

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

*Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»*

*Освітньо-професійна програма: «Обслуговування*

*комп'ютерних систем і мереж»*

*Група: 4КС-57*

# **Дипломний проект**

**здобувача освіти денної форми навчання**

**КС.57.08.000.ДП**

***ІЗОТОВА***

***АНДРІЯ ВАДИМОВИЧА***

**м. Одеса  
2024 р.**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

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

Група: 4КС-57

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА





до дипломного проекту на тему:

### Апаратно-програмна реалізація системи для дослідження форми електричних сигналів

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 74 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 14 аркушах (слайдах)

Дипломник  (Ізотов А.В.)  
Керівник  (Кривченко А.А.)

#### Консультанти:

з економічного розділу  (Іванченков В.С.)  
з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)  
з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)  
старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

#### До захисту допущений

Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)  
Завідувач відділення  (Скорнякова О.В.)

Захист «18» 06 2024 р. Протокол ЕК № 2

Оцінка ЕК 5/відмінно 90%

Секретар ЕК 

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Заст. дир. з НВР Беркань І.В.  
« 16 » 01 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект**

Здобувачеві освіти Ізотову Андрію Вадимовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Апаратно-програмна реалізація системи для дослідження форми електричних сигналів

затверджена наказом по коледжу від « 02 » 11 2023 р. № 244 А2-02

2. Термін здачі закінченого проекту 10.06.2024

3. Вихідні данні до проекту 1. Забезпечити режими роботи системи: 2-канальний осцилограф, спектроаналізатор, самописець, логічний аналізатор; 2. Забезпечити зв'язок з ПК за допомогою порту USB; 3. Забезпечити діапазон вхідних сигналів від -20В до 20В;

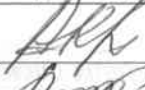
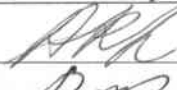
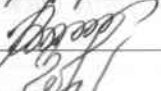


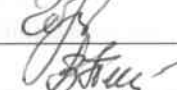




4. Забезпечити смугу пропускання не нижче 100 кГц; 5. Забезпечити частоту дискретизації до 200 кГц; 6. Забезпечити живлення приладу від порту USB ПК без зовнішнього джерела;

7. Забезпечити роботу програмного забезпечення приладу під ОС Windows


4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)  
Принципи дослідження форми електричних сигналів; Аналітичний огляд сучасних цифрових осцилографів; Розробка структурної схеми пристрою; Розробка принципової електричної схеми пристрою; Вибір та огляд елементів схеми пристрою; Формування вимог до програмного забезпечення; Розробка алгоритму роботи мікроконтролеру; Робота системи у різних режимах


5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)  
Узагальнена структурна схема цифрового вимірювального приладу; Структурна схема пристрою для дослідження форми електричних сигналів; Структурна схема аналогового блоку пристрою; Принципова схема вхідного аналогового каналу; Схема принципова електрична апаратної складової системи; Блок-схема алгоритм роботи мікроконтролеру пристрою для дослідження форми електричних сигналів; Вікно застосунку дослідження форми електричних сигналів у різних режимах

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

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

7. Дата видачі завдання 15.01.2024

Керівник Кривченко А.А.   
(підпис)

Завдання прийняв до виконання Ізотов А.В.   
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1	Вступ. Постановка мети та задач проектування	29.04.24	виконано
2	Огляд і аналіз промислових осцилографів	05.05.24	виконано
3	Аналіз аматорських схем осцилографів	10.05.24	виконано
4	Вибір мікроконтролера для схеми приладу	16.05.24	виконано
5	Розробка структурної схеми системи	20.05.24	виконано
6	Розробка принципової електричної схеми системи для дослідження форми електричних сигналів	24.05.24	виконано
7	Вибір та огляд елементів схеми пристрою	28.05.24	виконано
8	Розробка алгоритму роботи пристрою	01.06.24	виконано
9	Налаштування приладу	02.06.24	виконано
10	Випробування приладу та порівняння з еталонами	03.06.24	виконано
11	Випробування програмного застосунку	05.06.24	виконано
12	Аналіз результатів, підготовка слайдів презентації	06.06.24	виконано
13	Економічні розрахунки та питання з охорони праці	07.06.24	виконано
14	Підготовка графічної частини проекту	08.06.24	виконано
15	Підготовка проекту до захисту та тестування ПЗ	09.06.24	виконано

Дипломник   
(підпис)

Керівник   
(підпис)



# ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	8
1.1 Принципи дослідження форми електричних сигналів.....	8
1.2 Визначення основних характеристик осцилографів.....	9
1.3 Визначення переваг цифрових осцилографів.....	9
1.4 Аналітичний огляд сучасних цифрових осцилографів.....	11
1.4.1 Цифровий осцилограф Tektronix TDS1002C-EDU.....	12
1.4.2 Цифровий осцилограф UNI-T UTD2062CE.....	13
1.4.3 Цифровий портативний осцилограф Hantek DSO 1060.....	14
1.5 Застосування віртуальних осцилографів.....	16
1.6 Розробка структурної схеми пристрою для дослідження форми електричних сигналів.....	19
1.7 Розробка принципової електричної схеми пристрою для дослідження форми електричних сигналів.....	20
1.8 Вибір та огляд елементів схеми пристрою для дослідження форми електричних сигналів.....	22
1.9 Формування вимог до програмного забезпечення системи для дослідження форми електричних сигналів.....	28
1.10 Розробка алгоритму роботи мікроконтролеру пристрою для дослідження форми електричних сигналів.....	30
1.11 Робота у режимі осцилографа – спостереження форми сигналу.....	31
1.12 Робота у режимі аналізатора спектру.....	36
1.13 Робота у режимі самописця.....	37
1.14 Робота у режимі логічного аналізатору/генератору.....	40
1.15 Застосування додаткових можливостей системи для дослідження форми електричних сигналів.....	47
1.15.1 Аналізатор інтерфейсу на базі RS232.....	47
1.15.2 Аналізатор PS2.....	48
1.15.3 Аналізатор шини I2C.....	49

