зобов'язання визначається по формулі:

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$$Пз_{i+1} = Ц_{o_{i+1}} * 0.2$$

Звідси:

$$Пз_{2025} = 171,13 \text{ грн.}$$

$$Пз_{2026} = Пз_{2027} = Пз_{2028} = 664,59 * 0,2 = 132,92 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації одиниці продукції в наступні роки визначаємо по формулі:

$$Ц_{P_{i+1}} = Ц_{o_{i+1}} + Пз_{i+1}$$

Звідси:

$$Ц_{P_{2025}} = 1026,77 \text{ грн.}$$

$$Ц_{P_{2026}} = Ц_{P_{2027}} = Ц_{P_{2028}} = 664,59 + 132,92 = 797,51 \text{ грн.}$$

Вартісну оцінку результатів за розрахунковий період ( $P_T$ ) визначаємо по формулі:

$$P_T = \sum_{i=t_p}^{t_k} A_i * Ц_{P_i} * \alpha_i$$

де  $t_p, t_k$  – відповідно розрахунковий і кінцевий рік розрахункового періоду;

$Ц_{P_i}$  – ціна реалізації в  $i$ -тім році, грн.;

$A_i$  – обсяг продажів у  $i$ -тім році, грн.;

$\alpha_i$  – коефіцієнт, що включає фактор часу, тобто коефіцієнт приведення різночасних витрат і результатів до розрахункового року.

Коефіцієнт  $\alpha_i$  визначаємо по формулі:

$$\alpha_i = |1 + E_H|^{t_p - t_i}$$

де  $E_H$  – норматив ефективності капітальних вкладень,  $E_H = 0,1$ ;

$t_p$  – розрахунковий рік розрахункового періоду;

$t_i$  –  $i$ -й рік розрахункового періоду, витрати і результати якого приводяться до розрахункового року.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

## **3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

### **3.1 Коротка характеристика охорони праці**

Вимоги до охорони праці встановлюють єдині стандарти для облаштування робочих місць користувачів та співробітників, які займаються експлуатацією, монтажем чи ремонтом пристрою, що захищає абонентську лінію від несанкціонованого доступу. Ці правила є обов'язковими для всіх підприємств, установ, організацій, а також для юридичних та фізичних осіб, що здійснюють підприємницьку діяльність із правом залучення робочої сили.

Дипломний проект присвячено розробці цифрового вольтметра на базі мікроконтролера. У цьому розділі аналізується вплив шкідливих чинників на працівників та користувачів пристрою, а також наводиться перелік заходів з охорони праці, спрямованих на мінімізацію негативного впливу цих факторів. З цією метою можна сформулювати рекомендації щодо організації робочих місць у лабораторіях та інших приміщеннях, де експлуатується даний пристрій.

### **3.2 Виробнича, санітарна гігієна праці**

Правильне облаштування робочих місць має забезпечувати створення і підтримку оптимальних умов мікроклімату, що включає ретельно контрольовану температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря та відповідний рівень іонізації. Ці параметри допомагають гарантувати комфорт як для користувачів, так і для робітників, сприяючи ефективній роботі як людського організму, так і електронного обладнання. Крім того, при організації робочих місць слід врахувати низку потенційно шкідливих і небезпечних факторів, що можуть негативно впливати на здоров'я та працездатність персоналу.

Серед основних негативних чинників потрібно відзначити присутність шуму, який може призводити до перевтоми та втрати слуху, а також вібрації, що не лише впливають на фізичний комфорт, але й можуть спричиняти механічне пошкодження робочих місць і зношення обладнання. Варто також врахувати вплив м'якого рентгенівського випромінювання, яке при тривалому впливі може мати небажані наслідки для організму, а також електромагнітне

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

випромінювання, що може знижувати стабільність роботи техніки та викликати дискомфорт у співробітників. До цього перерахунку додаються ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання, які здатні впливати на біологічні процеси та фізичну структуру матеріалів, що використовується в обладнанні. Також важливо контролювати наявність пилу, озону, оксидів та азоту в повітрі, оскільки їх підвищені концентрації можуть призводити до подразнення дихальних шляхів та інших несприятливих ефектів для здоров'я.

Заходи, спрямовані на організацію безпечного робочого середовища та дотримання санітарно-гігієнічних норм при облаштуванні робочих місць для користувачів і персоналу, що займаються експлуатацією, монтажем і ремонтом проектного пристрою, регламентуються комплексом державних стандартів і нормативних документів. Серед них – вимоги стандартів ГОСТ 12.2.032-88, ГОСТ 22269-88, ГОСТ 21829-88, ГОСТ 12.1.005-88, а також нормативно-технічні документи СНіП 23-05-95, СНіП 14-4-79, СН 3223-85, ГОСТ 12.2.003-74, ГОСТ 12.3.002-75, ГОСТ 12.1.006-84, ГОСТ 12.1.004-85, поряд з іншими стандартами, що встановлюють вимоги безпеки і організації робочих місць. Ці нормативні документи забезпечують системний підхід до створення безпечного виробничого середовища, встановлюють мінімальні вимоги як до технічного оснащення, так і до організаційних заходів, завдяки чому зменшується ризик виникнення шкідливих впливів на здоров'я робітників і забезпечується надійність експлуатації обладнання.

### 3.2.1 Мікроклімат

Системи вентиляції та опалення лабораторних приміщень відіграють вирішальну роль у забезпеченні оптимальних мікрокліматичних умов, які мають відповідати вимогам стандарта ГОСТ 12.1.005-88. Зокрема, температура в приміщенні повинна утримуватися в межах 22–25°C, що гарантує не лише комфорт людей, але й стабільну роботу високоточних приладів; вологість повітря має знаходитись у діапазоні 40–60%, що дозволяє уникнути як пересушування, так і надмірного зволоження, які можуть вплинути на

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

експлуатацію обладнання; при цьому швидкість руху повітря повинна бути обмежена 0,1–0,2 м/с, щоб не створювати сильних потоків, здатних впливати на точність вимірювань і роботу електроніки.

Для підтримання заданих мікрокліматичних показників у приміщеннях, оснащених пристроями високотехнологічних систем, широко застосовують інтегровані системи кондиціонування і вентиляції. Сучасні системи кондиціонування повітря забезпечують автоматичний контроль температури та вологості протягом усіх сезонів року незалежно від зовнішніх погодних умов, що дозволяє підтримувати стабільне середовище для роботи як людини, так і техніки. При цьому важливою функцією таких систем є очищення повітря від пилу, шкідливих речовин та інших забруднень, що сприяє здоров'ю користувачів і підвищенню надійності роботи обладнання.

Щодо вентиляції, то її інтенсивність має ключове значення для забезпечення ефективного обміну повітря в приміщенні. Рекомендовано, щоб для лабораторних приміщень з проєктованими пристроями надходило від 0,5 до 1 м<sup>3</sup> свіжого повітря щохвилини на кожен квадратний метр підлоги. Це забезпечує постійне оновлення повітря, своєчасну евакуацію накопиченого пилу, надлишкової вологи та шкідливих речовин, що дозволяє стабільно підтримувати необхідні мікрокліматичні параметри.

### **3.2.2 Освітлення**

Освітлення приміщення організовано за принципом комбінованого підходу, що передбачає використання як природного, так і штучного світла для досягнення оптимальних умов роботи. Завдяки цьому забезпечується не лише комфорт для користувачів, але й ефективна робота обладнання. Природне освітлення доповнюється штучним, що дозволяє досягти необхідного рівня яскравості незалежно від зовнішніх погодних умов і часу доби.

Рівень освітленості робочої поверхні столу підтримується в межах від 300 до 500 люкс, що гарантує достатній світловий потік для виконання навіть найдетальніших завдань. При цьому загальна освітленість приміщення не опускається нижче 400 люкс, що відповідає встановленим нормативам і сприяє

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

створенню умов для зниження втоми очей і підвищення продуктивності праці. Крім того, яскравість екранної поверхні, що вимірюється в площині самого екрана, має становити 200 люкс, згідно з вимогами СНіП 23-05-95, що сприяє зручності сприйняття інформації і запобігає зайвому візуальному навантаженню.

