

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра  
на тему:

«Пристрій реєстрації аналогових сигналів»

Завідувач кафедри ЕКТ

А.С. Опанасюк

Керівник роботи

О.В. Бережна

Студент групи ЕС-71

В.Р. Васильєв

Суми  
2021

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет \_\_\_\_\_ електроніки та інформаційних технологій  
Кафедра \_\_\_\_\_ електроніки і комп'ютерної техніки  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 171 Електроніка  
Освітня програма \_\_\_\_\_ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ Опанасюк А.С.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 202\_\_ р..

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Васильєва Віталія Романовича

- 1 Тема роботи «Пристрій реєстрації аналогових сигналів» затверджена наказом по університету "05" квітня 2021 р. № 0153-VI
- 2 Термін здачі студентом закінченої роботи 01.06.2021
- 3 Вихідні дані до роботи Діапазон вимірювання напруги 0 – 50 В. Похибка вимірювання  $\pm 5\%$ . Максимальна частота вимірювання 200 кГц. При розробленні пристрою забезпечити його компактність та можливість застосування в стислих та некомфортних умовах роботи.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка завдання. 2. Розроблення алгоритму роботи та електрично структурної схеми пристрою. 3. Розробка електрично функціональної схеми. 4. Розробка електрично принципової схеми пристрою. 4. Розробка програмного забезпечення для пристрою.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Схема алгоритму; 2. Схема електрична структурна; 3. Схема електрична функціональна; 4. Схема електрична принципова.
- 6 Дата видачі завдання 05.04.2021

Керівник \_\_\_\_\_ Бережна О.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Васильєв В.Р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури та аналіз існуючих аналогів	25.03.21	
2	Розробка алгоритму роботи пристрою	05.04.21	
3	Розробка структурної схеми	10.04.21	
4	Розробка функціональної схеми	15.04.21	
5	Оформлення пояснювальної записки	25.04.21	
6	Розробка та оформлення графічної частини	05.05.21	
7	Розробка програмного забезпечення	12.05.21	
8	Представлення роботи на рецензування	15.05.21	
9	Представлення роботи для захисту	31.05.21	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Бережна О.В.

Студент:

Васильєв В.Р.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 49 аркушів, 13 рисунків, 4 таблиці, 22 джерела літератури.

Графічна частина роботи включає в себе: блок-схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну та принципову електричну схеми.

Пояснювальна записка містить 5 розділів: огляд літератури, розробка алгоритму роботи та структурної схеми пристрою, розробка функціональної схеми пристрою, розроблення принципової електричної схеми пристрою, розробка програмного забезпечення пристрою реєстрації аналогових сигналів.

Перший розділ містить загальну інформацію про огляд науково-технічної літератури, аналіз сфери попиту, переваги й недоліки та передумови для прийняття рішення.

Другий розділ присвячений розробці алгоритму роботи та структурної схеми проєктованого пристрою.

Третій розділ присвячений розробці функціональної схеми пристрою.

Четвертий розділ присвячений розробленню принципової електричної схеми пристрою.

П'ятий розділ містить розробку програмного забезпечення прототипу пристрою реєстрації аналогових сигналів.

# ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Огляд літератури .....	6
1.1 Огляд науково-технічної літератури пристроїв реєстрації аналогових сигналів.....	6
1.2 Аналіз сфери попиту.....	7
1.3 Недоліки та переваги існуючих технологій пристроїв реєстрації аналогових сигналів.....	8
1.4 Передумови для прийняття рішення з реалізації пристрою.....	9
1.5 Постановка завдання.....	10
2 Розробка алгоритму роботи та структурної схеми пристрою .....	11
2.1 Розробка алгоритму роботи приладу .....	11
2.2 Розробка структурної схеми приладу .....	13
3 Розробка функціональної схеми пристрою .....	16
4 Розроблення принципової електричної схеми пристрою.....	21
4.1 Вибір елементної бази .....	21
4.2 Мікроконтролер - ATmega328P-Atmel .....	22
4.3 АЦП - ADC081S101-TI.....	25
4.4 Операційний підсилювач - AD8033-Analog Devices .....	27
4.5 Мультиплексор - ADG704-Analog Devices.....	27
4.6 Регулятор напруги - UA78m05-TI .....	28
4.7 Перетворювач USB-UART - FT232RL-FTDIChip.....	29
4.8 Вибір екрану .....	30
4.9 Вибір типу резисторів.....	31

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ			
<b>Зм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Пристрій реєстрації аналогових сигналів	<b>Літ.</b>	<b>Аркуш</b>	<b>Аркушів</b>
Розроб.		Васильєв В.Р.				3	71	
Перевір.		Бережна О.В.						
Т. Контр.								
Н. Контр.		Бережна О.В.				СумДУ, гр. ЕС-71		
Затверд.		Опанасюк А.С.						

4.10 Вибір типу конденсаторів .....	32
4.11 Вибір діодів та світлодіодів .....	32
4.12 Вибір кнопок.....	33
5 Розробка програмного забезпечення пристрою реєстрації аналогових сигналів .....	34
5.1 Розробка програмного забезпечення на мові С++.....	34
5.2 Розробка програмного забезпечення на мові асемблера .....	35
Висновки .....	37
Список літератури.....	38
Додаток А.....	40
Додаток Б .....	45
Додаток В.....	46
Додаток Г .....	47
Додаток І.....	48
Додаток Д.....	49
Додаток Е .....	50

## ВСТУП

Сучасна тенденція розвитку розподілених інтелектуальних мереж потребує впровадження різноманітних пристроїв вимірювання, контролю та керування, які використовують для інтеграції до мереж послідовні інформаційні канали зв'язку. Для впровадження та ефективної підтримки каналів необхідна наявність пристроїв моніторингу інформаційного обміну та працездатності мереж.

Одним із ефективних засобів моніторингу якості інформаційного обміну є комунікаційні аналізатори реального часу, які дозволяють досліджувати обмін по послідовним портам шляхом приєднання до фізичних послідовних портів серверів та робочих станцій з метою здійснення аналізу та документування обміну даними. Основне завдання пристрою – «прослуховувати» канали передачі даних, аналізувати рівні та форму модульованих сигналів, здійснювати їх демодуляцію, конвертувати в строки символів формату ASCII та аналіз на логічному рівні протоколів обміну між сервером та кінцевими пристроями. Сучасний прогрес в електроніці обумовлює широке впровадження цифрових методів реєстрації та обробки електричних сигналів. Недоліком таких засобів є відсутність можливості аналізу рівнів аналогових сигналів у інформаційних шинах та пошук причин відмов при передачі даних.

Ринок пристроїв реєстрації аналогових сигналів на сьогодні досить великий, якщо раніше такі пристрої можна було побачити лише в лабораторіях та дослідницьких центрах, зараз майже кожна майстерня та навіть аматори, що займаються ремонтом чи розробкою електронної апаратури мають у себе цей прилад, але створення програмно-апаратного пристрою, який би поєднував в себе властивості цифрового комунікаційного аналізатору параметрів обміну даними в реальному часі та аналогового осцилографу зробить пристрій більш універсальним та затребуваним у використанні [1, 17].

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		5

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Огляд науково-технічної літератури пристроїв реєстрації аналогових сигналів

Дослідження джерел інформації показали, що головні сфери використання пристроїв реєстрації аналогових сигналів - це дослідження обміну по послідовним портам шляхом приєднання до фізичних послідовних портів серверів та робочих станцій з метою здійснення аналізу форми та рівнів модульованих сигналів, здійснювати їх демодуляцію, конвертувати в строки символів формату ASCII аналізу та документування обміну даними. Недоліком таких засобів є відсутність можливості аналізу рівнів аналогових сигналів у інформаційних шинах та пошук причин відмов при передачі даних, аналізу, ремонту та налаштування електронних пристроїв в сфері радіотехніки, радіоелектроніки та інших споріднених галузях:

- виробничі автоматизовані лінії;
- радіозв'язку та радіопередавачів;
- систем охорони безпеки;
- передача даних, збір та аналіз в системах нагляду;
- джерела живлення.

Проведені дослідження та аналіз джерел з технічною інформацією не виявили великого надлишку пропозицій по пристроям реєстрації аналогових сигналів, особливо таких, що поєднували в себе властивості цифрового комунікаційного аналізатору параметрів обміну даними в реальному часі та аналогового осцилографу. Підключення в розрив каналу такого «сніфера» надає змогу «прослуховувати» канали передачі даних, аналізувати рівні та форму модульованих сигналів, здійснювати їх демодуляцію, конвертувати в строки символів формату ASCII та аналіз на логічному рівні протоколів обміну між сервером та кінцевими пристроями. Такий прилад з малими габаритами має велику перевагу порівняно з пристроями, що існують в наш час, тому такий прилад має шанс стати необхідним та незамінним пристроєм у використанні як приватними особам так і в кібербезпеці та в сервісних центрах.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		6



Робота з розробки даного пристрою є актуальна, перспективна та конкурентно здатна.

Метою та завданням розробки «Пристрою реєстрації аналогового сигналу» постало завдання виготовити пристрій, який мав би змогу підключатися в розрив каналу та мав можливість «прослуховувати» канали передачі даних, аналізувати рівні та форму модульованих сигналів, здійснювати їх демодуляцію, конвертувати в строки символів формату ASCII та аналіз на логічному рівні протоколів обміну між сервером та кінцевими пристроями, забезпечення можливості візуальної індикації, надавання інформації в малому робочому просторі, можливість зміни масштабу отриманих даних та використання приладу в умовах приближених до польових.

З аналізу економічних та конструктивних показників сформованих вище було встановлено, що для оптимального вирішення конструкції пристрою можна буде розробити на принципі аналого-цифрової обробки вхідного сигналу та поєднання цифрового комунікаційного аналізатору та аналогового осцилографа. Такий підхід дасть змогу бути використаним для створення цілого сімейства «пристрої реєстрації аналогового сигналу» [1,2].

Завданням бакалаврської роботи є розробка пристрою реєстрації аналогових сигналів з малими габаритами та з використанням ряду функціональних можливостей:

- забезпечення захисту на вході від високої напруги;
- відображення функції сигналу у певному діапазоні;
- точність відображення у заданому діапазоні;
- час індикації приладу;
- виведення результатів на екран;
- масштаб зображення на екрані;
- живлення від акумуляторної батареї.

