

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від 16 грудня 2022 р.  
№ 13

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**для виконання курсового проекту з навчальної дисципліни**

### **«МІКРОПРОЦЕСОРИ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРИ У ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»  
освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-  
вимірювальні системи»

факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Рекомендовано на засіданні  
кафедри метрології та  
інформаційно-вимірювальної  
техніки  
30 серпня 2022р., протокол № 8

Розробник: к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальної  
техніки ЧЕПЮК Ларіна

Житомир  
2022

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 2

Методичні рекомендації до курсового проекту з дисципліни «МІКРОПРОЦЕСОРИ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРИ У ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»/ Укладач Л.О. Чепюк, – Житомир: ДУ «Житомирська політехніка», 2022. – 36 с.

Укладач: Л.О. Чепюк

Рецензенти:

д.т.н., професор кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна Кирилович В.А.,

к.т.н., доцент кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна Шавурський Ю.О.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 3

## Зміст

1. Вступ	4
2. Завдання на проектування	5
3. Склад курсового проекту	7
4. Розробка структурної схеми проектованого пристрою	10
5. Датчики	11
5.1 Датчики температури	11
5.2. Датчики струму і напруги	12
5.3 Лінійні датчики магнітного потоку	13
6. Вхідний підсилювач	15
7. Аналогово-цифрові перетворювачі	19
8. Пристрій вводу даних	20
9. Блок індикації	23
9.1. Світлодіодні індикатори	23
9.2. Рідинно-кристалічні індикатори (РКІ)	27
10. Вибір мікроконтролера	31
11. Вибір елементів електронних схем	32
11.1 Вибір резисторів	32
11.2. Вибір конденсаторів	32
11.3 Вибір діодів	33
12. Вимоги до оформлення курсового проекту	34
13. Рекомендована література	35

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 4

## 1. Вступ

Дисципліна «МІКРОПРОЦЕСОРИ ТА МІКРОКОНТРОЛЕРИ У ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ» (далі в тексті – «МП та МК у ІВТ», МПС) призначена для навчання студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірjuвальна техніка», освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані інформаційно-вимірjuвальні системи» принципам побудови, вивчення особливостей традиційних та перспективних мікропроцесорних систем, способів створення та керування такими системами.

Курсовий проект на тему «Проектування мікропроцесорної системи» є складовою частиною дисципліни «МП та МК у ІВТ» і передбачає систематизацію і закріплення теоретичних знань, необхідних для вирішення конструкторських задач.

Виконання курсового проекту базується на знаннях, які студенти отримали при вивченні таких дисциплін:

- Комп'ютерні технології та програмування;
- Теорія електричних сигналів та кіл;
- Електроніка та мікропроцесорна техніка;
- Програмування мікропроцесорних засобів вимірjuвальної техніки;
- Вимірjuвання електричних та неелектричних величин в технічних системах;
- Прикладна теорія цифрових автоматів.

В результаті виконання курсового проекту студенти повинні засвоїти принципи та етапи проектування пристроїв на базі мікропроцесорної техніки, способи та методики вибору необхідних для реалізації проекту електрорадіоелементів та мікросхем, навчитися оформлювати технічну документацію на текстові і графічні документи на апаратну та програмну частини проекту.

Виконання курсового проекту має такі основні етапи:

- отримання курсового завдання;
- аналіз предметної галузі, інформаційний пошук аналогів;
- вибір елементної бази реалізації проекту;
- розробка структурної схеми;
- розробка електричної схеми;
- розробка алгоритму роботи прикладної програми пристрою;
- оформлення текстової та графічної частин проекту;
- перевірка та нормоконтроль документації проекту;
- підготовка презентації проекту та захист.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 5

## 2. Завдання на проектування

Завдання на виконання курсового проекту видається кожному студенту індивідуально, являє собою короткий опис пристрою та його призначення і приведені в таблиці 1. Студент може виконати і типові завдання, викладач задає закон керування, кількість датчиків, номінальну величину контролюємого параметру, похибку регулювання, мінімальний рівень вхідного сигналу, діапазон змінювання вихідного сигналу для виконавчого механізму. Приклад типового завдання наведено в додатку.

Таблиця 1 Завдання на виконання курсового проекту

№ п/п	Завдання	Примітка
1	Мікропроцесорний вимірювач температури в діапазоні від $-50^{\circ}$ до $+50^{\circ}\text{C}$ з світлодіодним дисплеєм.	
2	Програмований тахометр з рідиннокристалічним дисплеєм	
3	Електронний цифровий вольтметр до 100В з рідиннокристалічним дисплеєм	
4	Програмований пристрій сигналізації	
5	Програмований регулятор температури води в акваріумі	
6	Електронний цифровий частотомір з рідиннокристалічним дисплеєм	
7	Мікропроцесорний пристрій керування освітленням в навчальній аудиторії	
8	Програмований регулятор температури повітря в навчальній аудиторії.	
9	Електронний цифровий амперметр змінного струму до 1А	
10	Мікропроцесорний гігрометр з рідиннокристалічним дисплеєм	
11	Програмоване реле часу з періодом спрацювання від 1 до 99 хвилин	
12	Мікропроцесорний вимірювач температури в діапазоні від $0^{\circ}$ до $500^{\circ}\text{C}$ з рідиннокристалічним дисплеєм	
13	Програмований лічильник-частотомір з світлодіодним дисплеєм	
14	Мікропроцесорний регулятор температури води в бойлері	
15	Програмований вимірювач часових інтервалів від 0,1 до 120 секунд	
16	Програмований пристрій керування кроковим двигуном	
17	Електронний цифровий милівольтметр постійного струму з світлодіодним дисплеєм	
18	Програмований регулятор обертів двигуна постійного струму	
19	Електронний цифровий вимірювач частоти обертів	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 6

20	Електронний цифровий автомобільний спідометр	
21	Мікропроцесорний вимірювач кімнатної температури з світлодіодним індикатором	
22	Електронний цифровий амперметр постійного струму до 10А	
23	Мікропроцесорний програмований регулятор опалення приміщення	
24	Електронний цифровий мільвольтметр змінного струму з світлодіодним дисплеєм	
25	Інтелектуальний зарядний пристрій для акумуляторів мобільних телефонів	
26	Програмований дистанційний пристрій керування до 8-ми функцій	
27	Програмований зарядний пристрій для автомобільних акумуляторів	
28	Програмований пристрій дистанційного комплексного керування житловим приміщенням	

### Порядок і контроль виконання курсового проекту

Курсовий проект виконується в порядку, встановленому керівником проекту і в термін, вказаний в календарному плані.

Контроль виконання здійснюється на практичних заняттях по чорнових запискам студента.

За тиждень до захисту студент повинен здати курсовий проект на перевірку керівнику.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 7

### 3. Склад курсового проекту

Складовими частинами комплексу технічної документації курсового проекту, які студент повинен розробити є – пояснювальна записка (ПЗ) і графічна частина.

ПЗ – текстовий документ проекту, який виконується на форматах А4 і повинен мати об’єм до 15 сторінок машинописного або до 25 сторінок рукописного тексту. В ПЗ викладають сутнісну частину проекту в якій потрібно привести:

- а) титульний лист;
- б) завдання на проектування;
- в) зміст;
- г) вступ з обґрунтуванням теми завдання проекту;
- д) основну частину;
- е) висновок;
- ж) список використаних джерел;
- з) додатки.

3.1 Вступ повинен містити обґрунтування теми завдання проекту, короткий огляд аналогічних пристроїв та їх використання. Крім того, у вступі варто викласти перелік вимог до пристроїв подібного класу. Обсяг вступу – 2...3 сторінки.

3.2 Основна частина пояснювальної записки повинна містити наступні підрозділи:

- аналітичний огляд;
- складання структурної схеми пристрою;
- розробка принципової електричної схеми пристрою;
- електричний розрахунок;
- розробка алгоритму роботи прикладної програми пристрою;

3.2.1 Аналітичний огляд повинен містити інформацію про пошукову роботу студента по тематиці курсового проектування. Джерелами науково-технічної інформації є: технічна література, що включає підручники, тематичні видання, огляди, реферативні видання та ін. Огляд повинен відбивати стан питання на сучасний момент, його ретроспективу і перспективу. Варто описати схемотехнічні тенденції побудови пристрою, виявити основні напрямки розвитку в даній області, відзначивши переваги і недоліки кожного з них. Обсяг -2...3 сторінки.

3.2.2 Структурну схему складають на підставі проведеного інформаційного пошуку. Вона повинна відображати принцип роботи пристрою в самому зага-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 8

льному вигляді. Побудова схеми повинна давати наочне уявлення про послідовності взаємодії функціональних частин у пристрої. Основні вимоги до структурних схем і приклади їхнього виконання приведені в [11]. В описі структурної схеми варто вказати призначення кожного з блоків (вузлів), а також основні вимоги до них. Обсяг - 2...3 сторінки.

3.2.3 Розробка принципової електричної схеми пристрою. Принципова схема є найбільш повною електричною схемою виробу, на якій зображують всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю в виробі заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи підключення (з'єднувальні роз'єми, затиски), якими закінчуються вхідні і вихідні кола. Принципова схема повинна відповідати складеній раніше структурній схемі. Рекомендується наступний порядок:

- вибір і обґрунтування схемотехніки функціональних вузлів схеми;
- узгодження обраних вузлів схеми;
- остаточне складання й опис принципової схеми пристрою.

Дані про елементи, що входять в склад принципової схеми пристрою - мікросхеми, резистори, конденсатори і т.п., повинні бути записані в перелік елементів, який виконується у вигляді таблиці. Вимоги до складання схем у [11, 12]

Обсяг - 3...5 сторінок.