1.15.4	Аналізатор USB.....	49
1.15.5	Обробка сигналів у реальному масштабі часу.....	50
2	Економічний розділ.....	52
3	Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	57
3.1	Аналіз небезпечних та шкідливих чинників, що мають вплив на користувача ПК.....	57
3.2	Розробка заходів з охорони праці.....	58
3.2.1	Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ПК.....	58
3.2.2	Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого с середовища приміщень із ПК.....	58
3.2.3	Освітлення робочого місця, шум, вібрація.....	59
3.2.4	Гігієнічні вимоги до організації та обладнання робочих місць із ПК.....	60
3.3	Пожежна безпека.....	61
	Висновки.....	62
	Перелік використаних інформаційних джерел.....	63
	Додаток А. Функція adc для дослідження форми електричних сигналів мовою C++.....	64
	Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	68

## ВСТУП

На сьогоднішній день вимірювальні прилади перейшли на новий рівень розвитку, по суті цей рівень уніфікує будь-які види вимірювань. Вимірювання зводиться до перетворення електричного сигналу у цифровий, який можливо зберігати нескінченно довго, накопичувати його, проводити над ним цифрову обробку, аналізувати, проводити непрямі вимірювання та візуалізацію.

Майже будь-який РС може перетворитися на потужний вимірювальний комплекс, коли його забезпечити одним чи декількома аналоговими входами. Його клавіатура та екран надають істотно більші можливості у порівнянні із тими, що можуть дати мультиметр чи класичний осцилограф, але дисковий накопичувач та принтер підходять для реєстрації будь-яких тривалих процесів. Крім того, обчислювальна потужність РС дозволяє піддавати зібрані із його помічно інформаційні дані будь-якій, навіть дуже складній обробці. Ще декілька років тому для перетворення РС на віртуальний вимірювальний прилад потрібно було встановити у комп'ютер одну чи декілька складних та дорогих плат. Такий підхід до цих пір використовується у промисловості та наукових лабораторіях, але сьогодні разом з цим можливо добитися добрих результатів, просто підключивши невеликі аналого-цифрові перетворювачі до стандартних портів РС. На ринку є готові вироби, що пропонуються за досить високою вартістю, але подібні пристрої можливо зібрати та самостійно, зокрема, керуючись схемами та рекомендаціями, наведеними у даному дипломному проекті.

Сфера застосування віртуального вимірювального приладу практично повністю визначається характеристиками програмного забезпечення. Застосування разом із цими програмними застосунками, наприклад, електронних таблиць чи програм побудови діаграм, роблять зрозумілими найабстрактніші записи чи масиви даних, виділяючи у них непомітні на перший погляд тенденції чи взаємні зв'язки.

В даному дипломному проекті буде виконано апаратно-програмну реалізацію системи для вивчення форми електричних сигналів в вигляді приставки до персонального комп'ютеру.

					<i>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

# 1 ОСНОВНА ЧАСТИНА

## 1.1 Принципи вивчення форми електричних сигналів

Для вивчення електричних сигналів в часовій області шляхом візуального спостереження графіка сигналу на екрані, але разом з цим для вимірювання амплітудних та часових налаштувань сигналу за формою графіка застосовуються осцилографи. Ці прилади призначені для спостереження функціонального зв'язку між двома чи декількома величинами (параметрами та функціями; електричними чи перетвореними у електричні). Осцилограф показує форму напруги у часі та дозволяє вимірювати ряд налаштувань сигналу, таких як напруга, струм, частота, кут зсуву фаз. Але головна користь від осцилографа – можливість спостереження форми сигналу. В багатьох випадках саме форма сигналу дозволяє визначити, що саме відбувається у ланцюзі. На рис. 1.1 показано приклад подібної ситуації.

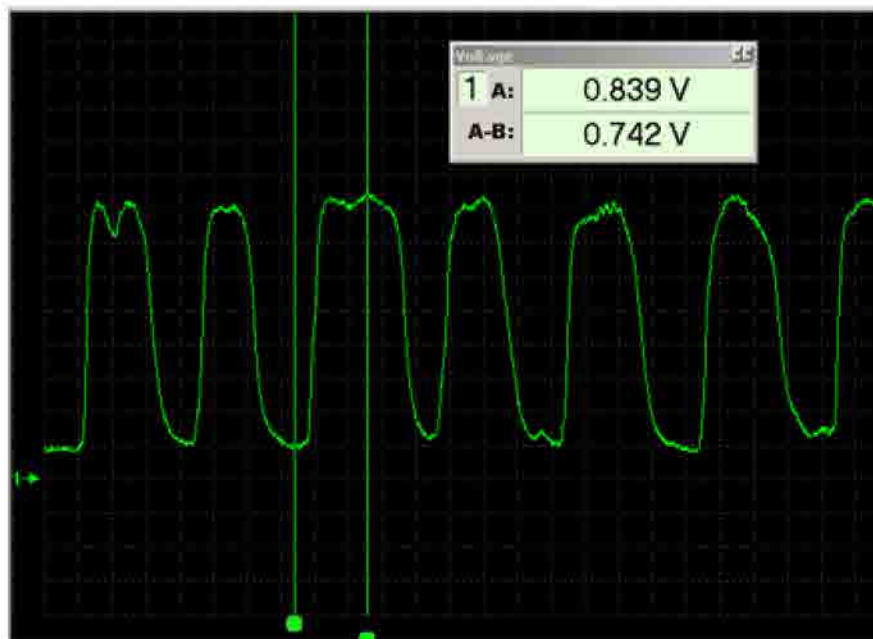


Рисунок 1.1. Осцилограма складного сигналу

У цьому випадку напруга містить як постійну, так та змінну складові, причому форма змінної складової далека від синусоїдальної. На такому сигналі вольтметри дають велику помилку. Крім того, осцилограма дозволяє побачити деякі властивості сигналу:

- сигнал має імпульсний характер;

- сигнал не набуває негативних значень;
- сигнал дуже швидко змінюється від нуля до значення 6,4 вольт та назад до нуля (чутливість каналу вертикального відхилення 2 V/діл.);
- тривалість імпульсів більш ніж у три рази перевищує тривалість пауз.