## 1.2 Аналіз сфери попиту

З аналізу попиту на електронні пристрої, які мають змогу реєструвати аналогові сигнали, виявлено, що великим попитом та потребою користуються портативні та особливо мініатюрні пристрої контролю, вимірювання, експрес-

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		7

аналізу та діагностики. Суттєво з'явилася потреба і можливість створення портативного пристрою реєстрації аналогових сигналів. Тому пристрої швидко набирають не аби якої популярності в роботі, де головним чинником є дуже малі розміри пристрою, але з високими вимоги до точності та швидкодії. Цей тип пристроїв надає змогу використовуватися в занадто стислих та некомфортних умовах роботи, а також в польових умовах, саме тоді, коли дуже важлива мобільність приладу. Знайдена можливість з використанням цифрових АЦП та мікро-контролерів та завдяки прогресу мінімізації деталей у світі, які потрібні для створення, створити портативний міні пристрій реєстрації аналогових сигналів з подальшим розширенням технічних умов.

Дослідження показали, що джерела технічної інформації не виявили широкої наявності приладів із технічними можливостями зазначеними вище, особливо таких, які поєднали б в собі цифровий комунікаційний аналізатор та аналоговий осцилограф. В наш час прилад має великі шанси бути корисним та навіть потрібним.

Підбиваючи підсумок, можна сказати, що головні сфери використання пристрою реєстрації аналогових сигналів - це виробничі автоматизовані лінії; радіозв'язку та радіопередавачів; системи охорони безпеки; передача даних, збір та аналіз в системах нагляду; джерела живлення; ремонт та налаштування електронних пристроїв в зазначених вище галузях, але в стислих умовах робочого місця, а також аналіз рівнів та форм модульованих сигналів [1,4].

### **1.3 Недоліки та переваги існуючих технологій пристроїв реєстрації аналогових сигналів**

Аналогові пристрої, які називаються ще осцилографами мають переваги, що відображають процеси, які відбувається в цей час у досліджуваному об'єкті і надають змогу побачити одночасно теж саме на екрані. Аналогові запам'ятовуючі осцилографи на люмінофорі здатні записувати та навіть зберігати одноразові процеси сигналу [1,3].

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		8

Недоліками таких пристроїв є:

- в аналогово-шлейфових осцилографів відворення лише низькочастотних сигналів, бо реєстрація їх відбувається чорнилом» на ленті;
- аналогові на на ЕПТ нажалі мають досить великі розміри тому, що чим більші розміри електронно-променевої труби, тим менше спотворень в пристрої. Недоліком також є відсутня можливість цифрової документації, побачити можна лише зображення.
- портативні пристрої реєстрації аналогових сигналів засновані на цифрових технологіях, що дозволяє мінімізувати габарити прибору. Недоліком є те, що зменшення розмірів й здешевлення конструкції впливає на послаблення технічних вимог [1-3].

#### **1.4 Передумови для прийняття рішення з реалізації пристрою**

З аналізу попиту на мінімізацію електронних пристроїв, виявлено, що великим попитом та потребою користуються портативні та особливо мініатюрні пристрої. Суттєво з'явилася потреба і можливість створення портативного пристрою реєстрації аналогових сигналів. Тому пристрої швидко набирають не аби якої популярності в роботі, де головним чинником є дуже малі розміри пристрою, але з високими вимоги до точності та швидкодії. Цей тип пристроїв надає змогу використовуватися в занадто стислих та некомфортних умовах роботи, а також в польових умовах, саме тоді, коли дуже важлива мобільність приладу. Знайдена можливість з використанням цифрових АЦП та мікро-контролерів та завдяки прогресу мінімізації деталей у світі, які потрібні для створення, створити портативний міні пристрій реєстрації аналогових сигналів з подальшим розширенням технічних умов.

Дослідження показали, що джерела технічної інформації не виявили широкої наявності приладів із технічними можливостями зазначеними вище. В наш час прилад має великі шанси бути корисним та навіть потрібним у використанні.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						9
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

## 1.5 Постановка завдання

Метою роботи є розробка пристрою реєстрації аналогових сигналів, який повинен забезпечувати вимірювання та реєстрацію параметрів сигналу з достатньою точністю у заданому діапазоні вимірювання амплітуди та частоти сигналу. Пристрій повинен бути компактним та мати можливість його застосування в стислих та некомфортних умовах роботи.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступне:

1. Визначити основні функції та завдання, які повинен виконувати пристрій реєстрації аналогових сигналів.
2. Розробити алгоритм функціонування пристрою.
3. Розробити схему електричну структурну пристрою реєстрації.
4. Розробити схему електричну функціональну пристрою.
5. Розробити схему електричну принципову пристрою реєстрації аналогових сигналів.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		10



Схема алгоритму роботи пристрою наведена на рисунку 2.2.

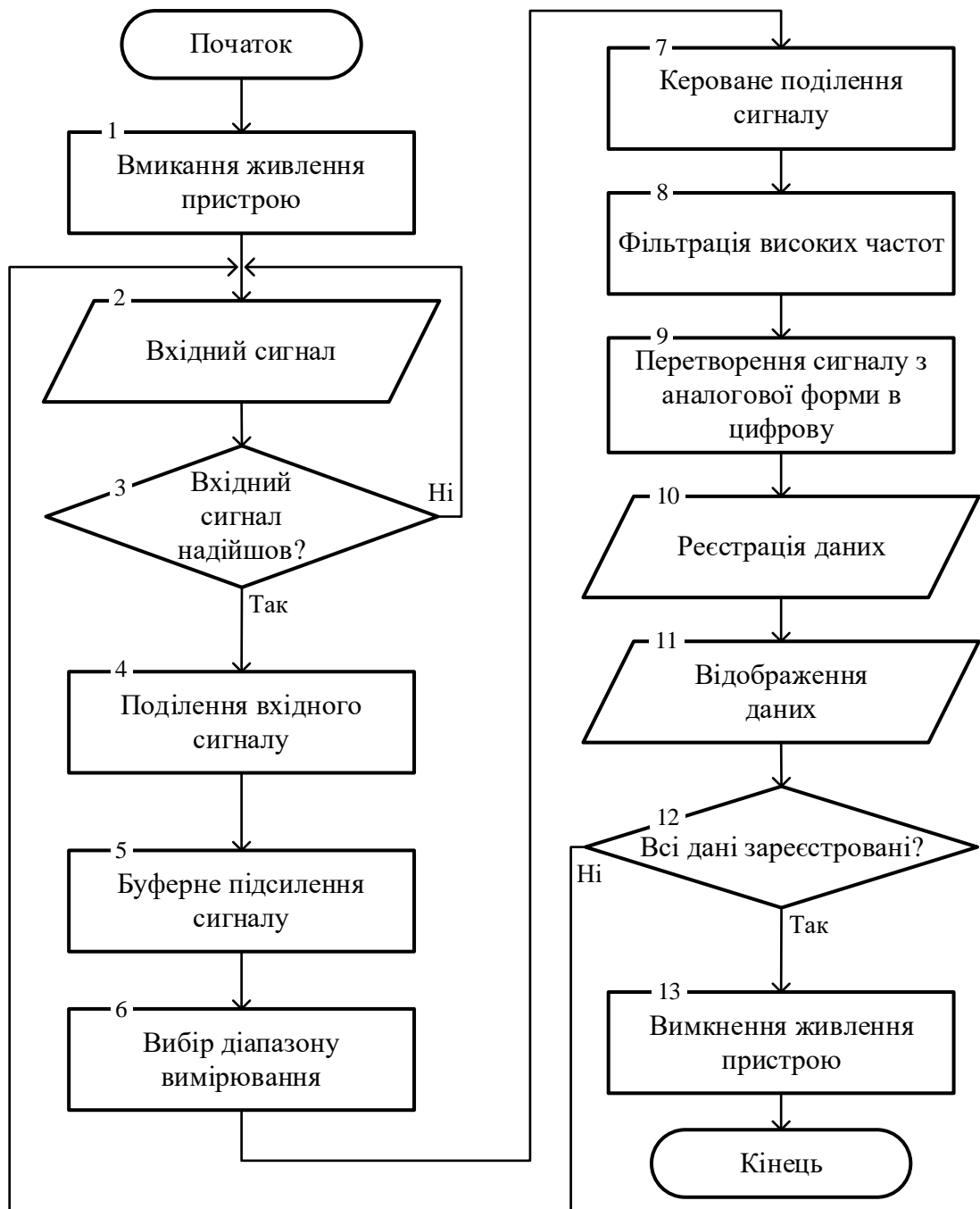


Рисунок 2.2 - Схема алгоритму роботи пристрою

Алгоритм роботи пристрою полягає у наступному:

Крок 1. Вмикаємо живлення пристрою.

Крок 2. На вхід пристрою подаємо деякий сигнал.

Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат

Крок 3. Перевіряємо, надійшов вхідний сигнал чи ні. Якщо ні, пристрій повертається до кроку 2, якщо так - переходить до роботи із сигналом.

Крок 4. Поділення вхідного сигналу напруги.

Крок 5. Буферне підсилення вхідного сигналу.

Крок 6. Вибір діапазону вимірювання сигналу

Крок 7. Кероване поділення сигналу.

Крок 8. Фільтрація високих частот.

Крок 9. Перетворення вхідної форми аналогового сигналу в цифровий.

Крок 10. Реєстрація всіх даних.

Крок 11. Виведення даних на екран.

Крок 12. Перевірка, чи всі дані були зареєстровані. Якщо ні, пристрій повертається до кроку 2 та всі кроки знову повторюються, якщо так, переходить до наступного кроку.

Крок 13. Вимкнення живлення пристрою.

## 2.2 Розробка структурної схеми приладу

Розробка структурної схеми пристрою реєстрації аналогових сигналів буде здійснюватися згідно поставлених технічних завдань та критеріїв побудови аналогічних пристроїв.

Аналізуючи науково-технічні джерела у минулому підрозділі та критерії, структурна схема пристрою має містити в собі та відображати: отримання та оброблення інформації з входу АЦП, відображення сигналу на екрані, керування пристроєм. Підсумовуючи ці умови та ТЗ спроектовано структурну схему рисунок 2.3.

Поділення вхідного сигналу напруги здійснюється на 2-х послідовно увімкнених резисторах у відношенні 1:10. Це зроблено для досягнення можливостей вимірювання вхідного сигналу у заданих межах у ТЗ.