3.2.4 Електричний розрахунок виконують для кожного блоку і вузла. При розрахунку варто враховувати особливості електронної схеми даного класу. У результаті розрахунку одержують номінали елементів кіл, і на їх основі вибирають стандартні компоненти і деталі. Особливу увагу варто звернути на вибір таких компонентів схеми, як напівпровідникові прилади. Розрахунок повинний бути аргументованим, тобто всі застосовані формули і методики повинні бути пояснені, а при використанні відомих методик зроблені посилання на літературу.

Обсяг – 3..5 сторінок.

3.2.4 Розробку алгоритму роботи прикладної програми пристрою проводять на основі завдання до курсового проекту. Алгоритм прикладної програми повинен відображати всі деталі роботи пристрою з чіткими і зрозумілими позначеннями блоків, давати наочне уявлення про послідовності взаємодії функціональних частин у програмі. Складний алгоритм рекомендується розділити на кілька простих з обов'язковим приведенням безпосередніх зв'язків між ними. Основні вимоги до виконання алгоритмів і приклади їхнього виконання приведені в [10].

Обсяг – 3..5 сторінок.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 9

3.3 У висновку потрібно охарактеризувати спроектований пристрій, відмітити його переваги та недоліки. Крім цього у висновку приводять загальні рекомендації про покращення параметрів пристрою.

Обсяг – 1...2 сторінки.

3.4 Список використаних джерел потрібно створювати по загальноприйнятим правилам. З правильним оформленням списку можна ознайомитися, проглянувши технічну літературу поточного року, а також методичні вказівки до виконання курсового проекту. Номери джерел в списку повинні слідувати в порядку, в якому вони використовувалися в тексті ПЗ, або в алфавітному порядку.

3.5 Додатки розміщують в кінці пояснювальної записки. В додатки виносять відомості, які часто використовуються курсовому проекту. а також друковані матеріали і лістинги програм для ЕОМ. Кількість додатків не обмежена, однак рекомендується відомості загального характеру розміщувати в одному додатку.

#### 4. Розробка структурної схеми проектованого пристрою

В загальному випадку проектований пристрій, призначений для контролю і збору інформації, а також для керування об'єктами можна представити спрощеною структурною схемою, яка представлена на рис.1.

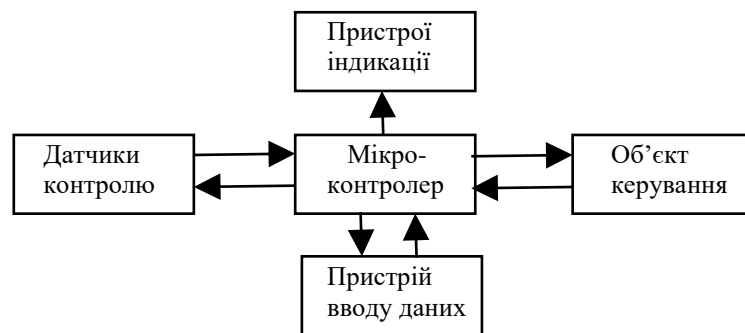


Рис. 1. Спрощена структурна схема пристрою

В свою чергу конкретний проектований пристрій можна представити у вигляді розширеної структурної схеми, яка приведена на рис.2.

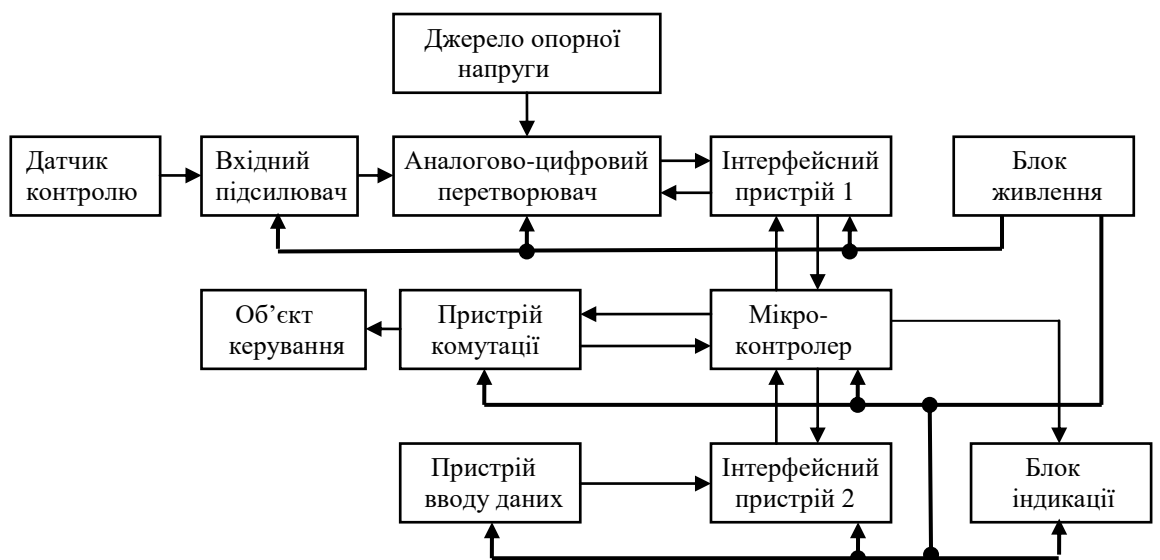


Рис. 2. Розширена структурна схема пристрою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 11

## 5. Датчики

Датчик – це елемент, який перетворює контрольовану або регульовану величину в вихідний сигнал, придатний для подальшої обробки.

Датчики реагують на різні види дій. Основою для класифікації датчиків часто використовується принцип їх роботи, яка у свою чергу, може базуватися на фізичних або хімічних явищах і властивостях.

Розглянемо основні види і типів датчиків.

### 5.1 Датчики температури

Серед всього різноманіття датчиків, датчик температури є найпоширенішим і відрізняється своєю різноманітністю. У таблиці 2 приведені деякі типи температурних датчиків та їх переваги та недоліки.

Таблиця 2 Датчики температури

Види датчиків	Типи датчиків	Діапазон величин опору, Ом	Діапазон робочих температур, °С	Переваги	Недоліки
Дротяні терморезистори	TSM			Лінійна характеристика	Великі габарити, велика постійна часу
	TSM				
	TSP				
	TSP				
Терморезистори	ММТ-1	1000– 220000	- 60 ... + 125	Малі габарити, мають велику чутливість до змін температури, досить мала постійна часу (1–115с).	Нелінійні характеристики, складність калібрування пристрою.
	КМТ-1	22000–1000000	- 60 ... + 180		
	ИМТ- 4	1000 – 220000	- 60 ... + 125		
	СТ1-17	330 – 22000	- 60 ... + 100		
	СТ1-18	1500 – 2200000	- 60 ... + 100		
	СТ1-19	3300 – 2200000	- 60 ... + 300		
	B57 45-K	1000 – 330000	- 60 ... + 300		
	B57 2020-M	16330 ± 1000	- 60 ... + 200		
	B57 703-M	10000 ± 200	- 60 ... + 160		
	B57 820-M	220 ± 11	- 40 ... + 125		
	B59 100-C	27 – 100000	- 30 ... + 180		
	B59 1710-A	≤ 1000	+ 90... + 130		
B59 55-M	100 – 750	+ 60 ... + 190			
B59 801-D	80 – 130	+ 40 ... + 140			
Напівпровідникові інтегральні датчики	LM135		- 50 ... + 150	Лінійна характеристика, ТКН – 10мВ/°К	Додаткове джерело живлення
	LM235		- 50... + 100		
	LM335		- 40 ... + 100		

#### Примітки

B57 – NTC терморезистори (Negative Temperature Coefficient), зменшують свій опір з збільшенням температури.

B59 – PTC терморезистори (Positive Temperature Coefficient), збільшують свій опір з збільшенням температури.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 12

## 5.2 Датчики струму і напруги

Особливе місце займає група датчиків, так або інакше пов'язаних з виміром струму або напруги. До останнього часу для вирішення вказаних завдань в основному використовувалися класичні датчики у вигляді шунтів, трансформаторів струму і магнітних підсилювачів. Кожен з цієї групи датчиків має свої переваги і ряд недоліків.

Так, наприклад, шунт (низькоомний резистор) відрізняється простотою виконання, проте не забезпечує гальванічної розв'язки від шини з струмом. Трансформатор струму має, як правило, гранично низьку ціну, проте не здатний вимірювати постійний струм. Магнітний підсилювач обмежується виміром лише пульсуючих струмів.

Всі перераховані недоліки усунені в конструкціях наступного покоління датчиків, що отримали назву датчиків виміру струму і напруги, характеристики яких приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

### Датчики виміру струму і напруги

Види датчиків	Типи датчиків	Діапазон вимір. величин В, (А)	Чутливість, В/АТ	Вихідний сигнал, В, (мА)	Переваги	Недоліки
Датчики напруги	ДНХ-50	0 ... 50	0.5...1.2	(50)	Лінійна характеристика, невеликі габарити	Додаткове джерело живлення
	ДНХ-100	10 ... 100	1.3 ... 1.9	(50)		
	ДНХ- 500	50 ... 500	1.5 ... 2.2	(50)		
	КСУ 14	0 ... 140	150 ... 230	5		
Датчики струму	ДИТ- 40	0 ... 40	1.2 ... 2.1	10		
	ДИТ-80	0 ... 80	2.2 ... 2.9	3		
	ДИТ-500	0 ... 500	4.2 ... 5.1	5		
	ДТХ-50	0 ... 50	0.2 ... 0.5	(25)		
	ДТХ-100	0 ... 100	0.8 ... 1.4	(50)		
	ДТХ-200	0 ... 200	169 ... 2.8	(100)		
	МАХ 471	0 ... 3	1.6 ... 1.7	36		

### Примітки.

Мікросхема МАХ 471 компанії MAXIM створена для контролю змін сили струму.