## 1.2 Визначення основних характеристик осцилографів

Важливими характеристиками осцилографа, що визначають його експлуатаційні можливості, є:

1) коефіцієнт відхилення – відношення напруги вхідного сигналу до відхилення променя, викликаного цією напругою (у/см. чи у /діл.);

2) смуга пропускання – діапазон частот, в межах якого коефіцієнт відхилення осцилографа зменшується не більше ніж на 3 Дб щодо його значення на середній (опорній) частоті;

3) час наростання  $t_n$ , протягом якого перехідна характеристика осцилографа наростає від 0,1 до 0,9 від амплітудного значення (часто вживається замість смуги пропускання);

4) коефіцієнт розгорнення – відношення часу до величини відхилення променя, викликаного напругою розгорнення за цей час (сек /діл.);

5) швидкість запису – максимальна швидкість переміщення променя по екрану, при якій забезпечується фотографування чи запам'ятовування однократного сигналу.

Перераховані параметри визначають амплітудний, часовий та частотний діапазони досліджуваних сигналів. Похибка вимірювання сигналів залежить від погрешностей коефіцієнта відхилення та коефіцієнта розгорнення (звичайно  $\sim 2 - 5\%$ ), від частоти (тривалості) досліджуваного сигналу та смуги пропускання (часу наростання сигналу  $t_n$ ).

## 1.3 Визначення переваг цифрових осцилографів

Поряд із аналоговими осцилографами широко використовуються та цифрові. Цифровий запам'ятовуючий осцилограф призначений для спостереження та отримання основних характеристик цифрових та аналогових

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

сигналів різної форми та амплітуди. Можливо виділити наступні переваги цифрового осцилографа:

- висока точність вимірювань;
- яскравий добре сфокусований екран на будь-якій швидкості розгортки;
- можливість відображення сигналу до моменту запуску;
- можливість зупинки оновлення екрану на довільний час;
- можливість детектування імпульсних перешкод;
- автоматичні засоби вимірювання налаштувань сигналів;
- можливість підключення принтера для створення звітів вимірів;
- можливість статистичної обробки сигналу;
- засоби самодіагностування та самокалібрування;
- різко обкреслені контури зображення сигналу;
- можливість досліджувати детально перехідні процеси;
- зчитування заздалегідь записаних даних;
- широкі аналітичні можливості та спрощена архівація;
- можливість порівняння заздалегідь записаних даних із поточними.

Повна оцифровка сигналу дозволяє уникнути відображення сигналу у реальному масштабі часу та, отже, підвищити стійкість зображення, організувати збереження результатів та запис рідких чи повільних процесів (аналог запам'ятовуючого осцилографу), спростити масштабування та розтяжку, ввести мітки. Використання дисплея замість осцилографічної трубки відкриває можливість для відображення будь-якої додаткової інформації та керування приладом за поміччю меню. Останні моделі можуть накопичувати сигнал, що відображується протягом великого числа розгорток, але разом з цим виділяти кольором місця із найбільшою повторюваністю сигналу. Ще одна важлива перевага – відмінні масогабаритні показники (3–5 кг) та мале енергоспоживання дозволяють випускати такі прилади портативними.

Цифрові осцилографи мають та недоліки. Основний із них – не дуже якісне відображення деталей сигналу крізь недостатню частоту оцифровки (частоту вибірки). Це пояснюється тим, що сьогоднішній рівень елементної бази не

					<i>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

дозволяє виконати оцифровку сигналу із швидкостями, необхідними для вивчення високочастотних сигналів та швидких перехідних процесів.

Згідно відомої всім інженерам теоремі Котельникова, для достовірного відновлення сигналу частота оцифровки має бути як мінімум удвічі вище максимальної із можливих у робочій смузі частот осцилографа. Смуга частот осцилографа пов'язана із частотою вибірки, та чим вище коефіцієнт широкосмугової характеристики осцилографа, тим вище має бути ця частота. Причому значення має не просто частота вибірки, але частота вибірки у перерахунку на один канал. Для підвищення швидкості оцифровки використовують спеціальні прийоми. Один із них полягає у розпаралелюванні процесу оцифровки за поміччю декількох ADC. Зазвичай це робиться за рахунок використання ADC інших каналів, та, таким чином, при дослідженні високочастотних сигналів осцилограф перетворюється із багатоканального у одноканальний. Інший метод полягає у підвищенні швидкості за рахунок зниження роздільної здатності. Проте, навіть при вказаних обмеженнях характеристики сучасних цифрових осцилографів добрі:

- висока чутливість (від 1 мВ/діл.) та роздільна здатність (від 8 до 14 біт);
- широкий діапазон коефіцієнтів розгортки (від 2 нс до 50 с);
- розтяжка сигналу за часом чи по амплітуді у широких межах;
- розвинена логіка синхронізації із затримками запуску розгортки.

Використовувані у осцилографах процесори цифрової обробки сигналу надають можливість вивчення спектру сигналу за поміччю аналізу із застосуванням швидкого перетворення Фур'є. Цифрове представлення інформації забезпечує збереження результатів вимірювань у пам'яті комп'ютера.