Буферне підсилення реалізується з використанням операційного підсилювача, що увімкнений в режим повторювача напруги. Потрібен для виконання функції узгодження вихідного опору з опором навантаження. Буферне підсилення в ідеалі виконує функцію генератора напруги з нульовим вихідним опором напруги тим самим знижує вихідний опір джерела.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		13

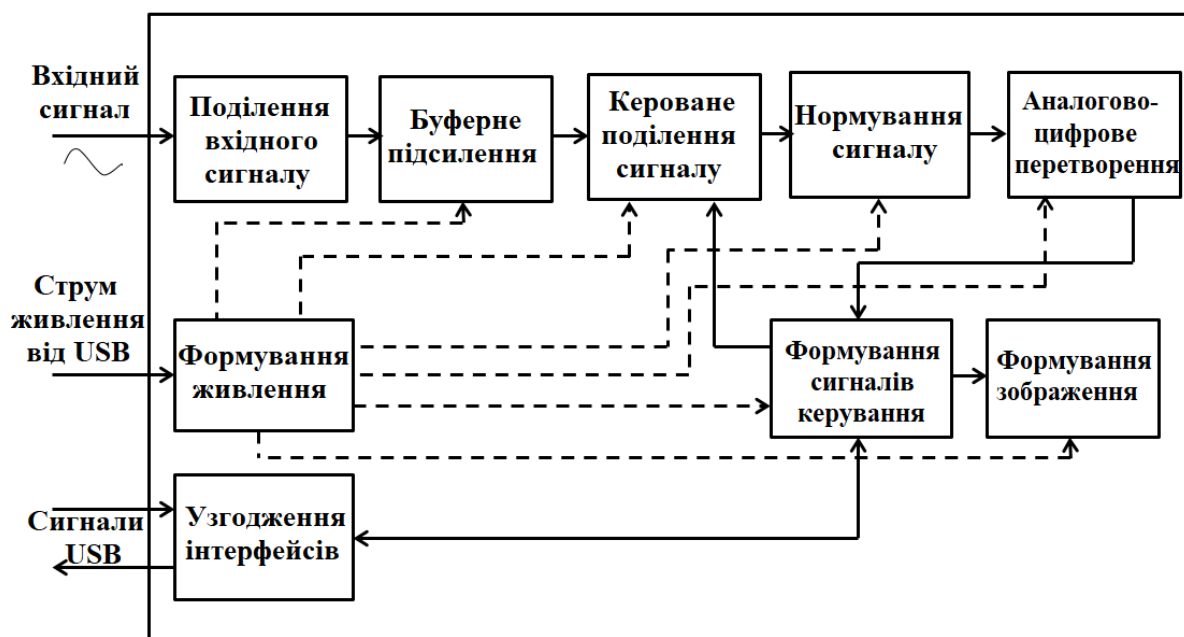


Рисунок 2.3 - Структурна схема пристрою реєстрації аналогового сигналу

Кероване поділення сигналу здійснюється з використанням аналогового мультиплектора та подільника напруги на резисторах з різним номіналом. Для розширення та зручності вибору діапазону вимірювання використовуємо функцію вибору коефіцієнта ділення напруги вхідного сигналу, керування якої відбувається за допомогою мікроконтролера, вибір каналу дільника може бути як автоматичний так і обраний користувачем [4].

Нормоване підсилення реалізується операційним підсилювачем, що включений в схемі не інвертуючого підсилювача напруги. Потрібен для виконання фільтрації високих частот сигналу, для обмеження шумів, що вони спричиняють та для функції підсилення сигналу у 10 разів.

Аналогово-цифрове перетворення реалізує вибір відліку вхідного сигналу та оцифровування цих сигналів з подальшою передачею до керуючої плати.

Формування сигналів керування здійснюється з використанням клавіатури та мікроконтролера, який виконує ряд функцій, а саме: управління подільником, отримання, обробки даних та команд з клавіатури й виведення даних з АЦП на екран.



Формування зображення здійснює функцію індикації з використанням екрану та світлодіодів. Керування екраном відбувається за допомогою МК та застосовується для відображення даних.

Формування живлення реалізує функцію забезпечення живленням пристрою з стабілізатором рівня напруги при роботі від зовнішнього джерела та від живлення порта USB, вибір джерела виконується з використанням включеного між ними діода [3, 4].

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		15

### 3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

В ході розробки пристрою, для його функціоналу, універсальності та зручності було прийнято рішення використовувати в основі вже готовий мікропроцесорний модуль Arduino UNO R3, який поєднав в собі мікроконтролер ATmega328, перетворювач USB-UART, стабілізатор живлення.

Постала задача про розширення частоти дискретизації вхідного сигналу та динамічного діапазону. Задачу було вирішено завдяки застосуванню зовнішнього АЦП до вхідного блоку та керованого вхідного сигналу за допомогою масштабування.

Вирішенням всіх питань та відповідь на розв'язання вище знайдених проблем відображає функціональна схема пристрою реєстрації аналогових сигналів, що зображена на рисунку 3.1.

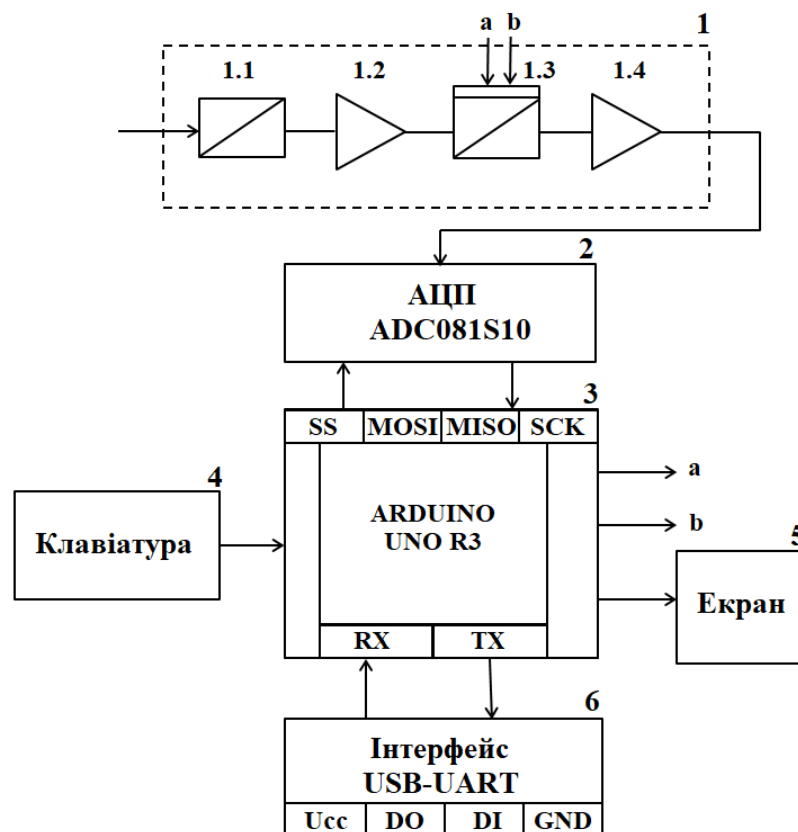


Рисунок 3.1 - Функціональна схема пристрою реєстрації аналогових сигналів

На рисунку 3.1 наведені наступні блоки:

1– блок попередньої обробки сигналу (1.1- подільник напруги, 1.2– буферний підсилювач, 1.3– керований подільник, 1.4– підсилювач нормування сигналу);

2– АЦП;

3– блок керування;

4– клавіатура;

5– екран;

6– перетворювач USB-UART.

Ця функціональна схема є дещо не повним відображенням блоків, що взаємодіють між собою, тому що модуль Arduino не здатний забезпечити висвітлення реальних зв'язків між блоками, попри це він дає змогу програмувати роботу внутрішніх складових. Підводячи підсумки функціональної схеми та детальне дослідження її елементів на здатність роботи до умов пристрою, було сформовано наступні параметри пристрою в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри пристрою

Розрядність	8 біт
Частота дискретизації	1 МГц
Діапазон вимірювання напруги	від 0 до 50В
Напруга живлення	від 7 до 12В
Похибка вимірювання	± 5%
Максимальна частота вимірювання	200 кГц
Вхідний опір не менше	100 кОм
Робота схеми пристрою	від -10 до +40°C

Зі схеми рис. 3.1, бачимо, що сигнал приходить на вхід пристрою, проходить обробку блоком 1, а саме масштабування сигналу погоджується з розрядною сіткою АЦП. Тобто сильний сигнал напруги послабляється за рахунок скоригованого за частотою подільника напруги, та навпаки якщо низький сигнал, то посилюється. Отже за рахунок блока 1 проходить нормування вхідного сигналу по динамічному діапазону АЦП.

Дільник напруги 1.1 знижує в 10 разів розмір вхідного сигналу, цим самим наближає його до вхідного діапазону АЦП.

Наступним етапом на шляху є буферний підсилювач 1.2. Він має лише одиничний коефіцієнт підсилення та направляє сигнал на керований подільник напруги 1.3, який в свою чергу погоджує границі вхідного сигналу з діапазоном АЦП. За допомогою мікроконтролера подільник керується через входи «а» та «b». Останнім кроком в блоці 1 є підсилювач нормування сигналу 1.4, який потрібен для виконання функції посилювати сигнал в 10 разів та для фільтрації високих частот сигналу, для того, щоб забезпечувати належним чином вимоги для аналого-цифрового перетворення.

АЦП 2 здатний виконувати оцифровування сигналу та передачу його до керуючої плати. Цифрові інтервали сигналу фіксуються в цифровій пам'яті. Швидкість запису та смуга частот вхідного сигналу визначається тактовою частотою АЦП.

Блок керування 3 на рис. 3.1 містить в собі мікроконтролер та інтерфейс користувача, який потрібний для налаштування пристрою при аналізі параметрів вхідних сигналів. Функції мікроконтролер виконувати керування блоком попередньої обробки сигналу 1, обробку команд з клавіатури 4, запису сигналів в оперативну пам'ять, що досліджується та обробку й виведення записаної інформації на екран 5.

Панель керування 4 потрібна для забезпечення можливості налаштування пристрою на вимірювання параметрів сигналу. Панель містить в собі кнопки для вибору режиму роботи та перемикачі для забезпечення калібрування амплітуди вхідного сигналу, вибір частоти дискретизації при виведенні її на екран та запису.

Мікропроцесорна платформа Arduino 5 зчитує, записує та передає дані в ході дослідження вхідного сигналу. Екран потрібен лише для відображення даних та управління мікроконтролером.

Перетворювач інтерфейсів 6 USB-UART надає оновлення прошивки мікроконтролера та синхронізацію коли підключений до ПК.