Містить в одному корпусі резистор з опором близько 0.035 Ом і декілька операційних підсилювачів, включених за оригінальною схемою. Напряга живлення мікросхеми 3 – 36 В, при струмі живлення менше 100 мкА. Напряг вимірюваного струму може бути довільним. На рис. 3 показана одна з можливих схем включення мікросхеми МАХ 471.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 13

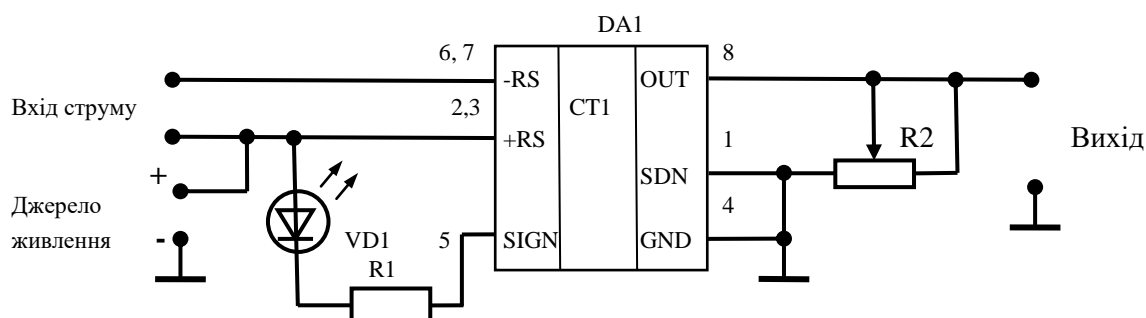


Рис. 3 Схема електрична принципова датчика струму.

Світлодіод VD1 служить для індикації знаку вимірюваного струму, а резистор R1 обмежує струм свічення світлодіода. Резистором R2 здійснюється калібрування датчика струму, так при  $R2 = 2\text{кОм}$  – вихідний сигнал пропорційний  $1\text{В}/1\text{А}$ .

Резистор R1 можна розрахувати по формулі:

$$R1 = \frac{U_{дж} - U_{vd}}{I_{vd}}; \quad (1)$$

де  $U_{дж}$  – напруга живлення датчика, В;  
 $U_{vd}$  – падіння напруги світлодіода, В;  
 $I_{vd}$  – струм свічення світлодіода, А.

### 5.3 Лінійні датчики магнітного потоку.

Сфера використання датчиків магнітного потоку досить велика, як і різноманітність датчиків. Лінійні датчики магнітного потоку можна розділити на декілька груп по внутрішній структурі і сферам застосування. Нижче приведені типи і деякі характеристики різних типів датчиків.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 14

Таблиця 4  
Магніторезистори

Типи датчиків	Діапазон робочих температур, °C	Структура	Особливості	Використання
FP 210 D/L	- 40 ... + 140	Диф. полуміст	Висока чутливість, високий дозволяюча спроможність, оптимізовані для вживання в системах із зубчастими колесами.	Датчики кутового положення, швидкості обертання, подовжнього переміщення, лінійного положення
FP 212 D/L	- 40 ... + 140	Диф. полумост		
FP 410 L	- 40 ... + 175	2 диф. полумоста		
FP 410 D/L	- 40 ... + 175	Диф. полумост		
FP 420 L	- 40 ... + 175	2 диф. полумоста		
FP 425 L	- 40 ... + 175	Диф. полумост		

Таблиця 5

Датчики Холла

Типи датчиків	Діапазон робочих температур, °C	Лінійність	Чутливість, В/АТ	Особливості	Використання
KSY 13	- 40 ... + 150	± 2%	190 ... 290	Висока лінійність, широкий температурний діапазон, для поверхневого монтажу, зверхпластиковий корпус 0.7мм.	Вимір пересувань, безконтактні потенціометри, датчики струму в моторах постійного струму
KSY 14	- 40 ... + 175	± 2%	190 ... 260		
KSY 16	- 40 ... + 150	± 2%	190 ... 260		
KSY 44	- 40 ... + 175	± 2%	150 ... 230		
KSY 46	- 40 ... + 150	± 2%	150 ... 230		

Примітки:

GMR (Giant Magneto Resistors) магніторезистори – покращені магніторезистори, побудовані як багат шарові структури магнітних (Fe, Co) і немагнітних (Cu) матеріалів. Величина опору GMR чутлива лише до напрямку sin/cos магнітного поля і нечутлива до його напруженості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 15

## 6. Вхідний підсилювач

При виборі схеми вхідного підсилювача необхідно враховувати основну вимогу, що пред'являється до нього: забезпечення високого вхідного опору каскаду, необхідного для узгодження підсилювача з джерелом сигналу.

Величину вхідного опору вхідного підсилювача визначають з умови:

$$R_{вх.п.} > (5...10)R_{д}, \quad (2)$$

де  $R_{вх.п.}$  - вхідний опір вхідного каскаду, Ом;  
 $R_{д}$  - внутрішній опір джерела сигналу (датчика), Ом.

Вибираючи схему вхідного каскаду, слід орієнтуватися на відомі дані. Так схема із загальним емітером (ОЕ) має  $R_{вх.} = 10^3 \dots 10^4$  Ом, схема із загальним колектором (ОК) -  $R_{вх.} = 10^4 \dots 10^5$  Ом, диференціальний підсилювач на біполярних транзисторах -  $R_{вх.} = 10^3 \dots 10^4$  Ом, підсилювальний каскад на польовому транзисторі -  $R_{вх.} = 10^5 \dots 10^7$  Ом, операційний підсилювач -  $R_{вх.} = 10^6 \dots 10^8$  Ом. При цьому потрібно враховувати зниження або підвищення  $R_{вх.}$  за рахунок введення зворотних зв'язків.

Установка диференціального каскаду або операційного підсилювача на вході підсилювача дає ряд переваг, а саме:

1. Підвищення температурної стабільності вхідного підсилювача
2. Спрощення підключення зворотного зв'язку (див. рис.4)
3. Підвищення вхідного опору

При розрахунку диференціального каскаду необхідно повністю використовувати підсилювальні властивості транзистора. Це досягається вибором струму спокою, більшим або рівним, чим струм  $I_{к.мін}$  (струм колектора, необхідний для забезпечення максимуму коефіцієнта підсилення по струму  $h_{21e}$ ).  $I_{к.мін}$  визначають з довідкових даних вибраного транзистора. Коефіцієнт посилення по напрузі диференціального каскаду можна визначити по формулі:

$$K_{уд} = h_{21e} \frac{(R_k // \frac{R_H}{2})}{R_{\Gamma} + R_{вх.д}} \quad (3)$$

де  $h_{21e}$  - коефіцієнта підсилення по струму;  
 $R_{\Gamma}$  - вихідний опір джерела сигналу, Ом;  
 $R_{вх.д}$  - вхідний опір диференціального каскаду, Ом.

Операційний підсилювач призначений для виконання математичних операцій: додавання, віднімання, множення, логарифмування і ін. Крім того, ОУ використовують в різних електронних схемах, як аналогової, так і імпульсної дії. Це пояснюється його дешевизною, надійністю і хорошими електричними параметрами.

рами. ОУ майже завжди використовується з глибоким негативним зворотним зв'язком. Він має інверсний і прямий входи, вихід, виводи, для підключення джерел живлення і загального проводу, а також виводи для підключення пасивних ланцюгів, що коректують АЧХ ОУ.

Розрізняють п'ять схеми включення операційного підсилювача: інвертуючу, неінвертуючу, диференціальну, диференціюючу і інтегруючу, які приведені на рис.4.