#### **1.4 Аналітичний огляд сучасних цифрових осцилографів**

У даний час на ринку вимірювальної техніки присутня безліч виробників цифрових запам'ятовуючих осцилографів (ЦЗО): «АКТАКОМ», «Tektronix», «Hitachi-Denshi», «Agilent Technologies», «LeCroy», «GaGe Applied Technologies», Good Will instrument Co. Ltd, фірма «Chauvin Arnoux», корпорація «Fluke» й ін.

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

### 1.4.1 Цифровий осцилограф Tektronix TDS1002C-EDU

Осцилографи Tektronix серії TDS1000C-EDU (рис.1.2) здатні здійснювати цифрову вибірку у реальному часі на всіх каналах, що дозволяє отримувати точні характеристики широкої номенклатури типів сигналів одночасно по всіх трактах.

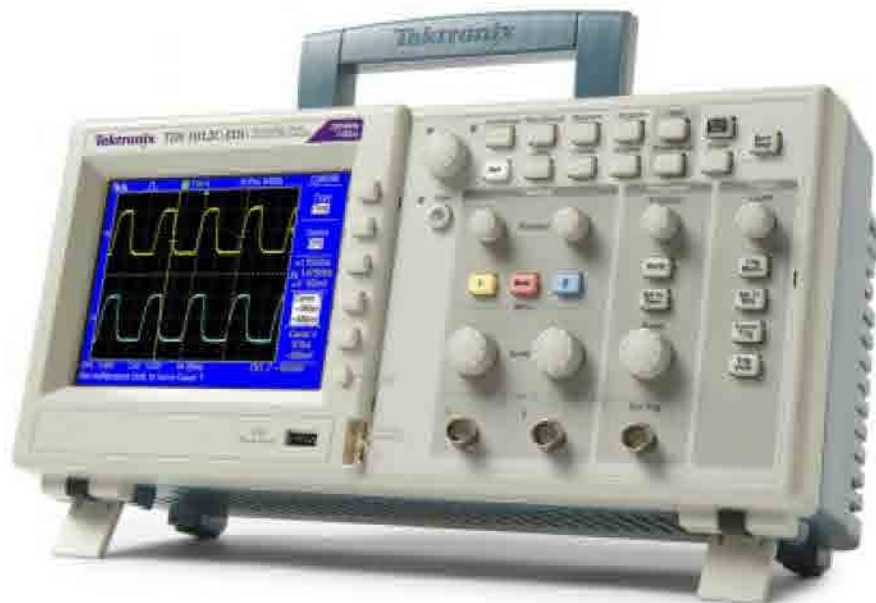


Рисунок 1.2. Осцилограф Tektronix серії TDS1000C-EDU

Таблиця 1.1

Характеристики	TDS1001C-EDU	TDS1002C-EDU	TDS1012C-EDU
Дисплей (QVGA LCD)	TFT	TFT	TFT
Смуга пропускання	40 MHz	60 MHz	100 MHz
Канали	2	2	2
Частота дискретизації по кожному каналу	500 MS / с	1,0 GS / с	1,0 GS / с
Розгортка	5 нс до 50 с / діл.	5 нс до 50 с / діл.	5 нс до 50 с / діл.
Вхід зовнішньої синхронізації	в всіх моделях		
Об'єм пам'яті	2500 точок/канал, в всіх режимах		
Вертикальна роздільна здатність	8 біт		
Вертикальна чутливість	2 мВ до 5 У / діл. на всіх моделях		
DC погрішність по амплітуді	± 3% на всі моделі		
Масштабування	ε (по вертикалі та горизонталі)		
Максимальна вхідна напруга	300 VRMS CAT II; зменшується на 20 дБ / декаду вище 100 kHz до 13 VPP змінного струму на 3 MHz		
Діапазон по вертикалі	2 мВ до 200 мВ / діл. +2 V > 200 мВ до 5 У / діл. +50 V		
Вхідний опір	1 МОм, 20 пФ		

Дуже гнучкі опції захвату на певну подію (тригер), такі як: тригер на наростання фронту імпульсу, ширину імпульсу та установка селективної граничної лінії дозволяють швидко захватити необхідні форми сигналів. Для реалізації аналітичних задач нові серії осцилографів надають користувачам широкі можливості, що включають функції швидкого перетворення Фур'є (FFT), математичні розрахунки форм сигналів (+, -, x), екранні курсори, але разом з цим 16 автоматичних режимів вимірювань. Характеристики моделей лінійки TDS1000C-EDU показані у табл.1.1.

#### **1.4.2 Цифровий осцилограф UNI-T UTD2062CE**

Серія осцилографів UTD2000CE виробництва компанії UNI-trend володіє високими технічними характеристиками та доступною вартістю, що дозволяє із мінімальним бюджетом придбати сучасний цифровий осцилограф. Малі габарити приладів дозволяють компактно розмістити осцилограф на робочому столі, мала маса забезпечує його портативність. Осцилографи серії UT2000 є відмінною заміною застарілих аналогових осцилографів, забезпечуючи надійність та функціональність при вирішенні повсякденних задач. Особливості цієї серії наступні:

- Дисплей: 5,7" TFT кольоровий дисплей;
- Інтуїтивний інтерфейс користувача;
- Курсорні вимірювання;
- Налаштування чутливості системи захвату;
- 28 режимів автоматичних вимірювань;
- Стандартна конфігурація включає тест: Pass/Fail;
- Функція швидкого перетворення Фур'є;
- Спеціальний цифровий фільтр та режим самописця;
- Збереження: 10 форм сигналу (bmp, csv), 10 налаштувань;
- Інтерфейси: 2xUSB, LAN, підтримка USB накопичувачів;
- Компактний дизайн: габарити (320 мм x 150 мм x 130 мм) та вага 2,5 кг.