Природне освітлення в приміщенні реалізовано за рахунок бічного освітлення: джерела природного світлового потоку, зазвичай у вигляді вікон або прозорих конструктивних елементів, розміщені так, що світло потрапляє у приміщення під кутом, створюючи рівномірне і м'яке освітлення. Важливим показником цього рішення є коефіцієнт природної освітленості (КПО), який має бути не менше 1,5. Таке значення відповідає нормативам, викладеним у СНіП 2-4-79 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування», і гарантує, що природне світло адекватно доповнює штучне, забезпечуючи комфортну яскравість впродовж робочого дня.

Штучне освітлення організовано як комбінована система із застосуванням люмінесцентних джерел світла, інтегрованих у світильники загального освітлення. Завдяки такому підходу до розміщення джерел світла забезпечується рівномірний розподіл світлового потоку по всьому приміщенню, що створює оптимальні умови для виконання робочих завдань і забезпечує енергоефективність обладнання. Рівні штучної освітленості на робочих місцях відповідають нормативним показникам згідно з СНіП 14-4-79, завдяки чому кожне робоче місце обладнане відповідними світлотехнічними характеристиками, що сприяють зниженню візуальної втоми і підвищенню продуктивності. Крім основних систем освітлення, у приміщенні передбачено встановлення аварійного освітлення. Це дозволяє, у разі відмови основних джерел світла або виникнення надзвичайних ситуацій, забезпечити необхідний рівень освітлення для безпечного продовження роботи або організованої евакуації персоналу. Така система є надзвичайно важливою для підтримання безпеки та безперервності робочого процесу при настанні непередбачуваних обставин. Особливу увагу приділено організації самих освітлювальних установок. Вони розроблені так, щоб забезпечувати рівномірне розподілення

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

світла завдяки переважно відбитому або розсіяному світлорозподілу. Це дозволяє уникнути небажаних сліпучих відблисків на клавіатурі, елементах пульта керування чи на екрані відеотерміналу, яке може негативно впливати на комфорт роботи оператора. Крім того, джерела світла встановлюються так, щоб прямі світлові потоки не попадали безпосередньо в очі, що сприяє зниженню візуального дискомфорту і зменшенню ризику відбивань, що можуть заважати роботі.

### 3.2.3 Рівні шуму і вібрації

Допустимі значення звукового тиску, рівня звуку та еквівалентного рівня звуку на робочих місцях ретельно визначені відповідно до вимог «Санітарних норм допустимих рівнів шуму на робочих місцях» (СН 3223-85). Ці нормативні показники не перевищують гранично допустимих значень, що забезпечує створення безпечного та комфортного робочого середовища для співробітників, знижуючи ризики негативного впливу шуму на здоров'я та працездатність.

У лабораторних приміщеннях, а також в робочих зонах, де знаходяться оператори відеотерміналів та інженерно-технічний персонал, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку не повинні перевищувати межу 50-60 дБ. Ці показники розроблено з метою мінімізації можливого втомлюючого впливу високих рівнів шуму на органи слуху і збереження зорового комфорту операторів, адже гармонійне акустичне середовище сприяє кращій концентрації і зниженню виробничого стресу. У випадку, якщо фактичні показники звукового тиску або еквівалентного рівня звуку перевищують встановлені норми, для корекції ситуації застосовують спеціалізований шумоізоляційний матеріал. Цей матеріал, що базується на хімічно-вспіненому поліетилені, відзначається високою ефективністю у зменшенні рівня шуму та може експлуатуватися в широкому температурному діапазоні – від  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+90^{\circ}\text{C}$ . Завдяки таким характеристикам, застосування цього ізоляційного матеріалу дозволяє підтримувати нормальні показники шумопоглинання навіть за суворих експлуатаційних умов, що забезпечує відповідність вимогам ГОСТ 12.1.003-83.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

## ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті на тему "Розробка цифрового вольтметру-індикатору на базі мікроконтролера" була виконана розробка цифрового вимірювального приладу для визначення напруги постійного струму з LED-індикатором, який може бути використаний в обслуговуванні комп'ютерних систем і мереж. Даний прилад має важливе значення для діагностики та ремонту комп'ютерного обладнання, оскільки дозволяє з високою точністю вимірювати рівні напруги в різних компонентах, таких як блоки живлення, материнські плати, периферійні пристрої, забезпечує контроль напруги в електричних колах.

Прилад дозволяє вимірювати напругу постійного струму в діапазоні від 0,1 до 99,9 В з високою точністю, що є важливим для аналізу роботи електронних компонентів та їх діагностики. Однією з ключових особливостей приладу є можливість роботи в трьох режимах: індикація, контроль виходу напруги за допустимий діапазон, контроль наявності напруги у встановленому діапазоні. Ці функції дозволяють використовувати прилад для автоматичного моніторингу напруги та своєчасного виявлення несправностей в електричних колах, що критично важливо для забезпечення надійної роботи комп'ютерних систем і мереж. Прилад побудований на базі економічного та ефективного мікроконтролера серії PIC, що забезпечує низьке енергоспоживання (струм споживання менше 30 мА) та стабільну роботу в умовах широкого діапазону напруги живлення (7...20 В). Крім того, вольтметр забезпечує точність вимірювання до 0,1 В і має чутливість при вимірюванні в діапазоні 0,1 В. Він здатен працювати в температурному діапазоні від -10 до +50 °С, що робить його придатним для використання в різних умовах експлуатації.

Прилад також оснащений функцією калібрування, яка дозволяє змінювати діапазон вимірювань при використанні вхідного дільника, а також за необхідності відключати індикацію десяткової крапки, що дозволяє індикувати напругу до 999 В. Окрім цього, можливе підключення випрямляча на вхід для індикації змінної напруги.

					<i>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. У Серіков, С.І. Основи цифрової схемотехніки – Київ: Либідь, 2015. – 320 с.
2. Петров, В.В. Мікроконтролери сімейства PIC: Навчальний посібник – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 256 с.
3. Ляшенко, А.М. Проектування цифрових вимірювальних приладів – Львів: Видавництво ЛНУ, 2016. – 230 с.
4. Мосійчук, О.О. Цифрові вимірювальні прилади на основі мікроконтролерів – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 280 с.
5. Головка, В.І. Електронні вимірювальні прилади та системи – Дніпро: УДХТУ, 2019. – 350 с.
6. Борщевський, І.Ю. Цифрові вимірювальні системи: принципи роботи та застосування – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – 290 с.
7. Гребенюк, О.В. Мікропроцесорні системи контролю і управління – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 300 с.
8. Нестеренко, П.Л. Методологія проектування електронних приладів – Харків: ХАІ, 2015. – 240 с.
9. Соколов, А.В. Практика розробки мікроконтролерних систем – Київ: Наукова думка, 2020. – 315 с.
10. MPLAB IDE v8.83: Посібник користувача [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.microchip.com/MPLAB>. – Дата звернення: 10.03.2025.
11. Бурик, В. Й., Куниця, А. В., Дуброва, А. Л. Мікроконтролери та їх програмування. Київ: Видавництво «Політехніка», 2019. 356 с.
12. Данілов, С. І. Основи електроніки та електротехніки. Навчальний посібник для ВНЗ. Харків: Вид-во ХНУРЕ, 2018. 278 с.
13. Васильєв, М. О. Мікроконтролери PIC: структура і програмування. Навчальний посібник. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2017. 320 с.
14. Кузнецов, П. А. Сучасні цифрові вимірювальні пристрої. Київ: Видавництво «Наукова думка», 2020. 450 с.