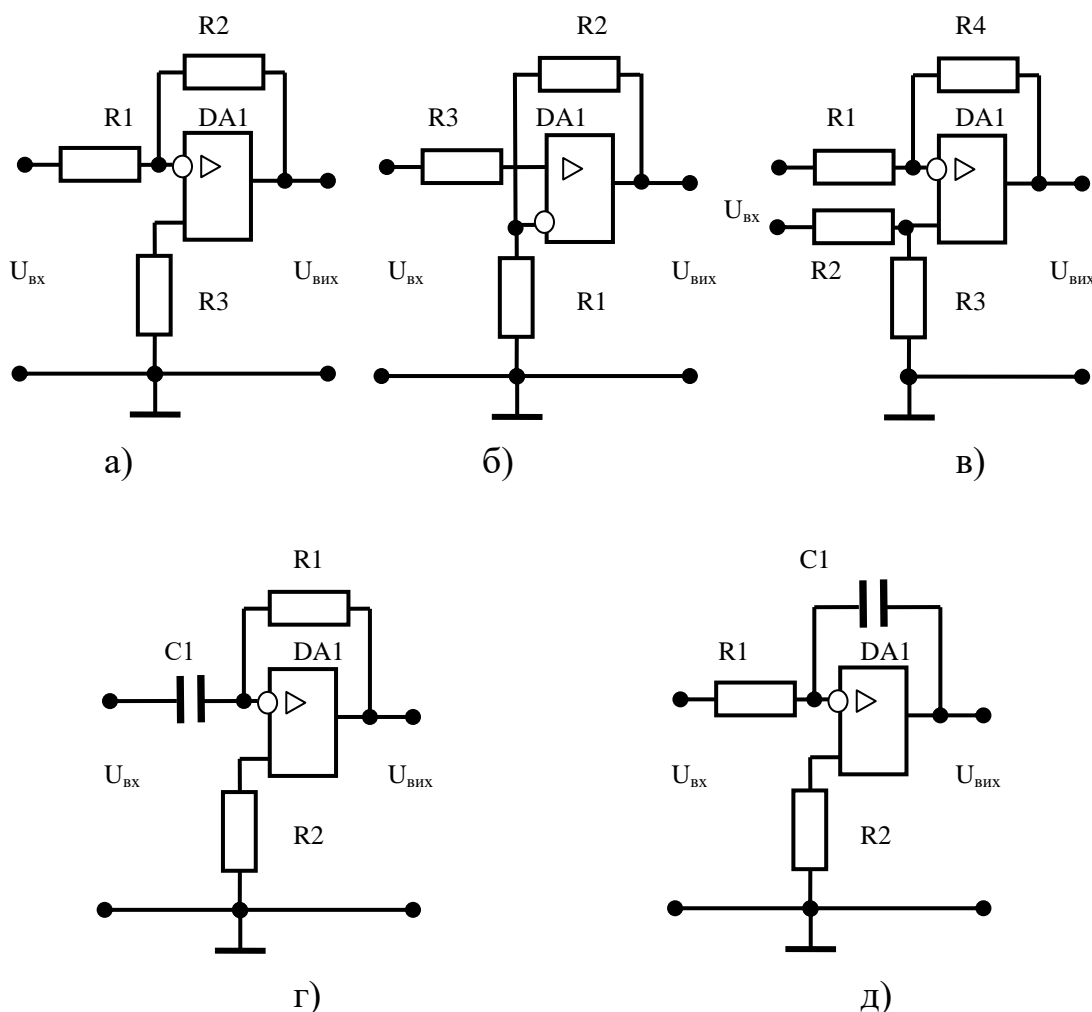


Рис.4. Схеми включення операційного підсилювача:  
а) інвертуюча, б) неінвертуюча, в) диференціальна,  
г) диференціююча і д) інтегруюча.

У інвартуючому підсилювачі (рис.4,а) вхідний сигнал подається на інвартуючий вхід ОУ відносно загального проводу, що при цьому неінвартуючий вхід підключений до загального проводу через резистор  $R3 = R1 \parallel R2$ . Підсилювач охоплений паралельним негативним зворотним зв'язком по напрузі за допомогою резисторів R1 і R2.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 17

У неінвертуючому підсилювачі (рис.4,б) сигнал подають на неінвертуючий вхід ОУ, а інвертуючий вхід підключають до входу резисторного дільника ООС, створеного резисторами R1 і R2.

У схемі диференціюючого підсилювача (рис.4,в) вхідний сигнал подається на обидва входу ОУ. Причому на інвертуючий вхід подається також сигнал негативного зворотного зв'язку, що знімається з виходу резисторного дільника R1, R4. У даній схемі зазвичай R1 = R2 і R3 = R4.

При аналізі схем на ОУ приймають наступні допущення:

$$K_{u_{OY}} \rightarrow \infty, R_{VX_{OY}} \rightarrow \infty, U_{VX_{OY}} \rightarrow 0, I_{VX_{OY}} \rightarrow 0.$$

Тоді для схеми зображеною на рис.4,а - коефіцієнт посилення по напрузі і вхідний опір підсилювача охопленого зворотним зв'язком можуть бути розраховані по формулах:

$$K_{u_{oc}} = \frac{R2}{R1}; \quad R_{VX_{oc}} = R1; \quad (4)$$

для схеми зображеній на рис.4,б:

$$K_{u_{oc}} = 1 + \frac{R2}{R1}; \quad R_{VX_{oc}} = R_{VX_{OY}} \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right); \quad (5)$$

для схеми зображеній на рис.4,в:

$$K_{u_{oc}} = \frac{R2}{R1}; \quad R_{VX_{oc}} = R1 + R2; \quad (6)$$

де  $K_{u_{oc}}, K_{u_{OY}}$  – коефіцієнт посилення ОУ із зворотнім і без зворотного зв'язку;

$R_{VX_{oc}}, R_{VX_{OY}}$  – вхідні опори ОУ із зворотнім і без зворотного зв'язку.

Залежно від вибраного типу датчика і аналого-цифрового перетворювача (див. таблицю 7), тобто їх вихідних і вхідних параметрів, вибирають одну з схем вхідного підсилювача і розраховують номінали елементів.

Вибір операційного підсилювача проводиться по таких основних параметрах, як:  $U_{вих\ m}$  – вихідна напруга, позитивна і негативна напівхвилі повинні бути рівними;

$U_{вх\ m}$  – вхідна напруга, повинно бути якомога більше ( $\approx 5V$ );

$U_{п}$  – напруга живлення, повинно бути біполярним і вище 6V;

$I_{вих\ m}$  – максимальний струм виходу, повинен бути більше 3mA;

$R_{вих\ min}$  – мінімальний опір навантаження, вказується, якщо немає  $I_{вих\ m}$ , і повинно бути менше 4кОм;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 18

$R_{вх}$  – вхідний опір, повинен бути більше 100кОм;

$f_1$  – частота одиночного посилення, повинна бути багато більш ніж  $f_{гр}$  вибраного датчика.

Операційний підсилювач можна вибрати з таблиці 6

Таблиця 6

Типи операційних підсилювачів

Тип ОУ	U <sub>ж</sub> , В	U <sub>вих</sub> м, В	I <sub>вих</sub> м, мА (R <sub>н</sub> min, Ом)	K <sub>У</sub>	U <sub>вих</sub> м, В	R <sub>вх</sub> , кОм	f <sub>1</sub> , МГц	P <sub>ж</sub> , мВт
K140УД6А	± 15	± 12	(1000)	70·10 <sup>3</sup>	±10	2000	3	84
K140УД7А	± 15	± 10.5	(2000)	50·10 <sup>3</sup>	±5	400	0.8	84
K140УД8Б	± 15	± 10	(2000)	20·10 <sup>3</sup>	±10	100	1	150
K140УД11	± 15	± 12	6	50·10 <sup>3</sup>	±5	100	300	240
K140УД12	± 3	± 2	3	25·10 <sup>3</sup>	±2	50	2	0,12
K140УД17	± 15	± 10	6	3·10 <sup>3</sup>	±5	100	10	150
K140УД25	± 15	± 12	6	3·10 <sup>3</sup>	±5	100	10	150
K140УД27	± 15	± 12	10	10·10 <sup>3</sup>	±5	100	1	140
K544УД1А	± 15	± 10	(2000)	120·10 <sup>3</sup>	±10	10·10 <sup>6</sup>	1	150
K544УД2А	± 15	± 10	(2000)	20·10 <sup>3</sup>	±10	1·10 <sup>5</sup>	500	210
K553УД1Б	± 15	± 10	(2000)	25·10 <sup>3</sup>	±5	25·10 <sup>3</sup>	15	54
K553УД2	± 15	± 10	(2000)	20·10 <sup>3</sup>	±5	300	20	90

Операційний підсилювач можна вибрати також на сайті [19].

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 19

## 7. Аналогово-цифрові перетворювачі

В даний час в МПС використовують наступні типи АЦП:

- АЦП на основі перетворювачів “напруга-частота”. До даного типу відносять АЦП з дельта - сигма - модуляцією;
- АЦП “часово-імпульсні” з одноразовою і подвійною інтеграцією сигналу, вони перетворюють вимірювану напругу в часовий інтервал;
- АЦП послідовного рахунку і послідовних наближень. Вони будуються на основі ЦАП;
- АЦП паралельного перетворення, даний тип швидкодіючий, але малорозрядний.

Вибір АЦП для МПС здійснюють на основі наступних характеристик:

- 1) похибка перетворення  $\Delta = \pm \frac{U_{\max\text{АЦП}} - U_{\min\text{АЦП}}}{2^n - 1} \times \frac{1}{2}$  (7)
- 2) час перетворення – інтервал часу між подачею сигналу на вхід АЦП і появою стійкого коду на виході;
- 3) апертурний час – інтервал часу, в перебігу якого неможливо точно сказати до якого з моментів часу відноситься отримане вимірювання (похибка вимірювання сигналу в часі).

Для інтегральних АЦП важливими є:

- 4) інтерфейс передачі отриманих даних в мікроконтролер;
- 5) наявність вбудованого джерела опорної напруги, пристрій вибірки і зберігання величини вхідної напруги (ПВЗ).

Детально розглянуто програмно - апаратну реалізацію основних типів АЦП в [ 13, с. 66]. Вибрати АЦП можна з таблиці 7, в якій приведені декілька типів аналогово-цифрових перетворювачів.

Таблиця 7

Типи аналогово-цифрових перетворювачів

Тип АЦП	Уж, В	Uоп, В	Uвх.м, В	Число розрядів	Метод перетворення	Швидкодія, мкс	Вихід	Примітки
HS9582	+5	Зовн. 1 - 5	0 - Uоп	6	М	0.07	Z, 6p	Швидкий
ADC0844	+5	Зовн. 1 - 5	0 - Uоп	8	ПП	40	Z, 8p	4- входовий мультиплексор
ADC0831	+5	Зовн. 1 - 5	0 - Uоп	8	ПП	32	-, П	Невеликий, не потребує зовнішньої логіки

## 8. Пристрій вводу даних

Для взаємодії з оператором в МПС використовують клавіатури для введення інформації. Якщо кількість кнопок клавіатури, що підключається до мікроконтролера  $>5$ , то підключення кнопок організують у вигляді матриці:

Таке включення дозволяє економити число необхідних ліній портів введення-висновку для підключення кнопок.

Приклад: для організації клавіатури з 12 кнопок потрібно:

- традиційний спосіб – 12 ліній
- матричний – 7 ліній.