Апаратно обчислювальна платформа Arduino Uno складається на мікроконтролері ATmega 328P, який містить в собі вбудований завантажувач. Це спрощує процес розробки апаратного забезпечення для пристрою й дозволяє швидко змінювати програмне забезпечення. Враховуючи зазначені

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		18

вище умови, робимо висновок, що частота дискретизації АЦП потрібна не менше ніж 1 МГц, розрядність в свою чергу повинна складати 8 біт. Враховано також й розміри корпусу мікросхеми, доступність АЦП на ринку та ціну на потрібні нам моделі. Результатом було обрано АЦП фірми Texas Instruments ADC081S101, в таблиці 2 нижче наведено основні характеристики АЦП.

Таблиця 3.2 - Основні характеристики ADC081S101

Напруга живлення	+2,7В ... 5,25В
Діапазон робочих температур	-40°C ... +85°C
Вхідна напруга	0В ... +5.25В
Розрядність	8 біт
Частота дискретизації	1 МГц

Під час вибору екрану до уваги брали такі його властивості та параметрами:

- портативність;
- роздільна здатність;
- напруга живлення;
- малий струм споживання;
- габаритні розміри екрану;
- швидкість відображення (оновлення інформації);
- доступні вбудовані інтерфейси (UART, SPI, I2C);
- доступність на ринку;
- ціна та можливість швидкої заміни екрану.

Підсумовуючи критерії, було обрано екранний модуль фірми Waveshare 1.3inch OLED з роздільною здатністю 128x64. Для лабораторного пристрою роздільна здатність трішки замала, але для вмонтованого екрану до електронного щупа інженера – достатня. Екранний модуль містить вбудований контролер SH1106. Це спрощує розробку та у разі несправності швидко та легко замінювати модуль [11].

Критеріями для подальшого вибору аналогового мультиплектора та операційних підсилювачів стали: смуга пропускання сигналів більша в 10 разів ніж частота дискретизації АЦП та напруга живлення.

Мультиплексор – це перемикач вхідного діапазону, тому на його основі реалізовано керований подільник напруги. Отже враховуючи критерії, обрано аналоговий мультиплексор фірми Analog Devices ADG704 та операційні підсилювачі фірми Analog Devices AD8033, що здатний виконувати функцію повторювача для передачі сигналу до АЦП. Наступним було підібрано регулятор напруги фірми Texas Instruments UA78M05 з критеріями: вихідна напруга - 5В та вихідний струм, що споживають блоки пристрою.

Arduino Uno являє в собі відкриту готову платформу, що поєднала в собі мікроконтролер, перетворювач USB-UART, стабілізатор живлення. Завдяки цьому спрощена розробка, налаштування та оновлення пристрою. Програмно-апаратне забезпечення пристрою реєстрації аналогових сигналів буде розроблено на мові програмування C++ у середовищі програмування Arduino IDE [5]. Програма повинна виконувати функції прибору:

- отримання та оброблення інформації з входу АЦП;
- відображення сигналу на екрані;
- керування пристроєм.

Відповідно до функцій пристрою, побудовано алгоритм програми, яка описує основні функції програмного-апаратного забезпечення.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						20
<b>Зм..</b>	<b>Лис</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дат</b>		

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИБОРУ

### 4.1 Вибір елементної бази

Відповідно до функціональної схеми рис. 3.1 та умов пристрою, необхідно підібрати елементну базу та розробити електричну схему пристрою реєстрації аналогових сигналів з наступними параметрами:

- розрядність 8 біт;
- частота дискретизації 1 МГц;
- діапазон вимірювання напруги 0 ... +50В;
- напруга живлення 7...12В;
- похибка вимірювання  $\pm 5\%$ ;
- максимальна частота вимірювання 200 кГц;
- вхідний опір не менше ніж 100 кОм;
- робота схеми в температурному діапазоні від -10 до +40°C.

Пристрій реєстрації аналогових сигналів повинен також забезпечувати ряд функцій відповідних блоків у функціональній схемі (рис 2), а саме:

- функцію відображення сигналу у діапазоні обраному користувачем;
- точність зображення у діапазоні обраному користувачем;
- обраний час індикації;
- відображення результатів на екрані;
- можливість керування.

Для побудови пристрою реєстрації аналогового сигналу необхідно вибрати серію мікросхем, на яких будуть реалізовані всі блоки пристрою. Аналізуючи вище зазначені умови та функціональність приладу підібрано ряд мікросхем:

- мікроконтролер - ATmega328P-Atmel;
- АЦП - ADC081S101-TI;
- операційний підсилювач - AD8033-Analog Devices;
- мультиплексор - ADG704-Analog Devices;
- регулятор напруги - UA78m05-TI;
- перетворювач USB-UART - FT232RL-FTDICHip.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		21

## 4.2 Мікроконтролер - АТmega328P-Atmel

Мікроконтролер АТmega328P є оптимальним за параметрами для нашого пристрою. Мікроконтролер потрібен для виконання функції керування блоком попередньої обробки сигналу, обробку команд з клавіатури, запису сигналів в оперативну пам'ять, що досліджується та обробку й виведення записаної інформації на екран.

Аналізуючи ринок доступних мікросхем даної серії, було зупинено вибір на апаратно обчислювальній платформі Arduino Uno R3, що базується саме на даному мікроконтролері та містить відразу перетворювач USB-UART, стабілізатор живлення, завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен, це в свою чергу спрощує процес розробки програмного забезпечення для пристрою й прискорює швидкість заміни модулів, Виходячи з вище сказаного, доцільно буде використовувати платформу Arduino UNO R3 для створення пристрою на основі МК АТmega328, характеристиками та перевагами серед інших якого є:

- кількість RAM - 2048 байт ;
- максимальна швидкодія, 20 MIPS;
- кількість інтерфейсів (апаратна підтримка) – 4;
- струм споживання (max), мА – 14;
- низька ціна.

До складу Arduino Uno входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів / виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШИМ виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для внутрішньо-схемного програмування (ICSP) і кнопка скидання.

Мікроконтролер АТMega328P має 32 виводи, які зображені на рис. 4.1.

Мікроконтролер АТMega328P має 32 виводи у корпусі TQFP, які зображені на рисунку 4.2.

Напруга живлення подається на висновки мікроконтролера VCC і GND і не повинно перевищувати значення - 5,5 В, вказане в технічній документації АТmega328P [5, 6].

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		22



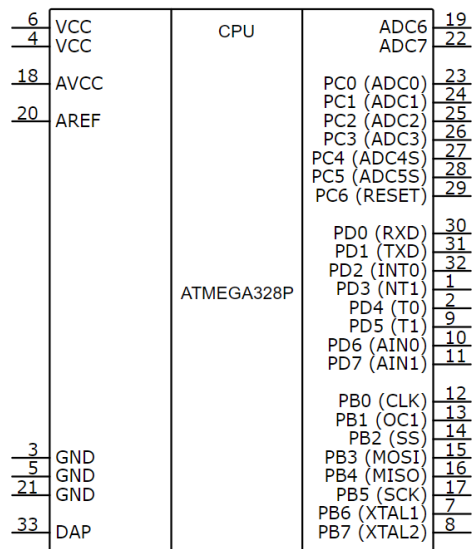


Рисунок 4.1 - Призначення виводів мікроконтролера АТМегa328P

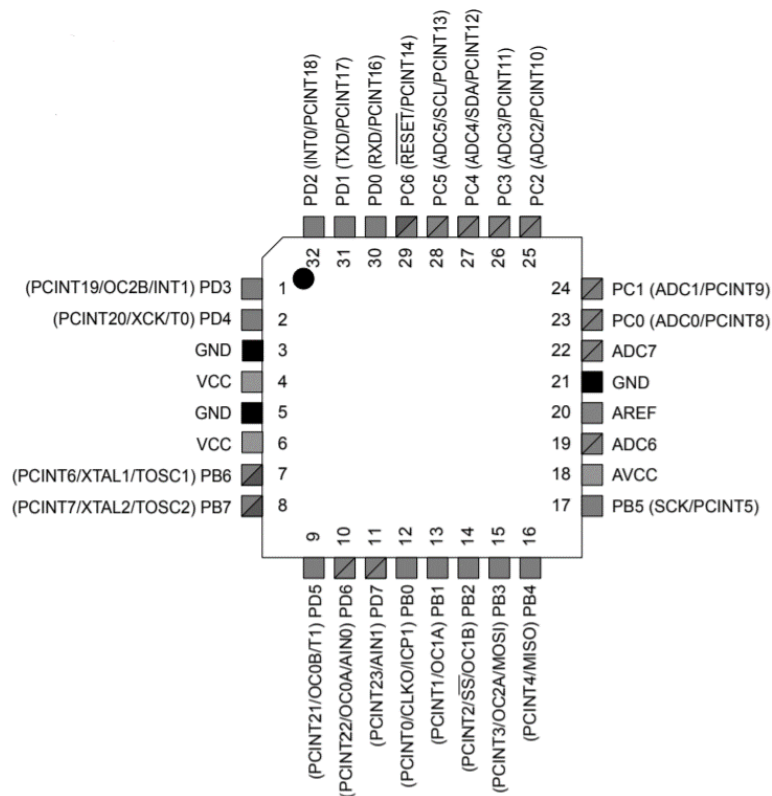


Рисунок 4.2 - Призначення виводів мікроконтролера АТМегa328P у корпусі TQFP

VCC і GND – живлення цифрових схем мікроконтролера;  
AVCC і GND – живлення аналого-цифрового перетворювача;  
Reset – генерація сигналу скидання мікроконтролера;  
Порт В – має 8-розрядний двонаправлений порт і вміщує в собі навантажувальні резистори;

Порт С – має 8-розрядний вихідний порт. Порт С використовується для шини адреси;

Порт D – має 8-розрядний двонаправлений порт, який має вбудовані навантажувальні резистори;

XTAL1, XTAL2 – вхід та вихід інвертуючого підсилювача тактової частоти генератора;

AGND – даний вивід повинен бути під'єднаний до окремого заземлення.

AREF – вхід опорної напруги для аналого-цифрового перетворювача. На даний вивід подається напруга у межах між AGND и AVCC;

TOSC1, TOSC2 – вхід та вихід інвертуючого підсилювача;

В Arduino Uno є відновлювані запобіжники, що захищають USB порт від коротких замикань і перевантажень. Якщо від USB-порту споживається струм більше 500 мА, запобіжник автоматично розірве з'єднання до усунення причин короткого замикання або перевантаження.