					<b>КС 58. 18 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

## ДОДАТОК А. Фрагмент коду програми мікроконтролера вольтметра-індикатору мовою асемблера (MPLAB IDE)

```
list    p=16f819      ; list directive to define processor
#include <p16f819.inc> ; processor specific variable definitions
errorlevel 2         ; suppress message 302 from list file
__CONFIG __CP_ALL & __WRT_ENABLE_1536 & __CPD_ON & __CCPI_KRB3 & __DEBUG_OFF &
__LVP_OFF & __BODEN_ON & __MCLR_ON & __WDT_ON & __PWRTE_ON & __INTRC_IO
        cblock 0x020
r_PORTB          ; віртуальні регістри портів
d_PORTB          ;
d_PORTA          ;
ind_1            ; змінна першого індикатора старший розряд
ind_2            ; змінна другого індикатора молодший розряд
ind_3            ; змінна третього індикатора десятковий розряд
buf_ind_1        ; буфер змінної 1 знакоміся
buf_ind_2        ; буфер змінної 2 знакоміся
buf_ind_3        ; буфер змінної 3 знакоміся
perem1           ;
perem2           ;
perem5           ;
reg_ind          ; регістр індикації вибору знакоміся
b_zad_ind        ; змінна тривалості індикації
cher300_10       ;
cher02           ;
cher05           ;
;chet_10         ; лічильник-дільник тривалості до 1 Гц
;cher60m         ; лічильник-дільник тривалості до 1 хв.
flag_i1          ; прапори індикації
flag_i2          ; прапори індикації
flag_2           ; прапор вибору параметрів налаштування
flag_3           ; прапори управління
flag_4           ; прапори управління
flag_5           ;
avtovyh          ; змінна автовиходу з режиму налаштування
adr_e            ; змінні для роботи з EEPROM
data_e           ;
chtteep         ; лічильник програми роботи з EEPROM
uskor            ; змінні обробки швидкості автоповтору натиснення клавіш
uskor_1         ;
                ; змінні EEPROM, що зберігаються в пам'яті
flag_0           ; * прапори стану роботи контролера
Up_alr_hi,Up_alr_lo ; * Верхній аварійний рівень
Dn_alr_hi,Dn_alr_lo ; * Нижній аварійний рівень
Vr_zak_lo        ; * Час затримки автоконтролю параметрів середи з моменту
                ; включення або зміни параметру
Vr_pov_lo        ; * Час затримки аварії
kalibr_hi,kalibr_lo ; * Калібрування вольтметра
end_stek
Vr_cak_lo ; Лічильник затримки автоконтролю параметрів середи
Vr_cpo_lo        ; Лічильник затримки
...
; опис портів індикації
#define S_A      d_PORTB,1          ; сегмент А
#define S_B      d_PORTB,2          ; сегмент В
```

```

#define S_C d_PORTB,3 ; сегмент C
#define S_D d_PORTB,4 ; сегмент D
#define S_E d_PORTB,5 ; сегмент E
#define S_F d_PORTB,6 ; сегмент F
#define S_G d_PORTB,7 ; сегмент G
#define S_H d_PORTA,6 ; сегмент H
#define SOT d_PORTA,1 ; керівний біт першого знакомісця
#define DES d_PORTA,2 ; керівний біт другого знакомісця
#define EDI d_PORTA,7 ; керівний біт третього знакомісця
; управляючі байти для роботи програми індикації
; порт A
#define CL_PAB'00000000' ; у цьому байті "0" встановлюються в ті біти, які
необхідно ;очистити, "1" в ті біти, стан яких не повинен мінятися при зміні індикації
#define SE_PAB'10000110' ; у цьому байті встановити в "1" біти, якщо вони
; збігаються з управляючими портами розрядів індикаторів
; порт B
#define CL_PBB'00000001' ; у цьому байті "0" встановлюються в ті біти, які
необхідно ;очистити, "1" в ті біти, стан яких не повинен мінятися при зміні індикації
#define SE_PBB'00000000' ; у цьому байті встановити в "1" біти, якщо вони
;збігаються з управляючими портами розрядів індикаторів
;опис портів клавіатури
#define KRB1 PORTB,2 ; клавіша функція
#define KRB3 PORTB,4 ; клавіша менше
#define KRB2 PORTB,3 ; клавіша більше
#define KRB4 PORTB,7 ; клавіша функція
#define PORTKN b'10011100' ; опис розташування портів кнопок
#define INDK flag_0,0 ; режим "Індикатор напруги"
#define KVUP flag_0,1 ; режим "Контроль виходу за встановлені межі"
#define KVZD flag_0,2 ; режим "Контроль входу в заданий діапазон"
#define R_ind flag_0,3 ; режим індикації
; біти програми налаштування регулювальника
#define REGRA flag_2,0 ; біт вибору режиму роботи вольтметра
#define UP_VOL flag_2,1 ; біт налаштування верхнього рівня
;автоконтроля вольтметра
#define DN_VOL flag_2,2 ; біт налаштування нижнього рівня
;автоконтроля вольтметра
#define ZD_AKO flag_2,3 ; біт затримки включення режиму автоконтролю
#define ZD_AVR flag_2,4 ; біт затримки спрацьовування аварії
#define KALIBR flag_2,5 ; біт калібрування вольтметра
#define RE_IND flag_2,6 ; режим індикації
#define PROIZflag_2,7 ; дані про виготівника
#define kl_no flag_3,0 ; біт утримання клавіші
#define RELE1flag_3,1 ; лінія реле
#define E_dataflag_3,2 ; прапор помилки даних
#define MINUS flag_3,3 ; біт вимірювання негативних значень
#define B_MIG flag_3,4 ; біт мигання (1 не горить, 0 горить)
#define UST flag_3,5 ; біт режиму налаштування регулювальника
#define vp_rp flag_3,6 ; біт режиму 0-вибір параметру, 1-корекція параметру
#define LE_RI flag_4,0 ; біт напрямку зсуву
#define B24 flag_4,1 ;
#define BTE flag_4,2 ; біт гасіння перших нулів до 00
#define BTE0_00 flag_4,3 ;
#define BRACON flag_4,4 ; біт дозволу автоконтролю
#define zad_opflag_4,5 ; біт дозволу
#define f_KRB1 flag_5,0 ;
#define f_KRB2 flag_5,1 ;

```

```

#define f_KRB3 flag_5,2 ;
#define f_KRB4 flag_5,3 ;
; біти програми індикації
#define TOCHKA1 flag_i2,0 ; біт індикації десяткової крапки
#define TOCHKA2 flag_i1,1 ;
#define TOCHKA3 flag_i1,2 ;
#define TOCHm1 flag_i1,3 ; біт мигання десяткової крапки
#define TOCHm2 flag_i1,4 ; 1 - блимає з частотою 2 ґц.
#define TOCHm3 flag_i1,5 ; 0 - горить постійно
#define RAZR1flag_i1,6 ; біт мигання розряду індикатора
#define RAZR2flag_i1,7 ; 0 - горить постійно
#define RAZR3flag_i1,0 ; 1 - блимає з частотою 2 ґц.
; біти програми порівняння
#define RAV flag_srv,0 ; біт порівняння =
#define BOL flag_srv,1 ; біт порівняння >
#define MEN flag_srv,2 ; біт порівняння <
#define BOL_RAV flag_srv,3 ; біт порівняння >=
#define MEN_RAV flag_srv,4 ; біт порівняння <=
#define IZM_ACP ADCON0,2 ; біт управління запуском АЦП
#define SPUAN .15 ; значення швидкості автонабору за умовчанням
#define DIND .15 ; тривалість знаходження в режимі налаштування
;(автовихід через 10 секунд)
; символи знакогенератора
...
      clrf STATUS ; вимірювання банку 0
      bcf TICON,TMRION ; таймер вимкнення
      bcf PIR1,TMRIIF ; скинути прапор переривання від модуля
TMR1
      movlw 0xfc ;
      movwf TMR1H ;
      movlw 0xfd ;
      movwf TMR1L ;
; період 300 ґц
; програма формування затримки індикації символів
      movf b_zad_ind,f ; перевірити час затримки вийшло
      BZ $+2 ;
      decf b_zad_ind,f ;
; програма обслуговування роботи індикатора
      call indic ;
      decfsz cher300_10,f ; лічильник-дільник тривалості до 10 ґц
      goto end_pr ;
      movlw .30 ; якщо досягнуто нуль - відновити
лічильник
      movwf cher300_10 ;
; період 10 ґц
      decfsz cher05,f ; лічильник-дільник тривалості до 2 ґц
      goto end_pr ;
      movlw .5 ; якщо досягнутий нуль, відновити
лічильник
      movwf cher05 ;
; період 2 ґц
      btfs B_MIG ; цикл управління переривистою
індикацією
      goto $+3 ;
      bcf B_MIG ;
      goto $+2 ;