Характеристики моделей лінійки UNI-T UTD2062CE (рис.1.3) показані у табл.1.2.

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13



Рисунок 1.3. Осцилограф Tektronix UNI-T UTD2062CE

Таблиця 1.2

Смуга пропускання	60 MHz
Кількість каналів	2 каналу
Час наростання	$\leq 5,8$ нс
Частота вибірки у реальному часі	1 Гв/с
Еквівалентна частота вибірки	до 50 Гв/с
Об'єм пам'яті	2 x 512k
Режими синхронізації	по рівню, відео, ширині імпульсу, часу наростання
Часова база	10 нс/діл до 50с/діл
Чутливість по вертикалі	2 мВ/діл до 5 У/діл
Математичні функції	складання, віднімання, множення, інвертування, FFT
Автоматичні вимірювання	28
Дисплей	64К, LCD кольоровий

### 1.4.3 Цифровий портативний осцилограф Hantek DSO 1060

Портативний цифровий осцилограф Hantek DSO1060 (рис.1.4) включає функції осцилографа та мультиметра. Параметри осцилографа оптимально збалансовані для роботи у одноканальному режимі. Для двоканального режиму не виконується вимога, при якій відповідно до теореми Котельникова-Найквіста частота дискретизації має бути мінімум у 2 рази вище за максимальну частоту досліджуваного сигналу. Максимальна спектральна смуга сигналу, із якою може повноцінно працювати даний осцилограф у двоканальному режимі, складає тільки 35 MHz.

Вимірювання сигналу вищої частоти може привести до того, що на вхід ADC потраплятимуть більш високочастотні сигнали (наприклад, шуми), що приводить до додаткових помилок в відображенні сигналу опісля його

інтерполяції, інколи дуже істотним.

Цифровий осцилограф Hantek DSO1060 оснащений входом USB для під'єднання зовнішньої пам'яті та входом mini-USB для під'єднання його до комп'ютера. Технічні дані цифрового осцилографа Hantek DSO1060 показані у табл.1.3.

Таблиця 1.3

<b>Параметри вертикальної розгортки</b>	
Кількість каналів	2
Смуга пропускання	60 MHz
Час наростання	5,8 нс
Вхідний імпеданс	1 МОм, 15 пФ
Чутливість по вертикалі	10 мВ/діл. - 5 У/діл.
Вхідний зв'язок	АС, DC, земля
Вертикальна роздільна здатність	8 біт
Глибина пам'яті	32К - один канал, 16К - два канали
Максимальна вхідна напруга	300 У (DC+АС пікове)
<b>Параметри горизонтальної розгортки</b>	
Частота дискретизації у реальному часі	150 М виб./сек. в 1-канальному режимі, 75 М виб./сек. в 2-канальному
Еквівалентна частота дискретизації	50 Г виб./сек.
Час горизонтальної розгортки	5 нс/діл. - 1000 с/діл.
Точність часової розгортки	±50ppm
<b>Параметри тригера</b>	
Джерело	CH1, CH2
Режим запуску	по фронту, тривалість імпульсу, почерговий запуск від каналів CH1 та CH2
<b>Режим X-Y</b>	
Вісь X	Канал 1
Вісь Y	Канал 2
Зсув фази	максимум 3 градуси
<b>Дисплей</b>	
TFT LCD дисплей	Діагональ 5,7 дюймів (14,2 см.), світлодіодне підсвічування
Роздільна здатність дисплея	240 (вертикаль) × 320 (горизонталь)
<b>Інтерфейс</b>	
USB	USB 2.0
Опціональні входи	RS232, LAN
<b>Живлення</b>	
Від мережі	АС: 100 - 240 У 50 - 60 Гц DC: вхід 8,5 У 1500 мА
Від батареї	6 годин (Li-іон акумулятор)



Рисунок 1.4. Осцилограф Hantek DSO 1060

## 1.5 Застосування віртуальних осцилографів

Існують певні проблеми при підключенні цифрових осцилографів-приставок до PC за поміччю додаткових аксесуарів. В зв'язку із цим представляють інтерес так звані віртуальні прилади, виконані в вигляді приставок до PC. Віртуальні прилади (virtual instruments, vi) – комп'ютерні програми, що візуалізують сигнал, виконують його перетворення та аналіз. Віртуальні прилади використовують як для заміни звичайних вимірювальних приладів, так та для реалізації унікальних вимірювань.

Найбільш характерний представник таких приладів – віртуальний осцилограф. Він представляє собою мікропроцесорну вимірювальну приставку до настільного чи мобільного PC, яка дозволяє спостерігати на екрані монітора цілком реальні та високоякісні осцилограми із високою роздільною здатністю, різними кольорами ліній та із відсутністю геометричних спотворень.

За поміччю швидкодіючого аналого-цифрового перетворювача (ADC)

						КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

пристрій оцифровує вхідний сигнал та коди відліків, передає дані у РС крізь порт зв'язку із зовнішніми пристроями. Такі прилади реалізують віртуальну імітацію функцій приладу математичними та програмними методами. Наприклад, віртуальний осцилограф по функціях еквівалентний реальному осцилографу, оскільки має фізичний вхід для електричного сигналу.

Перетворення сигналу у цифровий сигнал здійснюється ADC. Подальша обробка та керування сигналом, його відображення для спостереження здійснюються програмним способом. Такий осцилограф має віртуальний екран, віртуальні ручки керування (посилення, синхронізування, розгортка та ін.), що графічно відображуються на екрані монітора комп'ютера.

Віртуальний осцилограф може бути як зовнішнім приладом із USB чи паралельним портом вводу-виводу даних, чи ж внутрішнім додатковим приладом на основі PCI чи ISA карт (рис. 1.5).