#### Фізичні характеристики

Максимальна довжина і ширина друкованої плати Uno становить 6.9 см і 5.4 см відповідно, з урахуванням роз'єму USB і роз'єму живлення, що виступають за межі плати. Чотири кріпильних отвори дозволяють прикріплювати плату до поверхні або корпусу [6].

Далі наведено принципово важливі розрахунки для створення схеми електричної принципової.

Figure 15-4. External Reset During Operation

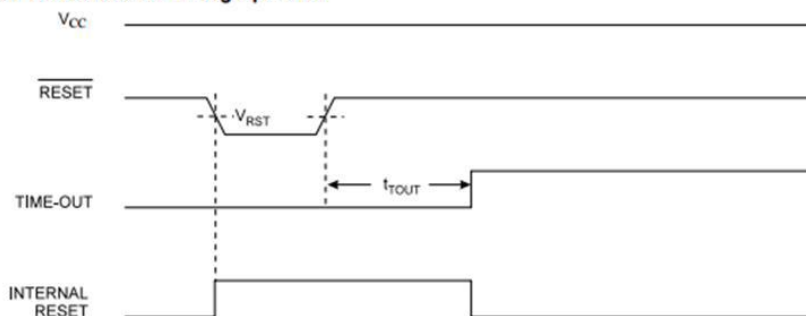


Рисунок 4.3 - Час скидання мікроконтролера

Як видно з рисунку 4.3 необхідний час для скидання мікроконтролера дорівнює 2 тактам. Через те, що частота з якою працює мікроконтролер:  $f_{МК} = 16\text{МГц}$  [6].

Схема скидання МК зображена на рисунку 4.4.

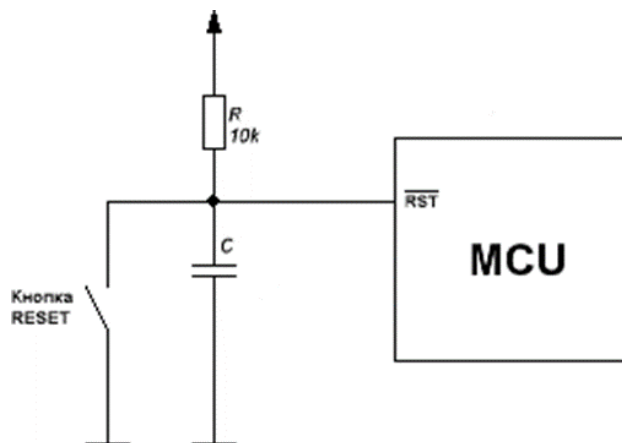


Рисунок 4.4 - Схема скидання мікроконтролера

### 4.3 АЦП - ADC081S101-T1

Аналого-цифровий перетворювач призначений для перетворення аналогових сигналів в цифрові. Для такого перетворення необхідно здійснити квантування аналогового сигналу, тобто миттєві значення аналогового сигналу обмежити певними рівнями, званими рівнями квантування. До основних характеристик АЦП відносять число розрядів, час перетворення, нелінійність та інші. Відповідно до умов, частота дискретизації АЦП повинна бути не менше 1МГц, а розрядність 8 біт, було обрано ADC081S101-T1.

Texas Instruments ADC081S101 - це економічна однокристальна ІС аналого-цифрового перетворення (АЦП) з роздільною здатністю 8 біт, при частоті дискретизації до 1 млн. відліків в секунду. Ця АЦП використовує архітектуру з регістром послідовного наближення і вбудованою схемою вибірки-зберігання. Послідовний інтерфейс сумісний з декількома стандартами, такими як SPI™, QSPI™, MICROWIRE™ і багатьма загальноприйнятими стандартами в цифрових сигнальних процесорах.

ІС ADC081S101 використовує джерело живлення в якості опорної напруги. В результаті допустима напруга на вході АЦП може змінюватися в межах від 0 до +Vжив. Частота перетворення задається частотою тактування послідовного інтерфейсу (SCLK). Також перетворювач має режим зниженого

енергоспоживання в черговому режимі. Основні технічні характеристики наведено в таблиці 4.1, які повністю задовольняють наші умови [9].

Таблиця 4.1 - Основні характеристики ADC081S10

Напруга живлення	+2,7В ... +5,25В
Діапазон робочих температур	-40°C ...+85°C
Межі вимірюваної напруги на вході АЦП (Верхня границя залежить від максимальної напруги живлення)	0В ... +5.25В
Розрядність	8 біт
Частота дискретизації	1 МГц

На рисунку 4.5 наведено умовне позначення на принциповій схемі аналогово-цифрового перетворювача ADC081S051 та описано призначення виводів.

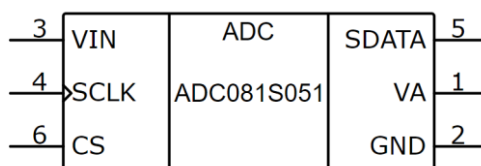


Рисунок 4.5 - Призначення виводів аналого-цифрового перетворювача ADC081S051

VIN – аналоговий вхід. Цей сигнал може варіюватися від 0 В до VA;  
 SCLK – вхід цифрового годинника. Цей годинник безпосередньо управляє процесами перетворення і зчитування;  
 SDATA – виведення цифрових даних;  
 CS – вибір чіпа. З нижнього краю CS починається процес перетворення;  
 VA – позитивний вивід живлення. Цей вивід повинен бути підключений до джерела від +2,7 В до +5,25 В і підключений до GND з конденсатором ємністю 1 мкФ і монолітним конденсатором ємністю 0,1 мкФ;  
 GND – заземлення.

#### 4.4 Операційний підсилювач - AD8033-Analog Devices

Обрано операційний підсилювач фірми Analog Devices AD8033, що виконує функцію підсилювача зі зворотнім зв'язком по напрузі та буфера (повторювача) для передачі сигналу АЦП.

AD8033 - це одиночний операційний підсилювач зі зворотним зв'язком по напрузі і входним каскадом на польових транзисторах, що мають високоефективні характеристики. Операційний підсилювач має характеристики, які істотно перевершують характеристики аналогічних дешевих ОП на польових транзисторах: низький рівень власних шумів (11 нВ/Гц-2 і 0.6 фА/Гц-2) і високу швидкодію (ширина смуги пропускання 80 МГц і швидкість наростання вихідного сигналу 80 в/мкс). Маючи широкий діапазон живлення від 5 до 24 В Крім того, AD8033 має вхідний динамічний діапазон, рівний напрузі живлення, що додає універсальності [10].

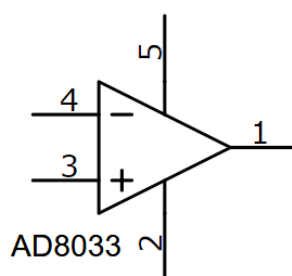


Рисунок 4.6 - Умовне позначення операційного підсилювача фірми Analog Devices AD8033 з призначення виводів

- Ширина смуги за рівнем -3 дБ: 80 МГц;
- Швидкість наростання: 80 В / мкс;
- Широкий діапазон напруг живлення від 5 В до 24 В;
- Низька напруга зміщення: 1 мВ;
- Високий коефіцієнт ослаблення синфазного сигналу: -100 дБ;
- Споживаний струм 3.3 мА / канал.

#### 4.5 Мультиплексор - ADG704-Analog Devices

Аналоговий мультиплексор фірми Analog Devices ADG704 призначений для виконання функції комутації аналогових сигналів.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		27

ADG704 являє собою аналоговий мультиплексор CMOS, що складається з чотирьох окремих каналів. Цей мультиплексор розроблений на основі вдосконаленого субмікронного процесу, який забезпечує низьку розсіювану потужність, але забезпечує висока швидкість перемикавання, низький опір, низькі струми витоку і високу пропускну здатність. Забезпечення відмінної лінійності і низького спотворення при перемиканні. ADG704 може працювати в одному діапазоні живлення від +1,8 В до + 5,5 В, що робить його ідеальним для використання в приладах з батарейним живленням і з новим поколінням ЦАП і АЦП. ADG704 перемикає один з чотирьох входів на загальний вихід, D, як визначено 3-бітними двійковими адресними рядками, A0, A1 і EN. Логічне " 0 " на виводі EN відключає пристрій. Кожен перемикач ADG704 однаково добре працює в обох напрямках при включенні [8].

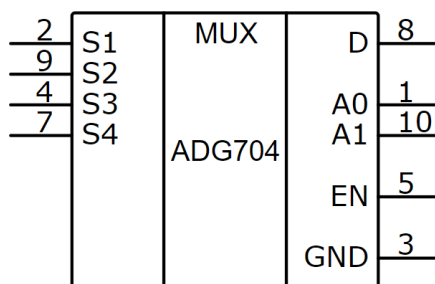


Рисунок 4.7 - Призначення виводів аналогового мультиплексора ADG704

GND – заземлення;

S – вивід джерела. Може бути вхід або вихід.

D – зливний вивід. Може бути вхід або вихід.

A0, A1 - входи логічного управління;

EN - вхід логічного управління.

#### 4.6 Регулятор напруги - UA78m05-TI

Регулятор напруги фірми Texas Instruments UA78m05 було підібрано для регулювання та усунення проблем із шумом і розподілом, зв'язаних з регулюванням точки опори. Регулятор може забезпечувати вихідний струм до 500 мА. Внутрішнє обмеження струму і теплове відключення по суті роблять його несприйнятливими до перевантажень [7].

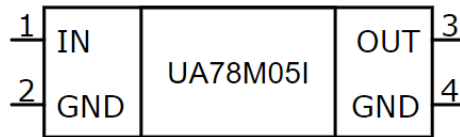


Рисунок 4.8 - Умовне позначення регулятора напруги фірми Texas Instruments UA78M05 з призначення виводів

#### 4.7 Перетворювач USB-UART - FT232RL-FTDIChip

Мікросхема FT232RL (рис. 4.9) являє собою універсальний асинхронний приймач (UART) є високоінтегрованим послідовним інтерфейсом USB-COM.

За допомогою FT232RL можна легко організувати обмін даними між будь-яким зовнішнім пристроєм на мікроконтролері і комп'ютером через USB-порт останнього, використовуючи мінімум додаткових компонентів (знадобиться тільки USB-роз'єм і кілька резисторів). Мікросхема вже містить тактовий генератор, пам'ять EEPROM і здатна працювати в режимі послідовного обміну даними, а також в режимі Bit-bang [12].