```

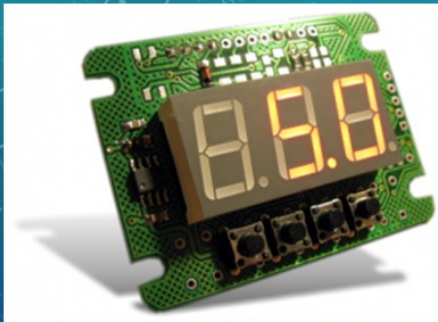
```

        bsf          B_MIG          ;
        call Voltmetr          ;
        decfsz cher02,f          ; лічильник-дільник тривалості до 1 Гц
        goto end_pr          ;
        movlw .2          ; якщо досягнутий нуль, відновити лічильник
        movwf cher02          ; період 1 Гц
; nepiod 1 Гц start          ;
...
deshif          addwf PCL,f          ; дешифратор цифр
                retlw b'01111110'          ; "0"
                retlw b'00001100'          ; "1"
                retlw b'10110110'          ; "2"
                retlw b'10011110'          ; "3"
                retlw b'11001100'          ; "4"
                retlw b'11011010'          ; "5"
                retlw b'11111010'          ; "6"
                retlw b'00001110'          ; "7"
                retlw b'11111110'          ; "8"
                retlw b'11011110'          ; "9"
                retlw b'00000000'          ; "10"- "порожньо"
                retlw b'10000000'          ; "11"- "мінус"
con_dro          addwf PCL,f          ; точні коди закруглені
                retlw .0          ; 0-          00          0
                retlw .1          ; 1-          06          1
                retlw .1          ; 2-          12          1
                retlw .2          ; 3-          18          2
                retlw .3          ; 4-          25          3
                retlw .3          ; 5-          31          3
                retlw .4          ; 6-          37          4
                retlw .4          ; 7-          43          4
                retlw .5          ; 8-          50          5
                retlw .6          ; 9-          56          6
                retlw .6          ; 10-         62          6
                retlw .7          ; 11-         68          7
                retlw .8          ; 12-         75          8
                retlw .8          ; 13-         81          8
                retlw .9          ; 14-         87          9
                retlw .9          ; 15-         93          9
                retlw .0          ; 16-         00          0
text_1          addwf PCL,f          ; тип пристрою (рахунок рядків з 0)
                retlw .12          ; кількість (символів) в повідомленні
                retlw cC          ; c
                retlw ch          ; h
                retlw cM          ; "-"
                retlw c3          ; 3
                retlw c2          ; 2
                retlw c0          ; 0
                retlw c0          ; 0
                retlw cM          ; "-"
                retlw c0          ; 0
                retlw c2          ; 2
                retlw cC          ; C

```

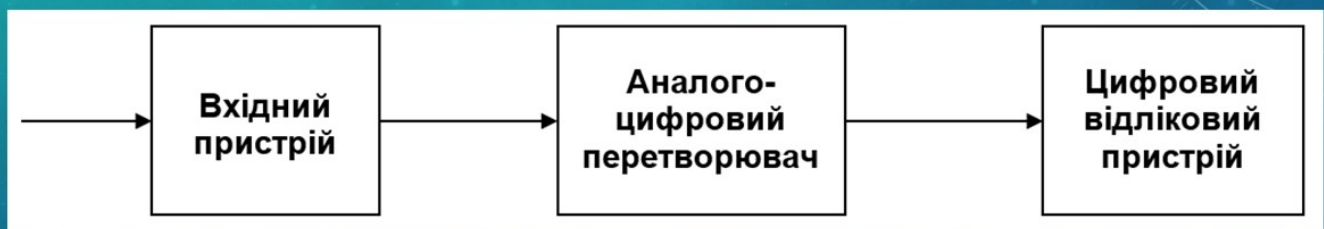
...

## «РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ВОЛЬТМЕТРУ-ІНДИКАТОРУ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЕРА»

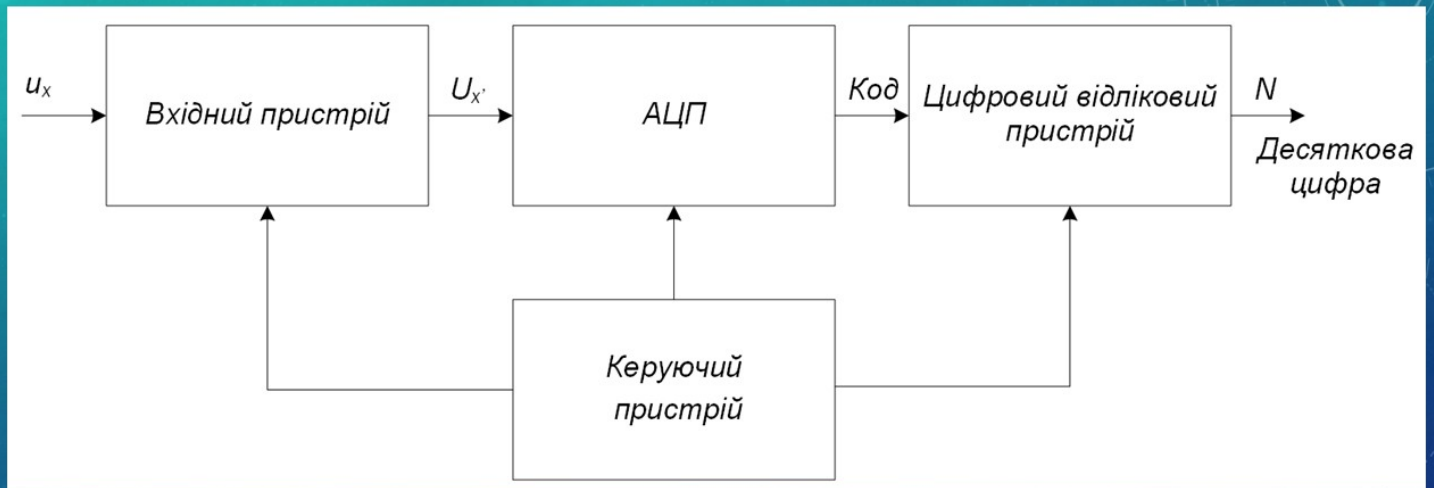


*Трачук Андрій, гр.4КС-58*

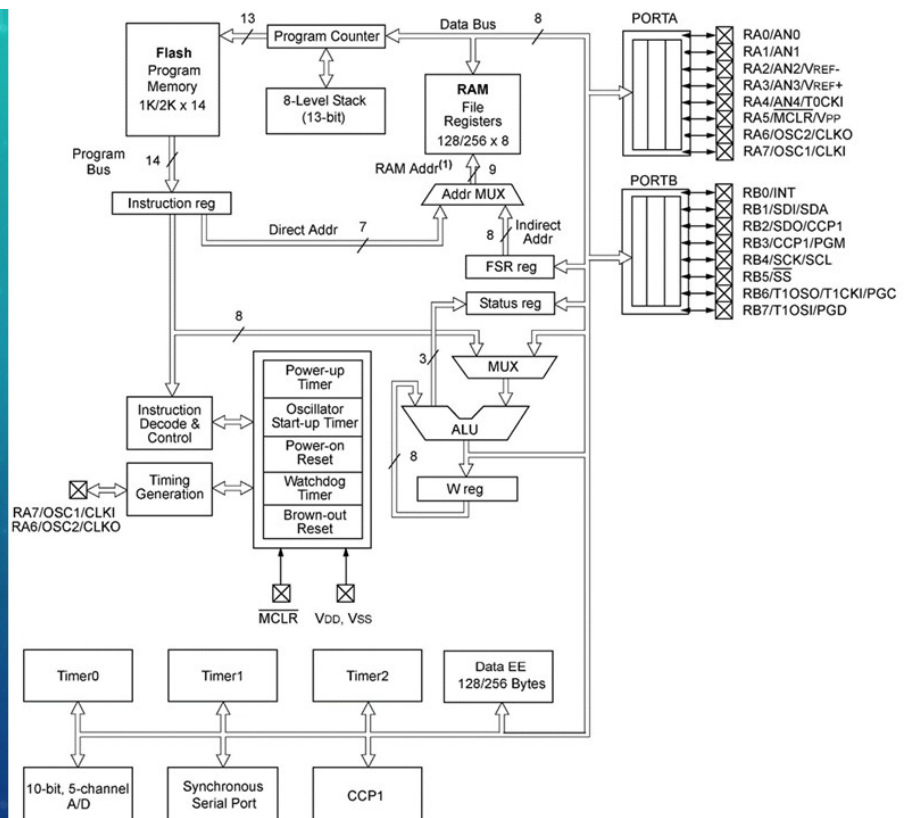
Узагальнена структурна схема цифрового  
вимірювального приладу