Рисунок 1.5. Віртуальний 2-канальний USB-осцилограф

Програмне забезпечення будь-якого віртуального осцилографа дає можливість повного керування приладом, але разом з цим надає ряд сервісних можливостей, наприклад, експорт/імпорт даних, математична обробка сигналів, розширені вимірювання, цифрова фільтрація та так далі. Різні серії осцилографів на базі РС можуть використовуватися для дуже широкого спектру вимірювань, зокрема при розробці та обслуговуванні радіоелектронної апаратури, у сферах

телекомунікацій та зв'язку, при виробництві комп'ютерної техніки, при діагностиці автотранспортних засобів на станціях техобслуговування та багато інших, у яких треба тестувати та оцінювати перехідні, нестійкі процеси.

Враховуючи ключові переваги – високу швидкодію, малі габарити, легкість в використанні та невисоку вартість, можливо стверджувати, що дані прилади – гідна альтернатива традиційним цифровим запам'ятовуючим осцилографам. Недоліком приладу є неможливість побачити та зміряти постійну складову сигналів.

Опісля уважного вивчення ринку сучасних цифрових осцилографів можливо зробити висновок, що якнайкращим варіантом для технічних вимірювань в радіоаматорській практиці й у роботі навчальної лабораторії буде цифровий віртуальний USB-осцилограф, оскільки він володіє рядом переваг – високою швидкістю, малими габаритами, легкістю в використанні та невисокою вартістю. Крім того, специфіка навчальної лабораторії така, що кожне робоче місце вже обладнане комп'ютером із USB-портом, необхідним для реалізації функцій віртуального осцилографа.

Таким чином, вживання вимірювальних систем, що взаємодіють із РС, дає ряд переваг:

- різко спрощується конструкція приладу, оскільки стають непотрібними електронно-променева трубка, рідкокристалічний дисплей, різні органи керування, потужне та високовольтне джерело живлення й інші;
- зменшується вартість приладу;
- реалізується природна стиковка із РС, що забезпечує легкість цифрової обробки даних;
- і з'являється можливість легко реалізувати цифрові методи обробки сигналів, наприклад, побудова спектру методом швидкого перетворення Фур'є чи реєстрації сигналів впродовж тривалого проміжку часу із записом сигналу у пам'ять РС.

Можливість автоматизації процесу вимірювання, високі метрологічні характеристики, інколи недоступні аналоговим приладам, відносно низька

вартість, можливість цифрової обробки та збереження результатів вимірювання, роблять такі вимірювальні системи на базі технології віртуальних приладів дуже перспективним напрямком розвитку вимірювальної техніки.

## 1.6 Розробка структурної схеми приладу для вивчення форми електричних сигналів

Відповідно до технічного завдання створювана система для вивчення форми електричних сигналів має дозволяти аналізувати аналогові та дискретні сигнали різної частоти та амплітуди. Таким чином треба реалізувати апаратно-програмні засоби для вивчення форми електричних сигналів. Апаратна складова цієї системи буде представляти собою приставку, утворюючи разом із РС, до якого вона підключена, так званий USB-осцилограф.

Структурна схема приладу для вивчення форми електричних сигналів (USB-осцилографа) складається із таких блоків: аналогового блоку (включає у себе: блок комутації, мультиплексор, блок зміни рівня умовного нуля, блок регулювання коефіцієнта підсилення), АЦП, мікроконтролера, інтерфейсу. Комутація приладу із комп'ютером організовується крізь мікросхему інтерфейсу USB-to-RS232. Для роботи приладу достатньо одного 10-бітного АЦП, що працює на частоті 100Гц – 200КГц при двох вхідних каналах. Для почергового обслуговування обох каналів треба задіяти блок мультиплексора.

На рис.1.6 зображено спрощену структурну схему приладу для вивчення форми електричних сигналів. МК призначений для обробки інформації про сигнал та передачу даних на РС. Чим вище швидкість роботи МК, тим більше інформації про сигнал вдасться отримати. Спрощена організація аналогового блоку показана на рис.1.7.

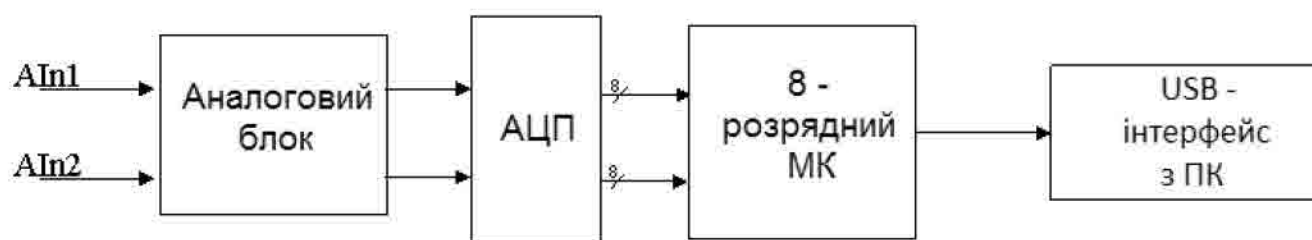


Рисунок 1.6. Структурна схема приладу приладу для вивчення форми електричних сигналів