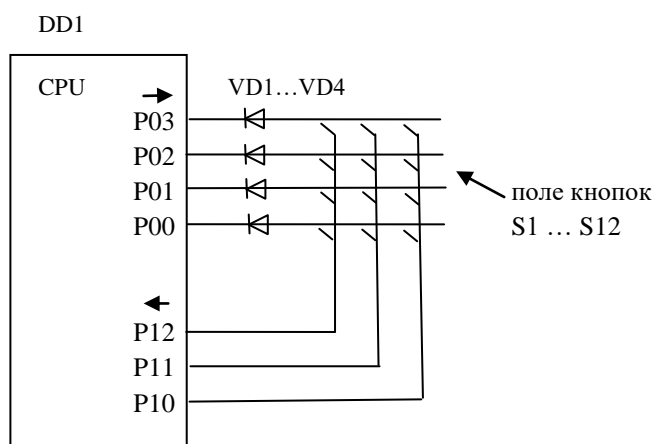


Рис.5. Організації клавіатури з 12 кнопок

Опитування (сканування) матричної клавіатури здійснюють таким чином:

1) На лінії порту P0, які програмуються на вивід, послідовно видають двійкові коди, що містять 0 тільки в одному розряді:

P03	P02	P01	P00
1	1	1	0
1	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1

2) Перемикання двійкових кодів здійснюють через короткі інтервали часу:  $20 \div 40$  мкс. Після кожного перемикання здійснюється зчитування 3 ліній порту P1, які програмуються на введення. Якщо в рядку, в якому була натиснута кнопка, був виданий «0», то нульовий рівень буде переданий у відповідний стовпець і введений через порт P1. За інформацією портів P0 і P1 можна судити про натиснуту кнопку.. На вихідні лінії порту P0 встановлюються діоди VD1., VD4 необхідні для захисту ліній порту P0 від К.З. при одночасному натисненні кнопок в одному стовпці. При введенні інформації з порту P1 необхідно усунути брязкіт контактного датчика, який виникає при комутації контакту різних контактних

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 21

пристроїв (кнопок, перемикачів, контактів реле) в перший момент часу виникає перехідною процес. Це явище при комутації контакту називають брязкотом.

Час дії брязкоту лежить в діапазоні від 1 до 30 мкс і залежить від конструкції контакту. Для усунення впливу брязкоту використовують два типи способів:

- апаратні способи
- програмні способи.

Апаратні способи реалізуються у вигляді наступних типів схем:

- схеми тригерів;
- схеми на основі RC ланцюжків;
- схеми на основі лічильників або зсувних регістрів.

Проста тригерна схема для усунення брязкоту представлена на рис. 6.

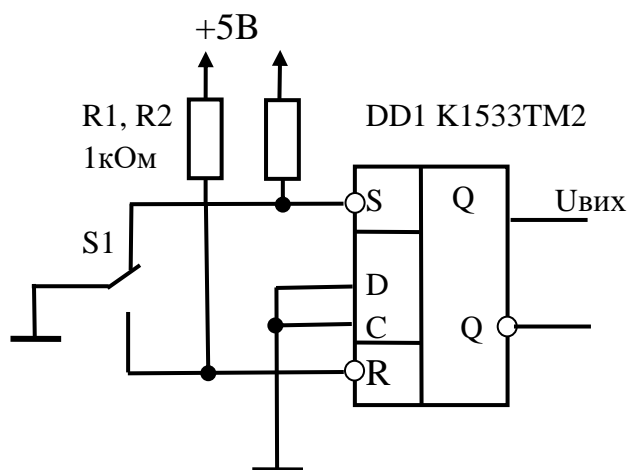


Рис.6. Тригерна схема для усунення брязкоту.

Використання RC – ланцюжка для усунення брязкоту наведено на рис 7.

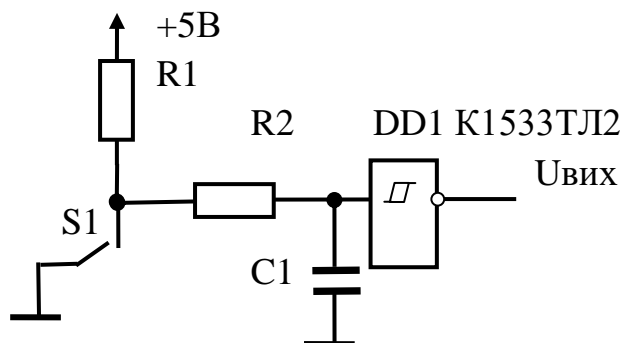


Рис. 7. Тригер Шмітта з RC – ланцюжком.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 22

В програмних способах усунення впливу брязкоту контактів виділяють два основні способи:

- спосіб N-кратного зчитування;
- спосіб тимчасової затримки.

На рис. 8 наведено блок-схему алгоритму способу N-кратного зчитування:

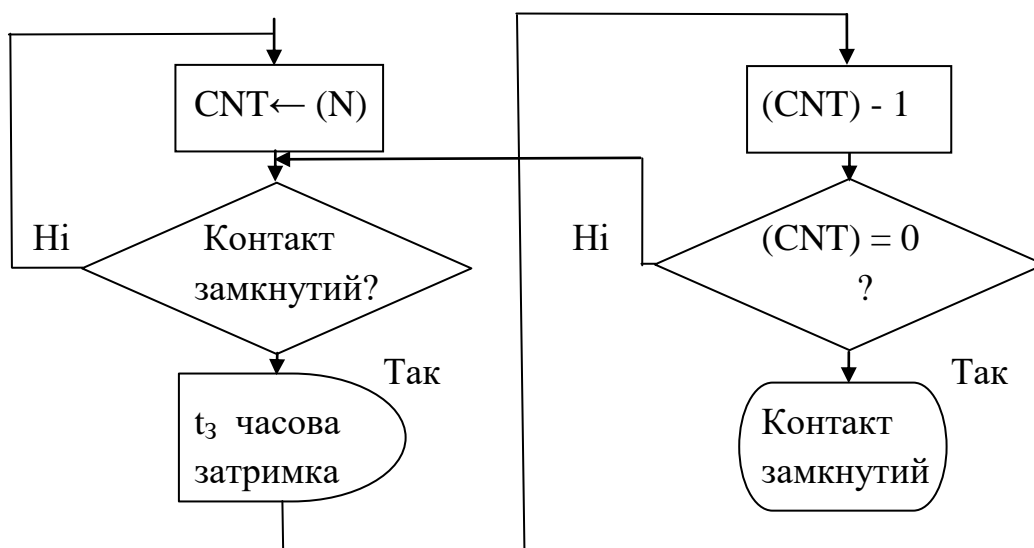


Рис 8. Блок-схему алгоритму N-кратного зчитування.

Час  $t_3$  часової затримки вибирають з співвідношення:

$$t_3 = (2N+2) T_{\text{мц}}; \quad (8)$$

де  $N$  – число зчитувань;

$T_{\text{мц}}$  – час машинного циклу мікроконтролера.

Величину числа зчитувань  $N$  вибираються так, щоб:

$$t_3 = (4T_{\text{мц}}+t_3)N \approx t_{\text{БРЯЗ}}. \quad (9)$$

де  $t_{\text{БРЯЗ}}$  – величина часу брязкоту контактів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 23

## 9. Блок індикації

Для індикації алфавітної і цифрової інформації в МПС, як правило використовують семисегментні і матричні світлодіодні, газорозрядні або рідинно-кристалічні індикатори.

### 9.1. Світлодіодні індикатори

Світлодіодний семисегментний індикатор (див. рис. 9) складається з сукупності світлодіодів, включених по схемі із загальним анодом або катодом,

У матричних індикаторах символ, що виводиться, синтезується з окремих дрібних сегментів, утворених, як правило, в матриці  $5 \times 7$ ,  $6 \times 8$ ,  $9 \times 12$ .

Можливі два основні способи підключення індикаторів:

- у режимі статичної індикації
- у режимі динамічної індикації.

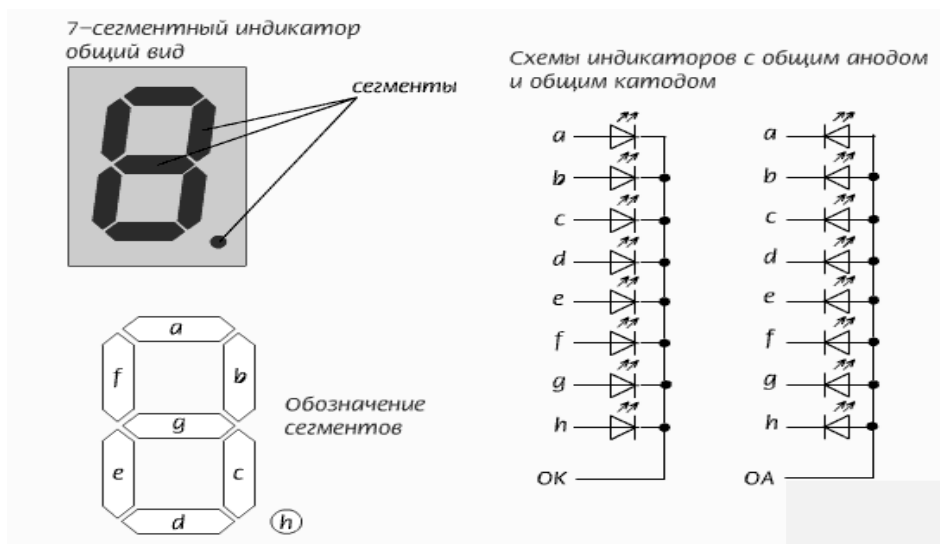


Рис.9. Світлодіодний семисегментний індикатор

У режимі статичної індикації для підключення кожного сегменту індикатора використовується окрема лінія порту виводу.