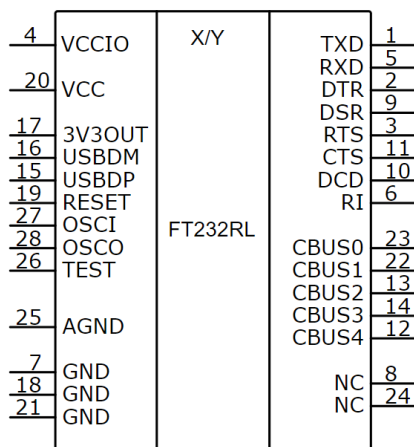


Рисунок 4.9 - Призначення виводів універсального асинхронного приймача FT232RL

USB DP – USB- сигнал передачі даних плюс, що включає внутрішній послідовний резистор і підтягуючий;

USB DM – USB-сигнал передачі даних мінус, що включає внутрішній послідовний резистор;

VCCIO - живлення інтерфейсу UART від + 1,8 В до +5,25 в і контактів групи CBUS (1...3, 5, 6, 9...14, 22, 23);

GND – заземлення;

3V3OUT – вихід + 3,3 В від вбудованого регулятора LDO;

VCC – живлення ядра пристрою від +3,3 В до + 5,25 В;

AGND – пристрій аналогового заземлення для внутрішнього тактового помножувача;

NC – немає внутрішнього підключення;

RESET – вхід скидання;

TEST – перехід пристрою в режим тестування IC;

OSCI – вхідний осередок генератора 12 МГц;

OSCO – вихідний осередок генератора 12 МГц;

TXD – передача асинхронного виведення даних;

DTR – термінал виходу управління / сигналу;

RTS – запит на відправку керуючого вихідного сигналу;

RXD – прийом асинхронного введення даних;

RI – вхід управління кільцевим індикатором;

DSR – вхід управління;

DCD – вхід управління виявленням носія даних;

CTS – очищення для відправлення сигнал керуючого входу;

CBUS(0-4) - настроюваний контакт вводу-виводу CBUS.

#### 4.8 Вибір екрану

Екранний модуль 1.3inch OLED (B) обрано на основі умови портативність пристрою, та деяких параметрів: напруга живлення не більше 5В, низький струм споживання, малі розміри екрану, доступність інтерфейсів зв'язку (SPI, UART, I2C), швидкість оновлення зображення, ціна та можливість швидкої заміни екрану, у разі виходу його з ладу.

Екранний модуль фірми Waveshare 1.3inch OLED (B) – це бюджетний OLED – дисплей, розроблений компанією Waveshare з розміром діагоналі 1.3 дюйма та роздільною здатністю 128x64. Модуль дисплея налічує 2 інтерфейси - SPI та I2C. В нашому випадку краще використати варіант SPI 4 - провідний. Управління дисплея відбувається драйвером SH1106, розробленим компанією SINO WEALTH. Колір світіння дисплею - синій. Екран буде під'єднано до джерела живлення +5 В й до заземлення на мікросхемі Arduino

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						30
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		



UNO та до вихідних портів С мікроконтролера ATmega328P, а саме до PC5 та PC4 [11].

Таблиця 4.2 - Основні характеристики екранного модуля 1.3inch OLED (B)

Напруга живлення	+3,3В ... +5В
Інтерфейси 3-wire	3-wire SPI, 4-wire SPI, I2C
Діагональ екрану	1,3 дюйми
Роздільна здатність екрану	128 на 64 пікселів
Габаритні розміри	40.50 мм на 37.50 мм
Діапазон робочих температур	-30°C ...+70°C

#### 4.9 Вибір типу резисторів

При виборі резисторів враховуємо наступні параметри:

- номінальний опір;
- розсіювана потужність;
- допуск;
- робоча температура;
- тип резистора;
- корпус, тип монтажу резистора;
- максимальна робоча напруга.

Виходячи з вимог усі резистори у приладі будемо використовувати у корпусі типу SMD 0805 (чіп-резистор), оскільки розміри таких резисторів менші за інші, це дозволяє зменшити його вагу та розміри, а максимальна розсіювана потужність – 0,125 Вт достатня для роботи пристрою. Для досягнення високої точності вимірювання у приладі будемо використовувати резистори з ряду E 96 з точністю  $\pm 1\%$ , робоча температура  $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$ , максимальна робоча напруга 150В є достатньою для роботи приладу.

#### 4.10 Вибір типу конденсаторів

При виборі конденсаторів враховуємо наступні параметри:

- номінальна ємність конденсатора;
- робоча напруга конденсатора;
- тип конденсатора;
- робоча температура;
- допуск.

Виходячи з вимог, було підібрано для використання чіп-конденсатор SMD 0603, конденсатор цього типу мають малі розміри та масу, що є гарним параметром для переносного пристрою. Максимальна робоча напруга даних керамічних конденсаторів складає 50В, що є достатнім для роботи приладу. Температурний коефіцієнт ємності обираємо зі значенням  $\times 7r$ , він має гарні температурні параметри (не сильно змінює свої характеристики в залежності від температури, що є гарним для переносного пристрою), робочу температуру у межах  $-55^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$  та похибку  $\pm 10\%$ . Данні параметри задовольняють вимоги ТЗ.

#### 4.11 Вибір діодів та світлодіодів

Для індикації використовуються світлодіоди KLS9-T0805UGC, які мають малий струм споживання та необхідну яскравість. На електричній схемі в додатку Б світлодіоди позначені VD1-VD4. Опишемо функції кожного світлодіода окремо. VD2- вмикається при ввімкненні пристрою, VD1- вмикається якщо стабілізатор напруги виконує свої функції, VD3-VD4 – працюють по черзі, якщо на пристрій надходить сигнал.

Діоди обрані відповідно до функцій, які вони виконують в схемі, а саме функцію захисту від перевищення допустимої напруги на вході осцилографа. Основним критерієм при цьому були: напруга, швидкість відкриття каналу, ємність діоду, а також зворотня напруга пробою діода. Обрано діоди Шоттки ВАТ30, що забезпечують умови та задані критерії.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		32

## 4.12 Вибір кнопок

Відповідно до умов, обрано кнопки DTSM-32 в корпусі SMD та з робочою напругою 12 В. На кнопки створюється механічне навантаження, тож вони вибиралися з огляду на надійність роботи під навантаженням. На схемі в додатку Б позначені SB1-SB6. Опишемо функції кожної кнопки окремо. SB1 – увімкнення або вимкнення пристрою, SB2 – кнопка зменшення U вимірювання (V-), SB3 – кнопка збільшення U вимірювання (U+), SB4 – кнопка зменшення розгортки (t-), SB5 – кнопка збільшення розгортки (t+), SB6 – скидання.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		33

## 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЮ РЕЄСТРАЦІЇ АНАЛОГОВИХ СИГНАЛІВ

### 5.1 Розробка програмного забезпечення на мові C++

Основне завдання – розробити програмне забезпечення пристрою для демонстрації його основних функцій.

Програмне забезпечення для пристрою розроблялося на мові програмування C++ у середовищі програмування Arduino IDE. Програма повинна реалізовувати функціонал пристрою, а саме:

- відображення сигналу;
- керування пристроєм;
- отримання та оброблення інформації з входу АЦП;
- час індикації.

Згідно заданих умов для полегшення поняття роботи програми було розроблено деякий алгоритм програми, що описує основні завдання програмного забезпечення.

Алгоритм та опис програми пристрою:

- 1) Підключення бібліотек для застосування функцій мови.
- 2) Підключення бібліотек для використання інтерфейсу SPI (SPI.h) та графічної бібліотеки екрану (U8glib.h).
- 3) Ініціалізація змінних та констант.
- 4) Ініціалізація портів (на вхід/вихід).
- 5) Ініціалізація інтерфейсів SPI, I2C та UART інтерфейсів.

Основний цикл програми включає зчитування та обробку даних з АЦП, виведення даних екран, перевірку отримання даних.

- б) Зчитування даних з АЦП.

АЦП пов'язаний з мікроконтролером за допомогою інтерфейсу SPI. Для отримання даних на АЦП відправляються два байти нулів, у відповідь відповідно АЦП відправляє два байта даних, що здвигаються та отримується один байт даних. Також відповідно до обраних користувачем функцій (стабілізація, авторозгортка та ін.) іде визначення відповідних даних для відображення на екрані.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		34

## 7) Виведення даних на екран.

Для роботи з екраном використовується бібліотека "U8glib.h", яка включає основні функції, що необхідні для відображення даних. Основні функції:

- u8g.drawStr() – вивести текст;
- u8g.drawPixel() – відобразити піксель;
- u8g.drawLine() – відобразити лінію.

Виведення на екран відбувається поступово – спочатку малюється статичний текст (назви, величини), а потім відображається динамічна розрахована складова (сигнал та дані частоти).

## 8) Оброблення даних.

Якщо з порту надійшли дані, то відбувається перехід на функцію, що оброблює ці дані змінюючи відповідні величини, встановленні користувачем.

Згідно до алгоритму програми було розроблено та написано програмне забезпечення, представлене у додатку А.

## 5.2 Розробка програмного забезпечення на мові асемблера

Розробка програмного забезпечення буде реалізована у середовищі програмування Atmel Studio на мові асемблер для виконання функції індикації роботи мікроконтролера.