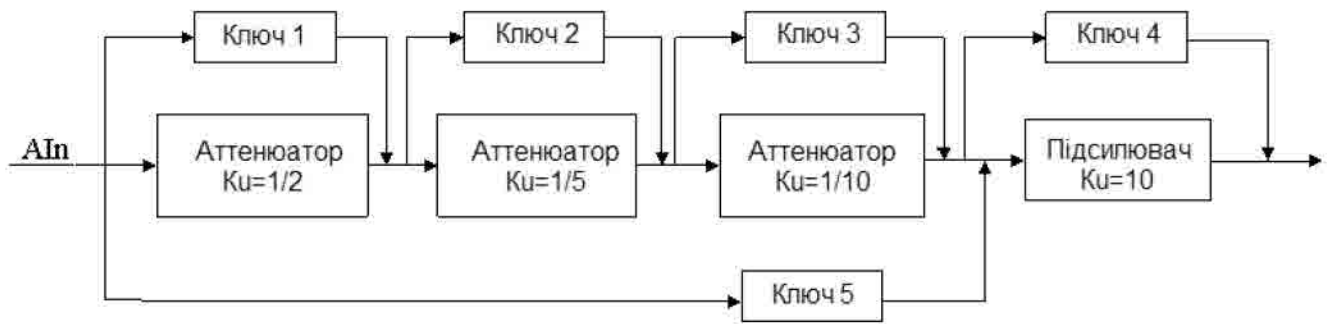


Рисунок 1.7. Структурна схема аналогового блоку приладу для вивчення форми електричних сигналів

## 1.7 Розробка принципової електричної схеми приладу для вивчення форми електричних сигналів

Пристрій для вивчення форми електричних сигналів буде заснований на мікроконтролері типу C8051. Цей мікроконтролер має порт USB, достатньо точний внутрішній генератор, що дозволяє йому працювати із шиною USB без кварцу, але разом з цим є можливість калібрувати внутрішній генератор від тієї ж шини USB.

Аналогова частина приладу для вивчення форми електричних сигналів (вхідні ланцюги одного каналу) показана на рис. 1.8.

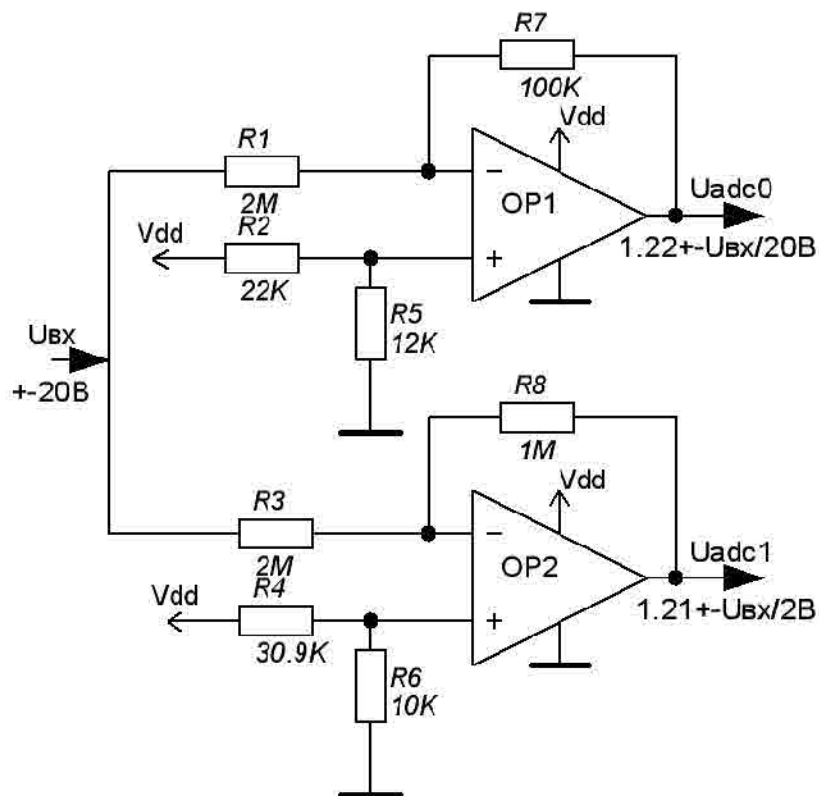


Рисунок 1.8. Принципова схема вхідного аналогового каналу

В якості джерела опорної напруги ADC використовується внутрішнє високостабільне джерело опорної напруги на  $V_{ref}=2.44$  В, тому, для аналізу вхідних сигналів у діапазоні  $\pm 20$ В, їх треба зменшити у 20 разів та змістити на половину опорної напруги. Коли використовувати для двох каналів осцилографу 4 канали ADC то можливо апаратно розбити вхідний діапазон напруги на два піддіапазони 0.2 та 2.20 В, причому на нижньому діапазоні дільник повинен бути 1/2. Вибір із двох піддіапазонів здійснюється вибором розмаху шкали напруги для відповідного каналу. Дільник та зсув для піддіапазону 2.20 В реалізовані на операційному підсилювачі OP1, але для піддіапазону 0.2 В на OP2.

Напруга зсуву формується за поміччю двох дільників із нестабільної напруги живлення Vdd. Напруга на виході дільників рівна  $U_{d1} = 1,165$  В та  $U_{d2} = 0,807$  В, коли врахувати що типові значення  $V_{dd} = 3,3$  В. Напруга зсуву на виході кожного із ОР визначається виходячи із виразу:

$$U_{см} = U_{\partial} + U_{\partial} * K \quad (1.1)$$

де K – коефіцієнт передачі підсилювача ( $K=1/20$  для OP1 та  $K=1/2$  для OP2). Тоді, напруга зсуву на виході OP1 буде:  $U_{см1} = 1,165 * 1,05 = 1.22$  В, але на виході OP2 буде:  $U_{см2} = 0,807 * 1,5 = 1.21$  В, тобто близьке до половини опорної напруги. Коли ж врахувати, що Vdd може змінюватися у залежності мікроконтролера (але не "пливе" із часом) у межах від 3 до 3.6 В, то виходить, що напруга зсуву буде змінюватися для OP1  $U_{см1} = 1.11...1.33$  В, але для OP2  $U_{см2} = 1.1...1.32$  В.