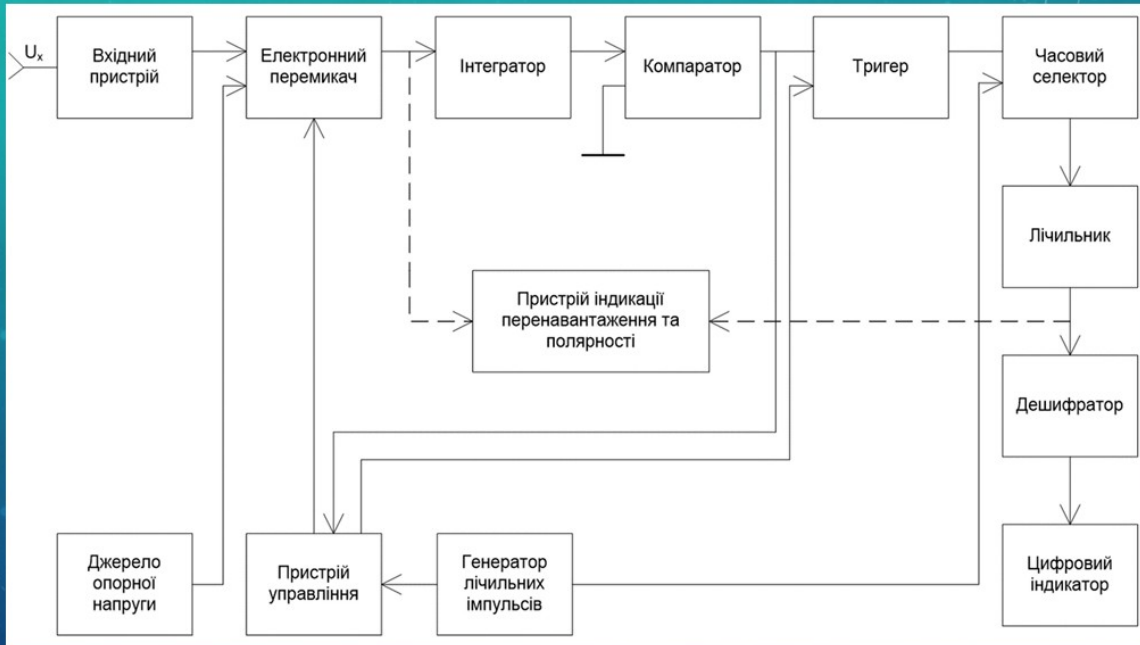
# Спрощена структурна схема цифрового вольтметра



# Структурна схема мікроконтролера PIC16F819



## Структурна схема цифрового вольтметра-індикатору



## Подвійна інтеграція для точного вимірювання напруги

$$U_{\text{вих}}(t) = \frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} U_{\text{вх}} \cdot dt ; \quad (1.1)$$

де  $U_{\text{вих}}$  – напруга на виході інтегратора, В;

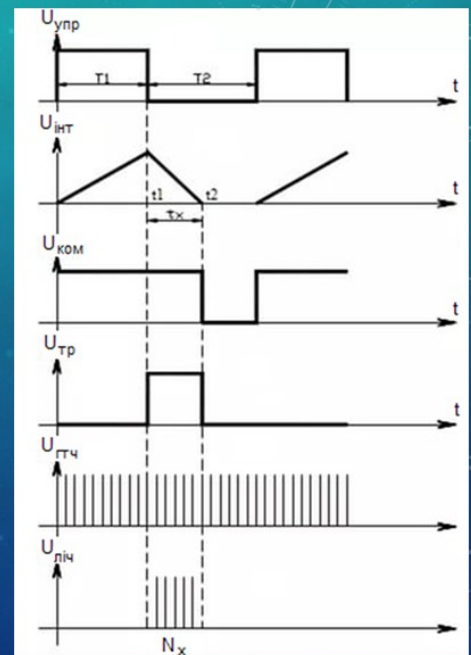
$R$  – опір, Ом;

$C$  – ємність конденсатора, Ф;

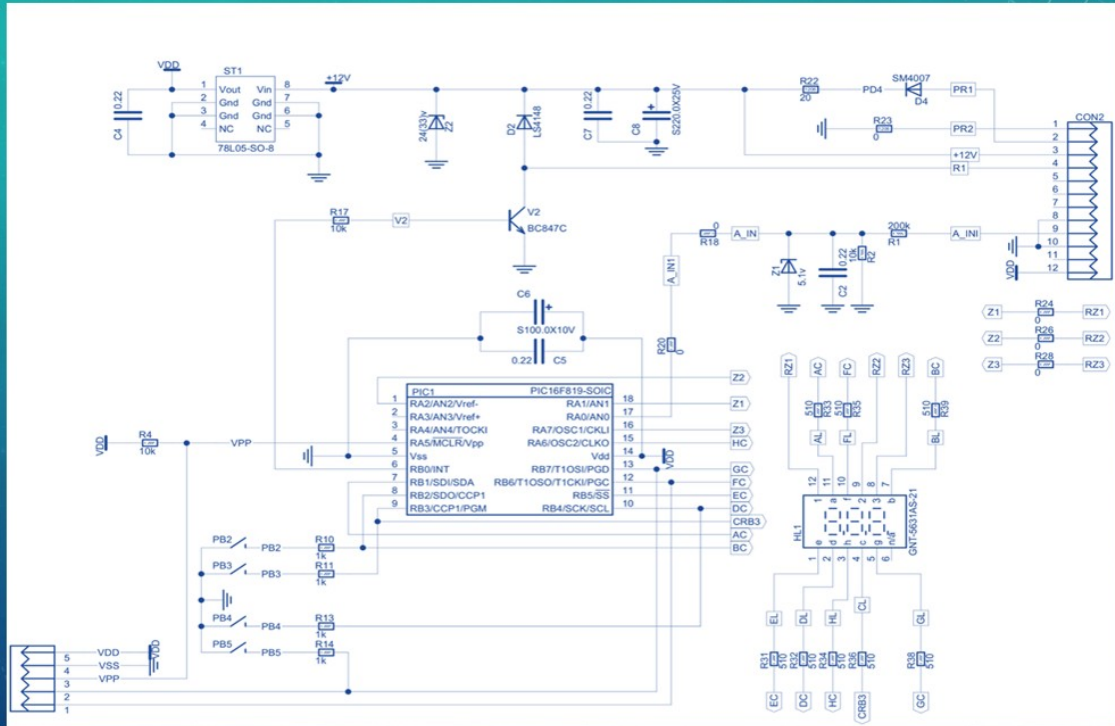
$U_{\text{вх}}$  – вхідна напруга, В;

$t_1$  – початковий момент інтеграції (момент появи фронту імпульсу  $T_1$ );

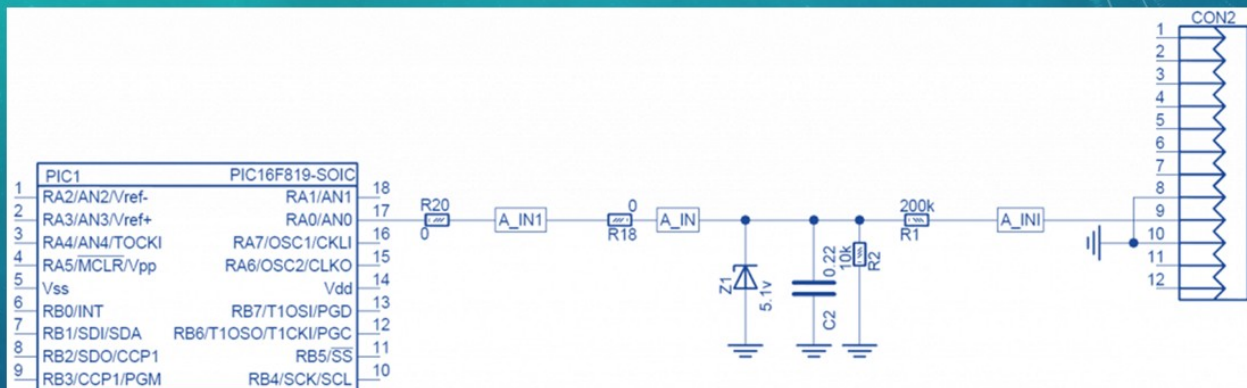
$t_2$  – кінцевий момент інтеграції.