Динамічна індикація – це метод відображення цілісної картини через швидке послідовне відображення окремих елементів цієї картини. Причому, «цілісність» сприйняття виходить завдяки інерційності людського зору.

Індикатори зазвичай розташовують в місцях, зручних для проглядання інформації, що відображається на них. Решта цифрової схеми може розташовуватися на інших друкованих платах. При збільшенні кількості індикаторів збільшується кількість провідників між платою індикаторів і цифровою платою. Це приводить до певних незручностей розробки конструкції і експлуатації апаратури. Ця ж причина приводить до збільшення її вартості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 24

Кількість з'єднувальних провідників можна зменшити, якщо примусити індикатори працювати в імпульсному режимі. Людське око володіє інерційністю і якщо примусити індикатори відображати інформацію по черзі з чималою швидкістю, то людині здаватиметься, що всі індикатори відображають свою інформацію безперервно. В результаті можна по одних і тих же провідниках по черзі передавати інформацію, що відображається. Звичайна достатньо частоти оновлення інформації 50 Гц, але краще збільшити цю частоту до 100 Гц.

Спрощену схему включення семисегментних світлодіодних індикаторів приведено на рис.10. Ця схема може забезпечити динамічну індикацію цифрової інформації.

У схемі, приведеній на рис.10, відображаються чотири цифрові розряди. Кожен розряд короткочасно підключається до свого входу комутатора. Генератор служить для завдання швидкості оновлення інформації на індикаторах. Двійковий лічильник послідовно формує чотири стани схеми, а дешифратор через ключі забезпечує по чергову подачу живлення на семисегментні індикатори.

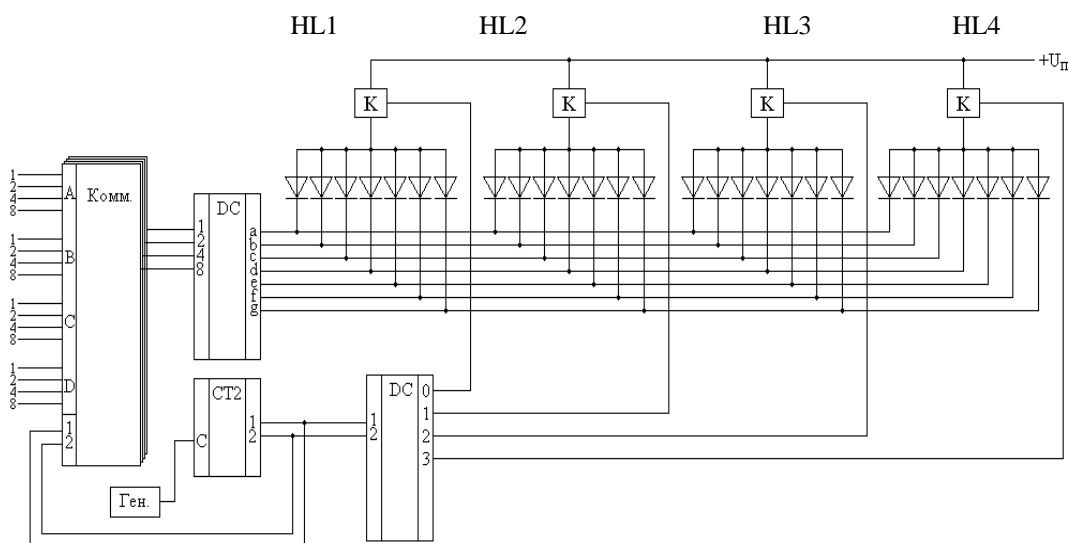


Рис.10. Спрощена схема динамічної індикації.

В результаті, коли комутатор подає двійково-десятковий код з входу А на входи семисегментного дешифратора, то цей код відображається на індикаторі HL1. Коли комутатор подає на входи семисегментного дешифратора двійково-десятковий код з входу В, то цей код відображається на індикаторі HL2, і так далі, по циклу.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 25

Швидкість оновлення інформації в розглянутій схемі буде в чотири рази менше частоти генератора. Тобто для того, щоб отримати частоту мерехтіння індикаторів 100 Гц, потрібна частота генератора 400 Гц.

У скільки ж разів в результаті зменшилась кількість з'єднувальних провідників? Якщо на платі індикації залишити тільки індикатори, то для їх роботи буде потрібно 7 інформаційних сигналів для сегментів і чотири комутуючі сигнали. Всього 11 провідників. У статичній схемі індикації було б потрібно  $7 \times 4 = 28$  провідників.

Розрахунок струм, що протікає через кожен сегмент світлодіодного індикатора при його свіщенні проводять, користуючись еквівалентною схемою протікання струму по одному з сегментів індикатора. Дана схема приведена на рис.11.

Для нормальної роботи світлодіода потрібний струм від 3 до 10 мА. Задамося мінімальним струмом світлодіода 3 мА. Проте при імпульсному режимі роботи яскравість свічення індикатора падає в N разів, де коефіцієнт N рівний скважності імпульсів струму, що подаються на цей індикатор.

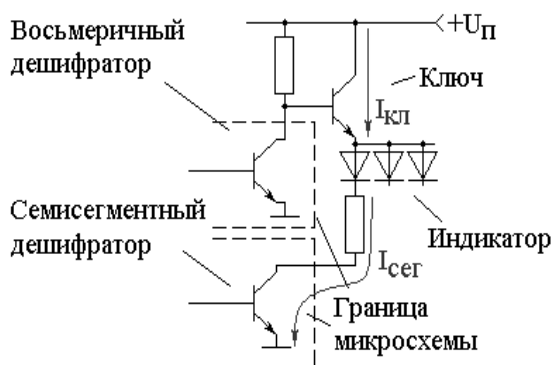


Рис.11. Еквівалентна схема протікання струму.

Для збереження яскравість свічення потрібно збільшити величину імпульсного струму, що протікає через сегмент, в N разів. Для восьмирозрядного індикатора коефіцієнт N рівний восьми. Якщо був вибраний статичний струм через світлодіод, рівний 3 мА, для збереження тієї ж яскравості свічення світлодіода у восьмирозрядному індикаторі буде потрібно імпульсний струм:

$$I_{сег\ дин} = I_{сег\ стат} \times N = 3\text{мА} \times 8 = 24\text{мА} \quad (10)$$

де  $I_{сег\ дин}$  - імпульсний струм сегмента;

$I_{сег\ стат}$  - статичний струм сегмента.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 26

Такий струм зможуть забезпечити тільки деякі серії цифрових мікросхем. Для більшості ж серій мікросхем буде потрібно підсилювачі, виконані на транзисторних ключах.

Тепер визначимо струм, який протікатиме через ключ, що комутує живлення на окремі розряди восьмирозрядного блоку індикації. Як це видно з схеми, приведеної на рис.10, через ключ може протікати струм будь-якого сегменту індикатора. При відображенні цифри 8 потрібно буде запалити всі сім сегментів індикатора, тому імпульсний струм, що протікає у цей момент через ключ, можна обчислити наступним чином:

$$I_{кл} = I_{сег\ дин} \times N_{сег} = 24\text{мА} \times 7 = 168\text{мА}. (11)$$

Переваги і недоліки динамічної індикації. Безперечною гідністю динамічної індикації є мала кількість з'єднувальних провідників, що робить її незамінною в деяких випадках, таких як робота з матричними індикаторами.

Як недолік слід привести наявність великих імпульсних струмів, а оскільки будь-який провідник є антенним, то динамічна індикація служить могутнім джерелом перешкод. Ще одним шляхом розповсюдження перешкод є джерело живлення.

В зв'язку з тим, що фронти у комутуючих імпульсів дуже короткі, тому їх гармонійні складові перекривають діапазон радіочастот аж до ультракоротких хвиль.

Отже, застосування динамічної індикації дозволяє мінімізувати кількість з'єднувальних провідників між цифровим пристроєм і індикатором, але є при цьому могутнім джерелом перешкод, тому потрібно прийняти всі заходи по придушенню перешкод.

Вибирати світлодіодні індикатори потрібно у відповідності до вимог завдання курсового проекту. Світлодіодні індикатори представлені як одно розрядними типу АЛ305А, так і багаторозрядними індикаторами АЛС318, АЛС311, ИВЛ 1-7/5 (16 цифрових знаків). Компанія Kingbright Electronic ([www.kingbrightusa.com](http://www.kingbrightusa.com)) та інші випускають різноманітні світлодіоди та світлодіодні індикатори, інформацію про які можна знайти на фірмових сайтах цих компаній.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 27

## 9.2. Рідинно-кристалічні індикатори (РКІ)

Рідкокристалічні індикаторні панелі призначені для виведення як символів, так і графічної інформації.

Символьні РКІ як правило вбудованого контролера не мають, тому організувати вивід інформації на такі індикатори потрібно за допомогою спеціальних мікросхем LCD Drivers, які можуть мати до 66 ліній портів виводу. Компанія Microchip Technology Inc ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) випускає велику кількість мікросхем LCD PIC<sup>®</sup> Microcontrollers, призначених для роботи з символьними РКІ, наприклад PIC16C925, PIC16C926, PIC16F913, PIC18F63J90 та інші.

Зображення в графічних РКІ синтезується окремими крапками. Кожний графічний РКІ включає:

- матричний РК індикатор;
- контролер виведення інформації, що реалізовує режим динамічної індикації.

Наявність контролера дозволяє здійснити виведення інформації в динамічному режимі без участі центрального процесора.

Приведемо деякі типи символьних РК індикаторів

Характеристики серії РКІ дисплеїв однорозрядних семисегментних E0006 та їх ескіз наведено на рис.12.