Програмне забезпечення:

```
.def temp = r16 ; задаємо ім'я нашому регістру загального призначення
.org 0x0000 ; починаємо програму з reset
rjmp reset

reset:

    ldi temp, LOW(RAMEND) ; Показчик стека вказує
    out SPL, temp      ; на останню адресу ОЗУ
    ldi temp, HIGH(RAMEND)
    out SPH, temp
    ldi temp, 0b00000001 ; порт В на вихід
    out DDRB, temp ;
```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		35

```

// Основне тіло програми
main:
    sbi PORTB,5
    rcall delay
    cbi PORTB,5
    rcall delay
rjmp main
// Підпрограма затримки
delay:
    clr r20
    clr r21
m_1:
    inc r20
    brne m_1
    inc r21
    brne m_1
    ret

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		36

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено пристрій реєстрації аналогових сигналів.

1. Одним із ефективних засобів моніторингу якості інформаційного обміну є комунікаційні аналізатори реального часу, які дозволяють досліджувати обмін по послідовним портам шляхом приєднання до фізичних послідовних портів серверів та робочих станцій з метою здійснення аналізу та документування обміну даними.

2. Пристрій реалізовано з застосуванням Arduino UNO на основі мікроконтролера ATmega328P, що значно скоротило час та витрати на розробку пристрою.

3. Представлений в кваліфікаційній роботі бакалавра пристрій реєстрації аналогових сигналів має деякі обмежені амплітудні та частотні характеристики, але на перевагу мінімізація габаритів пристрою, що було одним із основних задач на даному етапі. В подальшому частотні та амплітудні характеристики можна буде налаштувати на інші необхідні параметри в розробках сімейства пристрою.

4. Завдяки мінімізації габаритів пристрою реєстрації аналогових сигналів дає можливість його виконання у вигляді електронного щупа.

5. Розроблено електрично принципову схему пристрою.

6. На основі аналізу, розрахунку та розробки схем було створено алгоритм роботи програми та програмний код, що в свою чергу підтверджує функціональні можливості та працездатність пристрою.

7. За результатами роботи зроблено доповідь на наукову конференцію ФЕЕ-2021 «Пристрій реєстрації аналогових сигналів» та опубліковано тези: Бережна О.В., Щокотова І.В., Васильєв В.Р., Погуляй О.Р. «Пристрій реєстрації аналогових сигналів».

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		37

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дьяконов В.П. Сучасна осцилографія і Осцилографи. Серія " Бібліотека інженера» — М.: СОЛОН-Пресс, 2013. — 320 с.
2. Осцилограф [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Осцилограф>.
3. Осцилографи та методи вимірювання радіотехнічних величин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/39321/1/Ostsylohrafy.pdf>
4. Работа с осциллографом, принцип, назначение [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech\\_54360.html](https://www.equipnet.ru/articles/tech/tech_54360.html).
5. Документація на Arduino UNO [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://hcomp.ru/downloads/arduino/UNOr3/arduino\\_uno\\_r3\\_RUS.pdf](https://hcomp.ru/downloads/arduino/UNOr3/arduino_uno_r3_RUS.pdf).
6. Документація на ATmega328P [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://files.amperka.ru/datasheets/ATmega328.pdf> .
7. Документація на UA78m05 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://clck.ru/VUTo5>.
8. Документація на ADG704 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://clck.ru/VUTGx>.
9. Документація на ADC081S101 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://clck.ru/VUTnS>.
10. Документація на AD8033 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://clck.ru/VUTm9>.
11. Документація на екран 1.3inch OLED (B) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://clck.ru/VUTmf>.
12. Документація на FT232RL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/144591/FTDI/FT232RL.html>
13. U8glib Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://github.com/olikraus/U8glib\\_Arduino](https://github.com/olikraus/U8glib_Arduino).
14. Мова програмування C++ [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <http://mycsharp.ru/>.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		38



15. Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/>
16. Графічний редактор Easyeda [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://easyeda.com/>
17. Microsoft Visual Studio [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>.
18. Васильєв В.Р. Пристрій реєстрації аналогових сигналів/ Бережна О.В., Щокотова І.В., Васильєв В.Р., Погуляй О.Р. // фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2021). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2021. - С.145.
19. Васильєв В.Р. Покроковий перетворювач двійкових чисел в двійково-десяткові/ Борисенко О.А., Бережна О.В., Горішняк А.О., Сердюк В.В., Васильєв В.Р., студент// фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2021). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2021. - С.145.
20. Васильєв В.Р. Перетворення двійкових чисел в фібоначчєві/ Борисенко О.А., Васильєв В.Р., Литвиненко А.М., // фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2021). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2020. - С.160.
21. Васильєв В.Р. Розробка методів тривимірного (3D) біопрінтингу для друку гелевими біополімерами/ Колесник М.М., Знаменщиков Я.В., Дейнека В.М., Васильєв В.Р. // фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2019. - С.138.
22. Васильєв В.Р. Плівки CZTS, отримані методом струменевого друку чорнилами на основі поліольно-синтезованих нанокристалів // Васильєв В.Р., Доброжан О.А., Опанасюк Н.М., Опанасюк А.С., // фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2019. - С.138.

## ДОДАТОК А

### Програмне забезпечення прототипу пристрою

```
#include "U8glib.h" #include <SPI.h>
// Внутрішній АЦП
const int slaveSelectPin = 10;
byte useThreshold = 1; // 0 = Off, 1 = Rising, 2 = Falling byte theThreshold =
128; // 0-255, Multiplied by voltageConst unsigned int timePeriod = 200; // 0-65535,
us or ms per measurement (max 0.065s or 65.535s)
byte voltageRange = 1; // 1 = 0-5V, 2 = 0-2.5V, 3 = 0-1.25V
boolean autoHScale = true; // Automatic horizontal (time) scaling boolean
linesNotDots = true; // Draw lines between data points
const byte high_speedADC_time_us = 10; //Час роботи АЦП 13 мкс + 3
мкс.
// Variables that can probably be left alone
const byte vTextShift = 1; // Vertical text shift (to vertically align info)
// Leave at 100 for 128x64 pixel display (Кількість вибірок)
const byte numOfSamples = 100;
//unsigned int HQadcReadings[numOfSamples]; // Читання даних з АЦП
(оскільки 10 біт) byte adcReadings[numOfSamples]; // Читання даних з АЦП (8
біт)
byte thresLocation = 0; // Threshold bar location
float voltageConst = 0.079365151; // Scaling factor for converting 0-63 to V
// Ініціалізація змінних
float avgV = 0.0; // Для середньої напруги float maxV = 0.0; //
Максимальна напруга
float minV = 0.0; // Мінімальна напруга float ptopV = 0.0; //
float theFreq = 0; // Частота (можна додати період)
```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		40

```

const byte theAnalogPin = A0; // Data read pin

// HW SPI/I2C:
//U8GLIB_SSD1306_128X32 u8g(U8G_I2C_OPT_NONE); // I2C / TWI
//U8GLIB_SSD1306_128X64
u8g(U8G_I2C_OPT_NONE|U8G_I2C_OPT_DEV_0); // I2C / TWI
U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_FAST); // Fast I2C / TWI
//U8GLIB_SSD1306_128X64 u8g(U8G_I2C_OPT_NO_ACK);
// Display which does not send AC
// defines for setting and clearing register bits #ifndef cbi
#define cbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) &= ~_BV(bit)) #endif
#ifndef sbi
#define sbi(sfr, bit) (_SFR_BYTE(sfr) |= _BV(bit)) #endif

int adc()
{
byte data = 0;
//float data_f = 0; digitalWrite(slaveSelectPin, LOW);
data = (SPI.transfer(0)<<4)|(SPI.transfer(0)>>4);
digitalWrite(slaveSelectPin, HIGH);

return data;

void collectData(void) //collect data from adc (main part)!!!
{
byte tempThres = 0; // TEMP byte i = 0;
if (autoHScale == true)// Автопідстроювання часу
{
// With automatic horizontal (time) scaling enabled,
// scale quickly if the threshold location is far, then slow down if
(thresLocation > 5*numOfSamples/8) {
timePeriod = timePeriod + 5;
} else if (thresLocation < 3*numOfSamples/8) { timePeriod = timePeriod - 5;
} else if (thresLocation > numOfSamples/2) { timePeriod = timePeriod + 1;

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		41

```

    } else if (thresLocation < numOfSamples/2) { timePeriod = timePeriod - 1;
    }
    }
    // Enforce minimum time periods
    if (timePeriod < high_speedADC_time_us) { timePeriod =
high_speedADC_time_us;
    }
    // Adjust voltage constant to fit the voltage range if (voltageRange == 1) {
    //voltageConst = 1;
    voltageConst = 0.079365151; // 0-5V was//0.0523810; // 0-3.30V //
    } else if (voltageRange == 2) {
    voltageConst = 0.0261905; // 0-2.5V was//0.0261905; // 0-1.65V //
    } else if (voltageRange == 3) {
    voltageConst = 0.01309526; // 0-1,25V was//0.0130952; //0-0.825V //
    }
    // If using threshold, wait until it has been reached if (voltageRange == 1)
tempThres = theThreshold;
    else if (voltageRange == 2) tempThres = theThreshold << 1; else if
(voltageRange == 3) tempThres = theThreshold << 2; if (useThreshold == 1) {
    i = 0; while ((adc())>tempThres) && (i<256)) i++; i = 0; while
((adc())>tempThres) && (i<256)) i++;
    }
    else if (useThreshold == 2) {
    i = 0; while ((adc())>tempThres) && (i<256)) i++; i = 0; while
((adc())>tempThres) && (i<256)) i++;
    }
    // Collect ADC readings
    for (i=0; i<numOfSamples; i++) { adcReadings[i] = adc();
    //adcReadings[i] = analogRead(theAnalogPin)/4;
    if (timePeriod > high_speedADC_time_us) //was -35

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		42

```

{
    delayMicroseconds(timePeriod - high_speedADC_time_us); //was -35
}
}
for (i=0; i<numOfSamples; i++) {
    // Scale the readings to 0-63 and clip to 63 if they are out of range. if
(voltageRange == 1) {
        //adcReadings[i]<<4 & 0b11111111;
        if (adcReadings[i]>>2 < 0b111111) adcReadings[i] = adcReadings[i]>>2 &
0b111111; else adcReadings[i] = 0b111111;
    } else if (voltageRange == 2) {
        if (adcReadings[i]>>3 < 0b11111) adcReadings[i] = adcReadings[i]>>3 &
0b111111; else adcReadings[i] = 0b111111;
    } else if (voltageRange == 3) {
        if (adcReadings[i]>>4 < 0b1111) adcReadings[i] = adcReadings[i]>>4 &
0b111111; else adcReadings[i] = 0b111111;
    }
    // Invert for display
    adcReadings[i] = 63-adcReadings[i];
}
// Calculate and display frequency of signal using zero crossing if
(useThreshold != 0) {
    if (useThreshold == 1) { thresLocation = 1;
        while ((adcReadings[thresLocation]<(63-(theThreshold>>2)))    &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
        thresLocation++;
        while ((adcReadings[thresLocation]>(63-(theThreshold>>2)))    &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
    }
    else if (useThreshold == 2) { thresLocation = 1;

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		43

```

while ((adcReadings[thresLocation]>(63-(theThreshold>>2))) &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
thresLocation++;
while ((adcReadings[thresLocation]<(63-(theThreshold>>2))) &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
}

```

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		44



## ДОДАТОК В

### Розробка методів тривимірного (3D) біопрінтингу для друку гелевими біополімерами

Колесник М.М., *доцент*; Знаменщиков Я.В., *асистент*;  
Дейнека В.М., *аспірант*; Васильєв В.Р., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Людське тіло має здатність до регенерації, проте вона обмежена багатьма чинниками, зокрема розміром дефекту тканини. Будь-яке пошкодження тканини, що перевищує критичний розмір, потребує хірургічних методів лікування. Найбільш поширеним при цьому є метод, що використовує власні тканини чи біоматеріали у вигляді тканинноінженерних скаффолдів. Тривимірні скаффолди відіграють роль штучного міжклітинного каркасу, стимулюють ріст та диференціацію клітин під час формування нової, власної тканини організму. Використання тривимірних скаффолдів обумовлюється двома критичними факторами: вибором біоматеріалу та методу створення. Серед методів створення скаффолдів найбільш перспективний є їх 3D друк, зокрема струменевий друк біоматеріалів.. Під час струменевого друку біоматеріал наноситься шар за шаром аж до одержання необхідної конструкції. Саме метод 3D біопрінтингу дозволяє створити скаффолд завантажений плюріпотентними клітинами, який після трансплантації зможе відтворити повноцінну тканину.