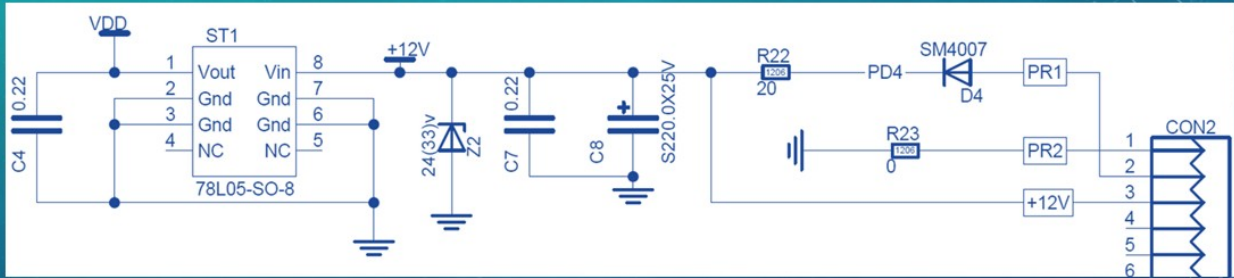
# Схема принципова електрична цифрового вольтметра-індикатору



# Вхідний ланцюг цифрового вольтметра-індикатору

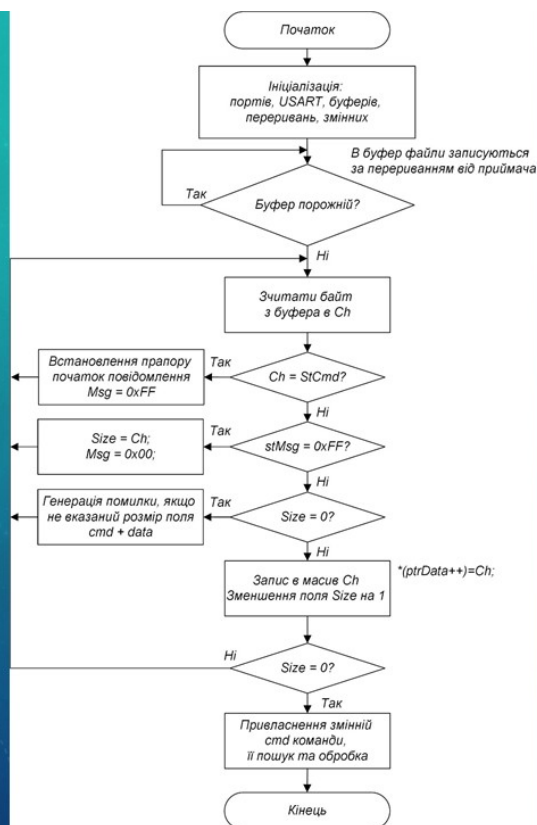
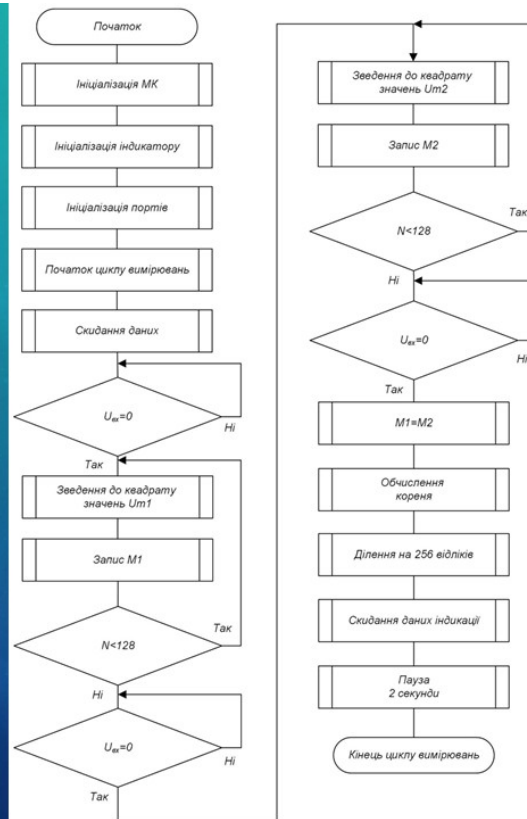


# Схема живлення цифрового вольтметра-індикатора

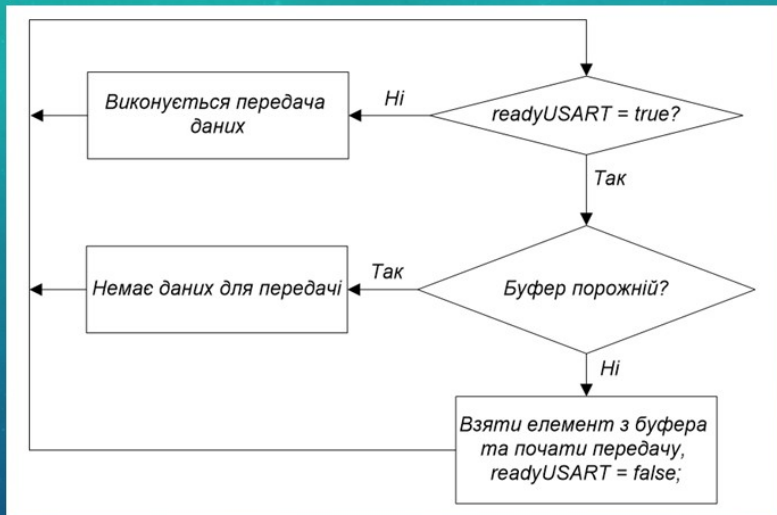


Блок-схема алгоритму проведення вимірювань за допомогою цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера

# Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера цифрового вольтметра-індикатору