Основні параметри

- тип: семисегментний
- розміри модуля, мм: 55.9 x 76.2
- розміри видимої області, мм: 50.8 x 65.0
- режим управління: Static
- загальна кількість виводів: 10
- опис сегментів: 1DIG
- виробник: INTECH

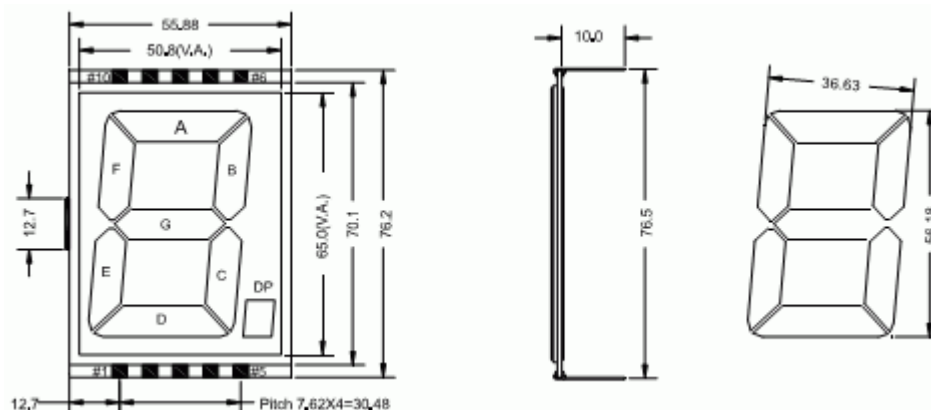


Рис.12. Ескіз РКІ індикатора E0006

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 28

Характеристики серії дисплеїв чотирирозрядних семисегментних РКІ та їх ескіз наведено на рис.13.

Основні параметри

- тип: семисегментний
- розміри модуля, мм: 69.8 x 38.1
- розміри видимої області, мм: 62.2 x 22.9
- режим управління: Static
- загальна кількість виводів: 40
- опис сегментів: 4DIG 3DP 1COL
- виробник: INTECH
- 

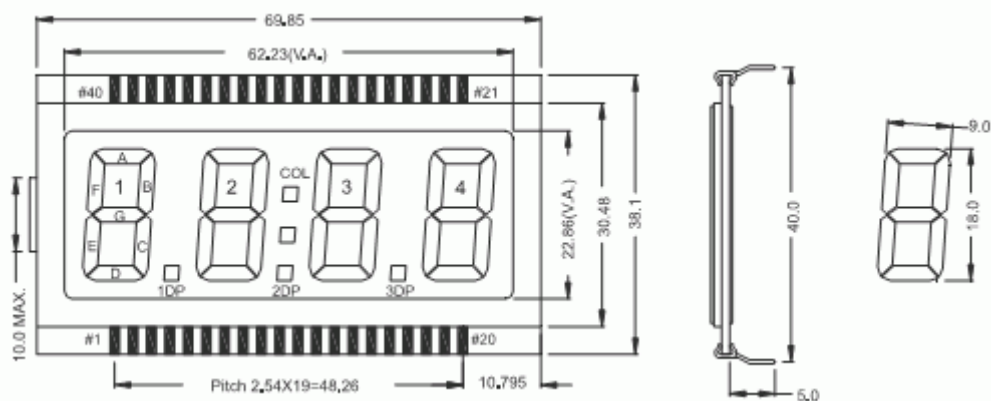


Рис.13. Ескіз чотирирозрядного семисегментного РКІ

Простими графічними РК панелями є символні 1-, 2-, 4-х рядкові панелі з числом символів в рядку до 40.

До таких панелей відносяться РКІ, наприклад, SUNLIKE (Bolymin, [www.bolymin.com.tw](http://www.bolymin.com.tw)), WINSTAR та інші.

Характеристики серії дисплеїв WH0802A, ескіз і зовнішній вигляд РКІ представлені на рис.13. та рис.14.

Основні параметри

- тип: символний (знакосинтезуючий)
- кількість символів: 8 x 2 рядки
- розміри модуля, мм: 58.0 x 32.0
- розміри видимої області, мм: 38.0 x 16.0 (діагональ: 1.6 " = 4.1 см)
- розмір точки, мм: 0.56 x 0.66
- тип контролера: S6B0066U
- виробник: WINSTAR

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 29

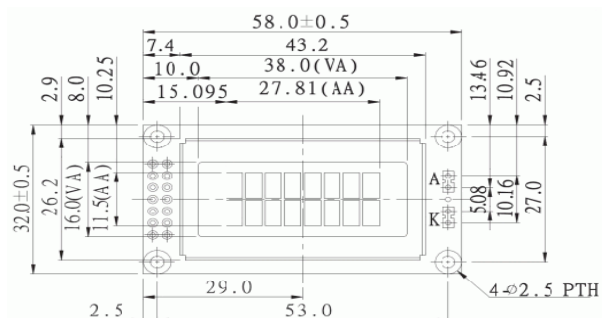


Рис. 13. Ескіз серії дисплеїв WH0802A.

Рис.14. Зовнішній вигляд РКІ WH0802A.

Підключаються РКІ панелі до м/к пайкою, перелік контактів та їх значення приведено в таблиці 8.

Таблиця 8  
Інтерфейс РКІ панелі

№ контакту	Позначення	Рівень сигналу	Функція	
1	Vss	0V	Загальний	Земля
2	Vdd	5,0V	Напруга живлення схем логіки РКІ	(до +3V)
3	Vo	(Variable)	Контрастність зображення РКІ	(4,5V)
4	RS	H/L	H (Високий) – Дані, L (Низький) Команди управління	
5	R/W	H/L	H (Високий) – Читання з РКІ, L (Низький) – Запис в РКІ	
6	E	H,H→L	Сигнал вибору кристалу РКІ	
7	DB0	H/L	Біт даних 0	
8	DB1	H/L	Біт даних 1	
9	DB2	H/L	Біт даних 2	
10	DB3	H/L	Біт даних 3	
11	DB4	H/L	Біт даних 4	
12	DB5	H/L	Біт даних 5	
13	DB6	H/L	Біт даних 6	
14	DB7	H/L	Біт даних 7	

Якщо в РКІ панелі є 15 (+) і 16 (-) контакти, звичайно через них подається напруга для живлення внутрішньої підсвітки дисплею.

Живлення контакту 3 (контрастності) виконують за схемами, які приведені на рис.15, а,б.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 30

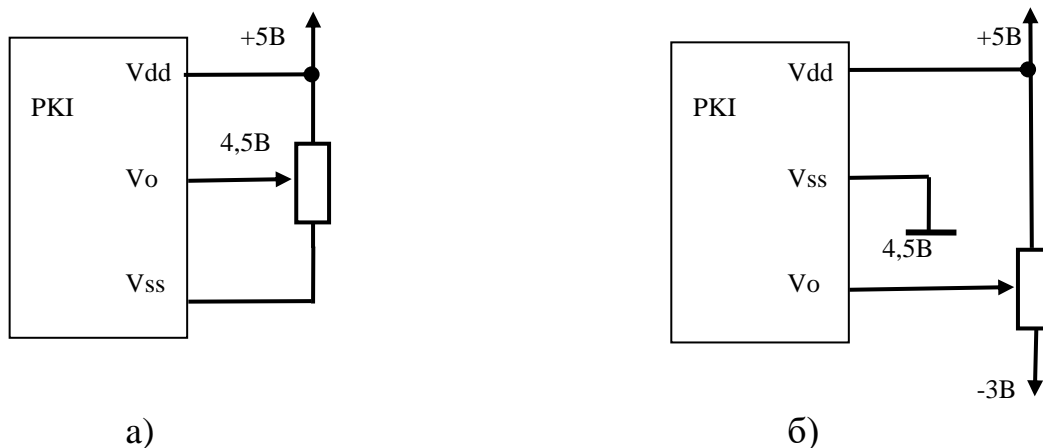


Рис.15. Живлення контакту 3 контрастності:  
а) якщо РКІ живиться напругою,  $V_{dd} = +5V$ ;  
б) якщо РКІ живиться напругою,  $V_{dd} = +3V$ .

Детальну інформацію про характеристики можна отримати на сайтах фірм, що виробляють РКІ панелі та з файлу VC0801A series VER01.pdf.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 31

## 10. Вибір мікроконтролера

Вибір мікроконтролера проводять у відповідності до завдання на курсове проектування. Необхідно визначити кількість ліній портів вводу - виводу, які будуть задіяні для обробки вхідної інформації (датчиків, кнопкової клавіатури і т.п.), для виводу – на різні пристрої відображення інформації, об'єкти керування, об'єми програмної пам'яті та пам'яті даних, потрібну швидкодію та точність обробки даних.

Ввод аналогових сигналів вимагатиме використання АЦП, окремих мікрохем (див. п.4.4) або вбудованих у мікроконтролери.

Вивід інформації на конкретні пристрої її відображення теж вимагатиме відповідного вибору контролера. Вивід даних на символні семисегментні РКІ індикатори потребуватиме вибору контролерів з вбудованими LCD драйверами.

Згідно з алгоритмом програми, за допомогою якої будуть вирішуватися завдання курсового проектування, потрібно визначити загальний об'єм програмної пам'яті, пам'яті даних і на основі вибрати мікроконтролер.

Швидкодію обробки даних визначить максимальна тактова частота роботи мікроконтролера, яка може коливатися в межах від десятків кГц до десятків МГц. Точність визначення часових інтервалів вхідних величин, які необхідно виміряти за завданням, залежатиме від вибору способу синхронізації мікроконтролера – RC-генератор даватиме найменшу точність виміру при найнижчій максимальній частоті, XT-, HS-генератори – найвищу точність виміру і вищу частоту роботи.