Нами проведена модифікація 3D принтера та розроблена відповідна головка, що дозволить використовувати для друку біополімери у вигляді гелю (рисунок 1). В подальшому експериментальним шляхом будуть підібрані вид полімеру та визначені його характеристики для оптимальної швидкості полімеризації друкованих шарів.

В результаті цього буде розроблено оптимальну тривимірну будову скаффолду для можливого заселення його культурою клітин та проведена характеристика поверхні та внутрішньої структури зразка за допомогою скануючої електронної мікроскопії. Для визначення можливості застосування матеріалів для тканинної інженерії буде визначена швидкість біодеградації з використання розчину SBF (simulated body fluid) та отримані дані щодо типу тканини, в якій може бути використаний метод тканинної інженерії.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		46



## ДОДАТОК Г

### Плівки CZTS, отримані методом струменевого друку чорнилами на основі поліольно-синтезованих нанокристалів

Васильєв В.Р., *студент*; Доброжан О.А., *асистент*; Опанасюк Н.М.,  
*доцент*; Опанасюк А.С., *професор*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Напівпровідникова сполука  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS), що має *p*-тип провідності, високий коефіцієнт поглинання видимого світла ( $10^4$ - $10^5$  см<sup>-1</sup>), оптичну ширину забороненої зони, що відповідає максимуму Шоклі-Квайзера ( $E_g \sim 1,5$  eV) є екологічно чистою, дешевою альтернативою традиційним поглинальним матеріалам (Si, CIGS, CdTe) тонкоплівкових сонячних елементів (SE). Одним з перспективних шляхів зниження собівартості виробництва таких приладів є застосування гнучких підкладок для нанесення тонких плівок CZTS та використання для їх одержання 3D чи 2D друку.

В роботі досліджено вплив післяростового відпалу на розмір і форму зерен, товщину, кристалічну структуру, фазовий і хімічний склад тонких плівок CZTS, нанесених на поліамідні підкладки.

Наночастинки (НЧ) синтезували за методикою описаною в [1]. Після цього їх виділяли з суспензії центрифугуванням при 4000 об/хв протягом 10 хв та двічі промивали етанолом для видалення побічних продуктів реакції. Чорнило формували диспергуванням 1 г вакуумно висушених нанокристалів в суміші 8 г дистильованої води і 1 г EG. Утворені чорнила були використані для друку плівок на гнучких підкладках Karton. Під час процесу нанесення застосувалось 5 циклів друку з короткою стадією попереднього відпалу на гарячій пластині принтеру 30 сек при температурі 150 0C. Після осадження плівки відпалювали при трьох температурах ( $T_a = 150, 175, 200$  0C) протягом трьох різних часів ( $t_a = 30, 60, 90$  хв).

Встановлено, що синтезовані НЧ  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  мали розмір ( $7 \pm 4$ ) нм. Методами SAED і XRD підтверджено, що вони мали кристалічну структуру кестериту з незначною кількістю вторинної фази  $\text{Cu}_2\text{S}$ . Відпалювання плівок при температурі попереднього відпалу 150 0C і наступних післяростових відпалах при (150-200) 0C протягом (30-120) хв дозволили незначно зменшити вміст фази  $\text{Cu}_2\text{S}$ , а також збільшити розмір їх зерен від 5,1 нм до 7,6 нм, що свідчить про поліпшення якості кристалічної структури шарів.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		47

## ДОДАТОК Г

### Перетворення двійкових чисел в фібоначчієві

Борисенко О.А., *професор*; Васильєв В.Р., *студент*;

Литвиненко А.М., *студент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Сьогодні в телекомунікаційних системах використовується велика кількість різних завадостійких кодів, серед яких в силу своєї відносної простоти і можливості наскрізного контролю набув код Фібоначчі, який складається з фібоначчієвих чисел. При цьому важливим завданням, необхідним для застосування коду Фібоначчі, є необхідність перетворення в нього двійкового коду. Це пов'язано з тим, що код Фібоначчі в багатьох випадках зв'язується з двійковими цифровими системами. Саме це завдання зв'язку двійкового коду з кодом Фібоначчі і вирішується в даній роботі.

Для вирішення цієї задачі пропонується використати Фібоначчі-восьмеричний код, який складається з послідовності 4-розрядних кодів - сегментів, що містять по 8 фібоначчієвих чисел. В результаті вони відносно легко переходять в 3-розрядні сегменти двійкових чисел. Це спрощує перетворення двійкових чисел в фібоначчієві числа і робить його більш швидкодіючим і надійним.

Пропонований спосіб перетворення двійкового числа у фібоначчієве число полягає в наступному:

1. Двійкове число ділиться на сегменти, що складаються з 3 бітів, починаючи з нульового біта молодшого розряду і закінчуючи бітом старшого розряду. В результаті буде отримано двійково-вісімкове число.

2. Кожен двійковий сегмент перетворюється у відповідний сегмент фібоначчієвого числа.

3. З фібоначчієвих сегментів формується Фібоначчі-восьмеричне число і процедура перетворення двійкового числа у Фібоначчі-восьмеричне число закінчується.

Отримана послідовність сегментів Фібоначчі-восьмеричного числа послідовно зберігається в буферному пристрою і після цього передається по каналу зв'язку.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						48
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

## ДОДАТОК Д

### Покроковий перетворювач двійкових чисел в двійково-десяткові

Борисенко О.А., *професор*, Бережна О.В., *доцент*,  
Горішняк А.О., *аспірант*, Сердюк В.В., *аспірант*, Васильєв В.Р., *студент*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Двійково-десяткові числа застосовуються під час передачі та відображення інформації, яка знімається з датчиків тепла, води, електрики та інших подібних пристроїв. Вони також застосовуються в вимірювальних цифрових схемах, які, наприклад, вимірюють частоту, час, напругу. Тому постає задача перетворення двійкових чисел в двійково-десяткові числа. Є алгоритми побудови такого перетворення діленням на число 10, поданому в двійковому вигляді [1].

Однак, цей шлях є досить складним, особливо при схемній реалізації перетворювача, тому що потребує ділення на 10. В даній роботі пропонується зменшити складність перетворення замінивши ділення двійкового числа покроковим відніманням з нього 1, поки в кінцевому підсумку не буде отриманий 0, а паралельно при цьому проводиться покрокове підсумовування 1 в двійково-десяткових лічильниках з початковим встановленням їх в 0. Тоді в кінцевому підсумку отримана сума в цих лічильниках буде виражати вхідне двійкове число в двійково-десятковому вигляді.

Очевидним недоліком цієї схеми є те, що швидкість перетворення двійкового числа в двійково-десятькове значно знижується, тому що кількість тактів при перетворенні двійкового числа в двійково-десятькове число буде дорівнювати величині двійкового числа. З ростом кількості розрядів в ньому число тактів перетворення збільшується за експоненціальним законом. Однак, в багатьох випадках цей недолік не є вирішальним. Зате простота алгоритму, особливо при апаратній реалізації, зменшує складність програми і схеми, що дає йому важливу перевагу. Ця перевага складається з того, що збільшується надійність відповідних схем та спрощується технологія їх виробництва. Надійність збільшується тому, що зменшується кількість елементів перетворювача двійкового коду в двійково-десятьковий код.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						49
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

## ДОДАТОК Е

### Пристрій реєстрації аналогових сигналів

Бережна О.В., *доцент*; Щокотова І.В., *зав. лабораторією*;

Васильєв В.Р., *студент*; Погуляй О.Р., *студент*

Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Сучасна тенденція розвитку розподілених інтелектуальних мереж потребує впровадження різноманітних пристроїв вимірювання, контролю та керування, які використовують для інтеграції до мереж послідовні інформаційні канали зв'язку. Для впровадження та ефективної підтримки каналів необхідна наявність пристроїв моніторингу інформаційного обміну та працездатності мереж.

Одним із ефективних засобів моніторингу якості інформаційного обміну є комунікаційні аналізатори реального часу, які дозволяють досліджувати обмін по послідовним портам шляхом приєднання до фізичних послідовних портів серверів та робочих станцій з метою здійснення аналізу та документування обміну даними. Недоліком таких засобів є відсутність можливості аналізу рівнів аналогових сигналів у інформаційних шинах та пошук причин відмов при передачі даних.

Дослідження показали, що для вирішення такої задачі доцільно створення такого програмно-апаратного пристрою, який би поєднував в себе властивості цифрового комунікаційного аналізатору параметрів обміну даними в реальному часі та аналогового осцилографу. Підключення в розрив каналу такого «сніфера» дозволяє «прослуховувати» канали передачі даних, аналізувати рівні та форму модульованих сигналів, здійснювати їх демодуляцію, конвертувати в строки символів формату ASCII та аналіз на логічному рівні протоколів обміну між сервером та кінцевими пристроями.

Аналіз алгоритмів показав, що в якості апаратної платформи для побудови такого «сніфера» достатньо обрати модуль Arduino, який містить в собі мікроконтролер серії ATmega 328P, розробити програму, яка передбачає підключення бібліотек для використання інтерфейсу SPI та графічної бібліотеки екрану (U8glib.h), ініціалізацію змінних, констант та портів на вхід/вихід.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
						50
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		

Перспективою розвитку функціональності запропонованого пристрою може бути контроль каналів передачі від несанкціонованого втручання, шифрування та дешифрування даних з метою зменшення витоків інформації.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.309 ПЗ	Арк.
Зм..	Лис	№ докум.	Підпис	Дат		51