# БСА програмування (прошивки) мікроконтролера цифрового вольтметра-індикатору

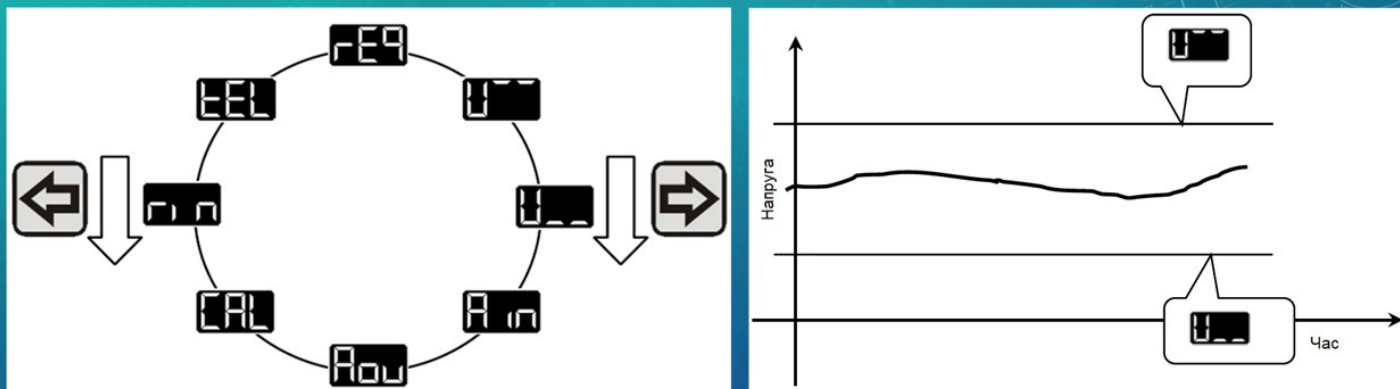


Фрагмент БСА  
відправки  
повідомлення до  
мікроконтролера

## Кнопки налаштування параметрів та керування приладом

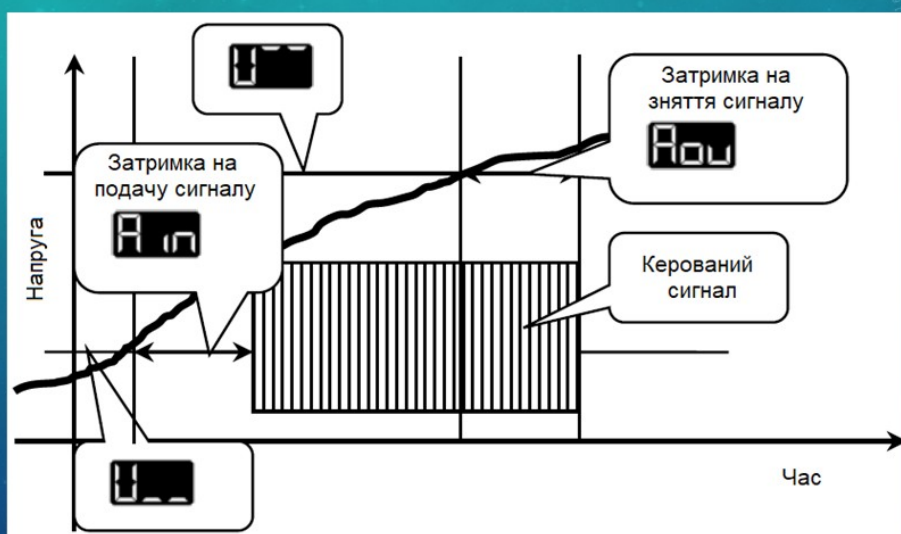


## Вибір функцій контролера вольтметра-індикатору

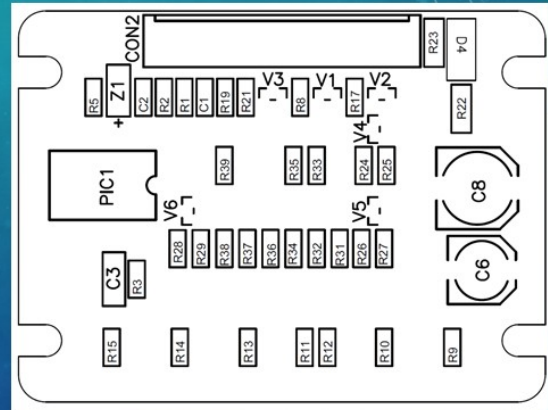
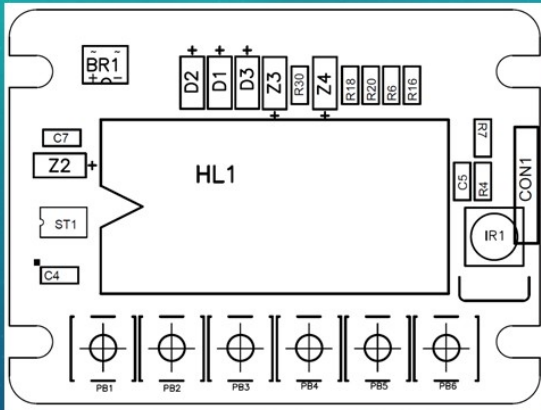


Контрольні рівні діаграми напруга/час

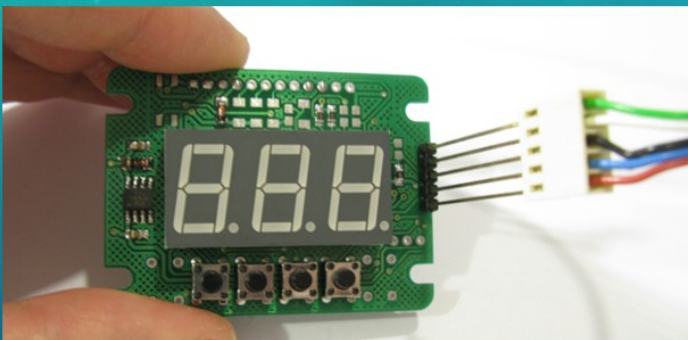
## Затримки на подачу та зняття сигналу керування



## Розроблений у P-CAD макет монтажної плати вольтметра-індикатору



## Процес прошивки мікроконтролера вольтметра-індикатору



## РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти  
відділення комп'ютерних систем

*Трачука Андрія Сергійовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Юрій Вікторович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Розробка цифрового вольтметра-індикатору на базі мікроконтролера

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 87 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 18 аркушів (слайдів)

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

Представлений дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений розробці та реалізації цифрового вимірювального приладу для визначення напруги постійного струму і складається з пояснювальної записки та мультимедійної презентації з відповідними схемами.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (Аналіз принципів роботи та видів вольтметрів; Аналіз характеристик мікроконтролера; Розробка схеми цифрового вольтметра-індикатору; Визначення параметрів вольтметра-індикатору; Розробка принципової електричної схеми; Розробка програмного забезпечення вольтметра-індикатору; Калібрування вольтметра), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту

Графічна частина складається з 18 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять структурні, принципів та функціональні схеми, фото роботи модернізованого пристрою, блок-схеми алгоритмів, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Проект має практичну реалізацію та представляє практичний інтерес, зокрема реалізовано макет монтажною плати; Розроблений вольтметр може працювати у режимах індикації, контролю виходу напруги за допустимий діапазон, контролю наявності напруги у встановленому діапазоні. Можливе підключення випрямляча на вхід вольтметра для індикації змінної напруги.

д) основні недоліки дипломного проекту Деякі використані у роботі літературні джерела видані більше 5 років тому. Бажано було б передбачити більш зручне керування режимами індикації у реалізованому прототипі пристрою

Оцінка розрахункової частини	<u>Відмінно</u>
Оцінка графічної частини	<u>Добре</u>
Загальна оцінка	<u>Відмінно</u>

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка», доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис \_\_\_\_\_  
« 20 червня 2025 р.



**ВІДГУК**

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти

відділення комп'ютерних систем

Трачука Андрія Сергійовича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітньо-професійна програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Розробка цифрового вольтметра-індикатору на базі мікроконтролера

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню.

Пояснювальна записка містить 87 сторінок. Вміст пояснювальної записки присвячений розробці цифрового вимірювального приладу для визначення напруги постійного струму, тобто вольтметра, а також його програмного забезпечення. Графічна частина складається з 18 слайдів мультимедійної презентації, які також містять креслення, передбачені технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та графічної частини добра, розробку виконано в повному обсязі.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом всього строку дипломного проектування та переддипломної практики здобувач освіти Трачук А.С. поступово та послідовно виконував всі етапи розробки. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Трачук А.С. під час роботи над дипломним проектом вивчив достатню кількість літературних джерел та матеріалів за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника добра і він готовий до захисту дипломного проекту

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання \_\_\_\_\_  
Під час дипломного проектування здобувач освіти Трачук А.С. мав змогу  
самостійно приймати окремі рішення з реалізації принципової електричної  
схеми пристрою та показав вміння організовано працювати над  
поставленим завданням, складати креслення та розрахунки за допомогою  
сучасних комп'ютерних програмних засобів та САПР, таких як NI Multisim,  
Microsoft Visio, Sprint-Layout, S-Plan, P-CAD

Оцінка розрахункової частини \_\_\_\_\_ Відмінно

Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ Добре

Загальна оцінка \_\_\_\_\_ Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту \_\_\_\_\_

Кривченко Юрій Вікторович

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту \_\_\_\_\_

ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач

специдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії,  
голова циклової комісії

Підпис \_\_\_\_\_

« 14 » серпня 2025 р.

**ДОЗВІЛ  
НА РОЗМІЩЕННЯ  
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
(ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ)  
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

**Трачук А.С.,**  
здобувач освіти гр. 4КС-58, та

**Кривченко Ю.В.,**  
керівник дипломного проекту,


не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проекту фахового молодшого бакалавра на тему:

***«Розробка цифрового вольтметра-індикатору на базі мікроконтролера»  
(автор роботи – Трачук А.С., керівник роботи – Кривченко Ю.В.)***

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

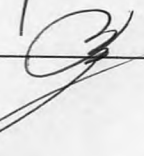
Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець

  
\_\_\_\_\_

/ Трачук А.С. /

Керівник

  
\_\_\_\_\_

/ Кривченко Ю.В. /

«16» червня 2025 р.