Детальна інформація про мікроконтролери можна знайти на інформаційних ресурсах в Інтернеті.

## 11. Вибір елементів електронних схем

### 11.1. Вибір резисторів

Початковими даними для вибору резистора служать: розрахований опір і розрахункова потужність резистора.

Резистор вибирають в наступному порядку:

1) Визначають найближчий стандартний номінал резистора з ряду (таблиця 9).

2) З ряду потужностей: 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0 Вт вибирають потужність резистора.

3) По довіднику вибирають стандартний резистор.

Приклад: "В результаті розрахунку по отриманим величинам  $R_5=17585,5\text{Ом}$ ;  $P_{R5}=0,356\text{ Вт}$  вибираємо резистор МЛТ- 0,5 Вт - 18кОм 10 %".

Таблиця 9

Стандартні ряди номіналів резисторів і конденсаторів

Індекс ряду	Номінальне значення (одиниці, десятки сотні Ом, кОм, МОм, пФ нФ, мкФ)	Допустиме відхилення від номінального значення %
E6	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8	20
E12	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8 1.2 1.8 2.7 3.9 5.6 8.2	10
E24	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 1.8 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1	5

### 11.2. Вибір конденсаторів

Початковими даними для вибору конденсатора служать: розрахункова ємність, розрахункова напруга, максимальна частота струму (напруга), призначення (розділовий конденсатор, конденсатор фільтру змінного струму, конденсатор фільтру постійного струму і ін.)

Конденсатор вибирають в наступному порядку:

1) По стандартних рядах (табл.9) вибирають найближчий номінал конденсатора.

2) Задаються допустимим значенням напруги конденсатора в 1,2-1,5 разів більше, чим  $U_{c\text{ max}}$ .



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 33

3) По максимальній частоті і характеру режиму роботи вибирають тип конденсатора. З урахуванням залежності допустимої напруги конденсатора від частоти вибирають напругу конденсатора з даних для вибраного типу.

4) За наслідками попередніх пунктів вибирають стандартний конденсатор.

### 11.3. Вибір діодів

Початковими даними для вибору діода служать: максимальний струм, середній струм, максимальна напруга, частота протікаючого струму. Параметри діода слідє вибрати із запасом (15-20)%.

Приклад.

Максимальний струм діода складає  $I_{d\max}=300$  мА. Максимальне зворотне напруга  $U_{v\max}=30$  В. Середній струм діода

$$I_{d\text{ср}} = \int_0^t I(t)dt \quad (10)$$

Якщо частота проходження імпульсів струму через діод  $f=100$  Гц, з довідника вибираємо діод Д229В з параметрами:

$I_{d\text{оп.ср.}}=0,4$  А;  $U_{v\max}=100$  В;  $f_{\max}=1$  кГц.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 34

## 12. Вимоги до оформлення курсового проекту

Розрахунково-пояснювальна записка до курсової роботи виконується на аркушах формату А4 (шириною 210 і довжиною 297мм). Заповнюється одна сторона листа. Сторінки пояснювальної записки нумеруються арабськими цифрами без крапки, номер розташовують у правому нижньому куті кутового штампа. Відстань від тексту до границь листа: зверху - 15 мм, ліворуч - 30 мм, праворуч - 10 мм, знизу - не менше 20 мм. Текст пишуть чорнилом одного кольору. При оформленні пояснювальної записки на персональному комп'ютері використовуйте текстові процесори Microsoft Word (шрифт - "Times New Roman", 14 пт). У цьому випадку малюнки також варто виконувати на комп'ютері.

Титульний лист і лист технічного завдання включаються загальну нумерацію, але номери на них не ставляться. Текст основної частини поділяється на розділи, підрозділи, пункти і підпункти. У текстовій частині допускаються тільки загальноприйняті скорочення. Заголовки розділів пишуться симетрично текстові прописними буквами. Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів пишуться малими літерами. Перенос слів у заголовках не допускається. Крапка наприкінці заголовка не ставиться. Кожен розділ варто починати з нового листа. Введення, список літератури і висновки не нумеруються. Розділи повинні мати порядкову нумерацію в межах усієї пояснювальної записки і позначатися арабськими цифрами з крапкою наприкінці. Номер підрозділу складається з номера розділу і підрозділу, розділених крапкою, наприклад: "2.3" (третій підрозділ другого розділу). Номер пункту включає 3 цифри: номер розділу, номер підрозділу і номер пункту, наприклад: "2.3.2".

Схеми, малюнки, таблиці варто поміщати після першого згадування про них або на наступній сторінці. Ілюстрації нумерують у межах ПЗ арабськими цифрами. Позначення ілюстрації, якщо їх більше однієї, складається зі слова "Рис." і порядкового номера ілюстрації, наприклад: Рис.2. У кінці позначення крапку не ставлять. Ілюстрація повинна мати найменування і при необхідності пояснювальні дані.

Значення символів і числових коефіцієнтів, що входять у формули, повинні бути приведені безпосередньо під формулою. Значення кожного символу приводять з нового рядка в тій послідовності, у якій вони приведені у формулі. Перший рядок розшифровки повинен починатися зі слова "де" без двокрапки після нього. Формула пишеться симетрично текстові. До і після написання формули варто пропустити чистий рядок. Усі формули нумерують арабськими цифрами без крапки у межах розділу. Номер формули вказують з правої сторони листа на рівні формули в круглих дужках.

Усі таблиці, якщо їх у документі більш однієї, нумерують в межах ПЗ арабськими цифрами. Над лівим верхнім кутом таблиці поміщають напис з вказівкою номера: "Таблиця 2". При наявності заголовку напис "Таблиця..." пишуть вище заголовку. Якщо в ПЗ тільки одна таблиця, то номер їй не привласнюють і слово "Таблиця" не пишуть. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті.

При посиланні в тексті на літературне джерело приводиться його порядковий номер, виділений квадратними дужками.

Графічна частина виконується у відповідності до вимог ДСТУ.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 35

## 13. Рекомендована література

### *Основна література*

1. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи: Ч.2 «Проектування мікропроцесорних систем». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 462 с.
2. Мікропроцесорні пристрої [Електронний ресурс]: навчальний посібник / Т. О. Терещенко, В. А. Тодоренко, Л. М. Батрак, Ю. С. Ямненко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,62 Мбайт). – Київ: «Кафедра», 2017. – 244 с. – Назва з екрана.
3. Новацький А.О. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи: Частина 2. Проектування мікропроцесорних систем: Лабораторний практикум – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 268 с.
4. Баран В.С., Власюк Г.Г., Оникієнко Ю.О., Смоленська О.І. Основи мікропроцесорної техніки: лабораторний практикум – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 140 с.
5. Програмування мікроконтролерів AVR: [навчальний посібник] / С. М. Циркульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.

### *Допоміжна література*

1. Новацький, А. О. Проектування вбудованих систем. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за освітньою програмою «Інтегровані інформаційні системи» за спеціальністю 126 «Інформаційні системи та технології» / А. О. Новацький, В. М. Шимкович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 18,06 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 463 с. – Назва з екрана.
2. Основи мікропроцесорної техніки: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т. О. Терещенко, Л. М. Батрак, Ю. С. Ямненко. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,51 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 59 с.
3. Програмування мікроконтролерів систем автоматики: конспект лекцій для студентів базового напрямку 050201 “Системна інженерія” / Укл.: А.Г. Павельчак, В.В. Самотий, Ю.В. Яцук – Львів: Львівська політехніка. – 2012. – 143 с.
4. Низькорівневе програмування мікроконтролерів: методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення» факультету інформаційних технологій УжНУ / Розробники: Лях І.М., Поліщук В.В.– Ужгород: 2018. – 51 с.
5. Розробка радіоелектронних схем на основі мікроконтролерів (на прикладі AVR мікроконтролерів фірми Atmel): методичний посібник до курсу "Проекту-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.09- 05.02/2/152.00.1Б/ОК25- 2022
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 36

вання радіоелектронних схем" для студентів радіофізичного факультету / Пархоменко Д. А., Смирнов Є. М. – Київ: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2013. – 74 с..

6. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем: навчальний посібник/ С. М. Цирульник, Г. Л. Лисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 201 с.

7. Програмування вбудованих систем : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 123 “Комп’ютерна інженерія ” / уклад. Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Денисенко О.О., Коноплицька-Слободенюк О.К. — Кропивницький: ЦНТУ, 2018. — 90 с.

8. Квашнін, В. О. Програмування та застосування мікроконтролерів STM32F4Discovery: монографія / В. О. Квашнін, А. В. Бабаш, В. В. Квашнін. – Краматорськ: ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 143 с.

9. Архітектура новітніх мікроконтролерів: Програмування мікроконтролерів сімейства ARM: Навчальний посібник / А.О. Новацький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. –138с.

10. Microcontroller, Microprocessor and Microcomputer Interfacing for Real-Time Systems. Witold Kinsner- Winnipeg, MB: OCO Research, 2020.- 973p.

## 12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.microchip.com/en-us/products/microcontrollers-and-processors/microprocessors/8-bit-mcus/avr-mcus>

2. Офіційний сайт Arduino [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.arduino.cc>.

3. Сайт Arduino.ua Плати Arduino Nano [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano>

4. Сайт Arduino.ua Плати Arduino Uno [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>

5. Сайт Arduino.ua Плати Arduino Mega2560 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560>

6. [www.microchip.com](http://www.microchip.com) – сайт компанії Microchip Technology Inc.

7. [www.ti.com](http://www.ti.com) – сайт компанії Texas Instruments Inc, виробника логічних та лінійних мікросхем.