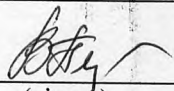
# Д О В І Д К А

циклової комісії КТ та ПІ  
про допуск до захисту дипломного проєкту  
здобувача (здобувачки) освіти IV курсу  
відділення комп'ютерних систем групи 4КС-58

Трачука Андрія Сергійовича

на тему Розробка цифрового вольтметра-індикатора  
на базі мікроконтролера


Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:  
пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з несуттєвими  
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про  
дипломне проєктування

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Петрашова В.І.  
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного  
плагиату згідно звіту про перевірку від 16.05.2025 р. значення коефіцієнту  
подібності в роботі становить 14,16%, коефіцієнт цитування – 0,87%.

  
(підпис)

16.06.2025  
(дата)

Краснокутська К.Г.  
(П.І.Б.)

**Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту**

здобувача (здобувачки) освіти

Трачука А.С.  
(П.І.Б.)

проведена « 16 » червня 2025 р.

Висновки Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному  
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає  
вимогам Положення про дипломне проєктування та рекомендована до  
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІ

  
(підпис)

Кривченко Ю.В.  
(П.І.Б.)

## Звіт подібності

## метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Розробка цифрового вольтметра-індикатора на базі мікроконтролера

Автор

Науковий керівник / Експерт

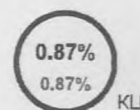
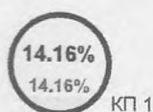
Трачук Андрій Сергійович Кривченко Юрій Вікторович

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

15782

Кількість слів

120241

Кількість символів

## Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		51
Інтервали		0
Мікропробіли		65
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		180

## Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

## 10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Копір тексту
1	<a href="https://voro.ua/uk/catalog/015036-voltmetr_panelnyy_ch-c3200_led-indikator_0-999vdc">https://voro.ua/uk/catalog/015036-voltmetr_panelnyy_ch-c3200_led-indikator_0-999vdc</a>	71 0.45 %
2	<a href="https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/">https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/</a>	70 0.44 %
3	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download</a>	63 0.40 %
4	<a href="https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/">https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/</a>	62 0.39 %
5	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download</a>	49 0.31 %

6	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download</a>	45 0.29 %
7	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/341a820e-d025-42f3-b7dc-27e831d6c66f/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/341a820e-d025-42f3-b7dc-27e831d6c66f/download</a>	44 0.28 %
8	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content</a>	43 0.27 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content</a>	37 0.23 %
10	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download</a>	34 0.22 %

### з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

### з програми обміну базами даних (0.29 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Шевчук_Б_М_РАС-41.docx 6/24/2021 Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University (кафедра радіотехнічних систем)	18 (1) 0.11 %
2	bitstream_26b65950-3377-4fee-b3ae-62c3d51be790 12/6/2024 National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" students papers (National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" students papers)	14 (2) 0.09 %
3	172_Melnuk_2019.docx 6/10/2019 Vinnytsya National Technical University (VNTU)	13 (1) 0.08 %

### з Інтернету (13.87 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a05c07c5-bf65-4cb0-bdfa-e28694707551/content</a>	574 (59) 3.64 %
2	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download</a>	234 (18) 1.48 %
3	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/fc8a1853-39fc-4671-8807-2fd27ddb0779/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/fc8a1853-39fc-4671-8807-2fd27ddb0779/content</a>	170 (19) 1.08 %
4	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/8999d5af-6274-44f4-ae78-d23e08048d38/download</a>	164 (9) 1.04 %
5	<a href="https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/">https://ukrefs.com.ua/131604-Matematicheskaya-model-cifrovogo-vol-tmetra/</a>	164 (5) 1.04 %
6	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/b1c4b329-c3e8-4b5a-a1fc-ae232ec677bd/download</a>	114 (3) 0.72 %
7	<a href="https://voron.ua/uk/catalog/015036-voltmetr_panelnyy_ch-c3200_led-indikator_0-999vdc">https://voron.ua/uk/catalog/015036-voltmetr_panelnyy_ch-c3200_led-indikator_0-999vdc</a>	96 (4) 0.61 %
8	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/6cf43324-8f08-4031-ba42-f80b18efbbc8/download</a>	65 (2) 0.41 %
9	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c63b91ba-d04f-4715-890d-b16277695c7e/content</a>	57 (3) 0.36 %
10	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/2b75599e-e1ac-412d-bf09-10d2eb49022f/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/2b75599e-e1ac-412d-bf09-10d2eb49022f/download</a>	46 (2) 0.29 %
11	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/341a820e-d025-42f3-b7dc-27e831d6c66f/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/341a820e-d025-42f3-b7dc-27e831d6c66f/download</a>	44 (1) 0.28 %
12	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content</a>	43 (1) 0.27 %
13	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8da72e29-656f-4ee4-9b22-716dedf53ff5/content</a>	42 (2) 0.27 %

14	<a href="http://lab-101.org.ua/lect/Tema%2052.html">http://lab-101.org.ua/lect/Tema%2052.html</a>	41 (4) 0.26 %
15	<a href="https://www.bestreferat.ru/referat-378764.html">https://www.bestreferat.ru/referat-378764.html</a>	35 (3) 0.22 %
16	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content</a>	34 (5) 0.22 %
17	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/5240e379-7721-49f0-8ee8-27140b0b473a/download</a>	34 (1) 0.22 %
18	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3302e08a-9549-43ba-8861-728bff7dc7ff/content">https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3302e08a-9549-43ba-8861-728bff7dc7ff/content</a>	32 (3) 0.20 %
19	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/63ee88cb-a3d0-4005-9cf2-0cff89f28c0d/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/63ee88cb-a3d0-4005-9cf2-0cff89f28c0d/download</a>	27 (5) 0.17 %
20	<a href="https://library.kre.dp.ua/Books/2-4%20kurs/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/%D0%92%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85%20%D0%B7%D0%B2%E2%80%99%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D1%83.%20%D0%9A%D0%BD.%201.%20%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA..pdf">https://library.kre.dp.ua/Books/2-4%20kurs/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F/%D0%92%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85%20%D0%B7%D0%B2%E2%80%99%D1%8F%D0%B7%D0%BA%D1%83.%20%D0%9A%D0%BD.%201.%20%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%20%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA..pdf</a>	24 (2) 0.15 %
21	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download</a>	23 (1) 0.15 %
22	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/aed610a6-43ef-47e0-9066-e85c89456f3e/download</a>	18 (2) 0.11 %
23	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download</a>	18 (1) 0.11 %
24	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/34a6756b-592f-4b77-a805-183aa03a6a26/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/34a6756b-592f-4b77-a805-183aa03a6a26/download</a>	17 (1) 0.11 %
25	<a href="http://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2013/04/Mikroprotsesorni-pristroyi.pdf">http://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2013/04/Mikroprotsesorni-pristroyi.pdf</a>	14 (1) 0.09 %
26	<a href="https://asnk.kpi.ua/docs/anotations/bachelor/MykhailenkoY_ua.pdf">https://asnk.kpi.ua/docs/anotations/bachelor/MykhailenkoY_ua.pdf</a>	13 (2) 0.08 %
27	<a href="https://dnaop.com/html/57284_3.html">https://dnaop.com/html/57284_3.html</a>	11 (1) 0.07 %
28	<a href="https://ztu.edu.ua/site/graduation-works-get-file?id=7433758">https://ztu.edu.ua/site/graduation-works-get-file?id=7433758</a>	10 (1) 0.06 %
29	<a href="https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronniy-signal-zator-na-m-krokontroler.html">https://refy.ru/40/173667-avtomob-lniy-ohoronniy-signal-zator-na-m-krokontroler.html</a>	8 (1) 0.05 %
30	<a href="http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/791/1/Textbook-Medvid_Kozbur_Pistsio-Lecture_Design_of_microprocessor_control_systems_of_technological_processes_2009.pdf">http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/791/1/Textbook-Medvid_Kozbur_Pistsio-Lecture_Design_of_microprocessor_control_systems_of_technological_processes_2009.pdf</a>	7 (1) 0.04 %
31	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download</a>	5 (1) 0.03 %
32	<a href="https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download">https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download</a>	5 (1) 0.03 %

## Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР

ЗМІСТ

КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітньо-професійна програма: «Обслуговування  
комп'ютерних систем і мереж» Група: 4КС- 58

Дипломний проект здобувача освіти денної форми навчання КС. 58.18.000.ДП

ТРАЧУКА