Знаючи, що максимальна вхідна напруга ( $\pm 20$ В чи  $\pm 2$ В) перетвориться у  $\pm 1$ В, то із урахуванням зсуву виходить, що напруга на виході ОР буде для OP1  $U_{вих1} = 0.11...2.33$  В, але для OP2  $U_{вих2} = 0.1...2.32$  В, із чого виходить, що при будь-якому значенні нестабільного Vdd на виході ADC ніколи не буде переповнювання. Нестабільність Vdd елементарно компенсується калібруванням кожного піддіапазону обох каналів, що забезпечує точність вимірювання напруги із похибкою не більше ніж 1-2%.

Калібрувальні коефіцієнти розраховуються для кожного приладу та зберігаються у незалежній пам'яті мікроконтролера.

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Цифрова частина приладу для вивчення форми електричних сигналів складається із струмообмежуючих резисторів  $R1...R8 = 330 \text{ Ом}$ , які використовуються тільки для обмеження вхідного/вихідного струму при роботі шини в режимі логічного генератора до 10 мА. Для захисту портів У/У від можливих перенапруг використовуються стабілітрони BZV55-C5V1, що обмежують максимальну напругу на вході до 5,1 У (максимальна напруга на порті У/У складає 5,8 У). Використовувані стабілітрони дозволяють захистити входи тільки від невеликих перенапруг (до 20 У) оскільки вони розраховані на максимальну потужність 0,5 Вт, але цього захисту достатньо при аналізі низьковольтних пристроїв.

### 1.8 Вибір й огляд елементів схеми приладу для вивчення форми електричних сигналів

Основна складова розроблюваного приладу для вивчення форми електричних сигналів – мікроконтролер C8051F321, зображений на рис.1.9.

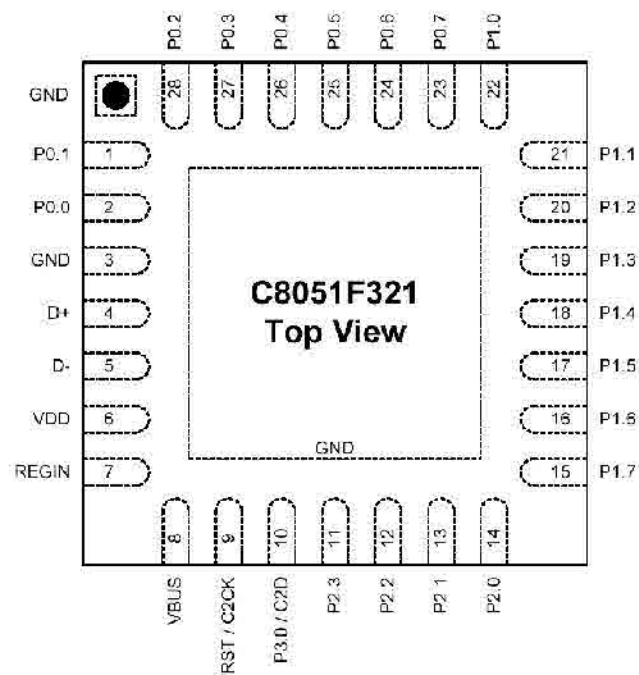


Рисунок 1.9. Зовнішній вигляд мікроконтролера C8051F321

Мікроконтролер C8051F321 має наступні властивості:

Аналогова периферія:

- 10-ти розрядний ADC;
- програмована швидкість до 200 тис. перетворень у секунду;

- до 17 чи 13 зовнішніх входів, програмованих як один чи декілька кінцевих;
- опція підключення зовнішнього каналу;
- вбудований датчик температури;
- 2 компаратори;
- POR/Brown-Out детектор.

USB функціональний контролер:

- сумісність із USB специфікацією 2.0;
- повношвидкісне (12Мбіт/с) чи низькошвидкісне (1.5 Мбіт/с) виконання операцій;
- інтегроване обнуління годинника, не потрібний додатковий кристал;
- 1 кбайт USB-буферної пам'яті;
- підтримує вісім кінцевих крапок із фіксованим набором функцій;
- інтегрований трансивер, немає необхідності в використанні зовнішніх опорів;

Вбудований відладчик:

- повний вбудований відладчик, відлагодження в системі;
- передбачена установка контрольних крапок, тимчасових крапок та покроковий рух програми;

Високошвидкісне ядро 8051:

- конвеєрна архітектура інструкцій;
- виконання 70% команд за 1 чи 2 такти;
- продуктивність до 25 MIPS на тактовій частоті 25МГц;
- розширена обробка переривань;

Пам'ять:

- 2304 байт внутрішньої пам'яті RAM (1к + 256+ 1к USB FIFO);
- 16Кбайт FLASH-пам'яті, що програмується "у системі" секторами по 512байт;

Цифрова периферія:

- 25/21 порт вводу/виводу із допустимістю значень до 5 У;

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- розширений Spi™, розширений UART та Smbus™ послідовні порти;
- чотири 16-бітових лічильника/таймера загального призначення;
- 16-бітовий програмований лічильник (PCA) із п'ятьма модулями захвату/порівняння;
- режим годинника реального часу, використовуючи зовнішнє джерело та PCA чи таймер;

Джерела тактового сигналу:

- вбудований програмований осцилятор із точністю 0.25%, підтримує всі UART та USB режими;
- зовнішній осцилятор: кварцовий резонатор, RC, C-ланцюжки чи зовнішній генератор.

Операційні підсилювачі AD8544 й AD8531AR (рис.1.10) є основою аналогової частини осцилографу. AD8544 – серія операційних підсилювачів загального застосування із дуже низьким струмом споживання. Операційні підсилювачі мають дуже низький вхідний струм. Области застосування:

- вхідні /вихідні пристрої спеціалізованих підсилювачів;
- інтерфейсні елементи до датчиків;
- підсилювачі п'єзоперетворювачів;
- медичні прилади та системи;
- мобільний зв'язок;
- виходи аудіосистем;
- портативні системи.

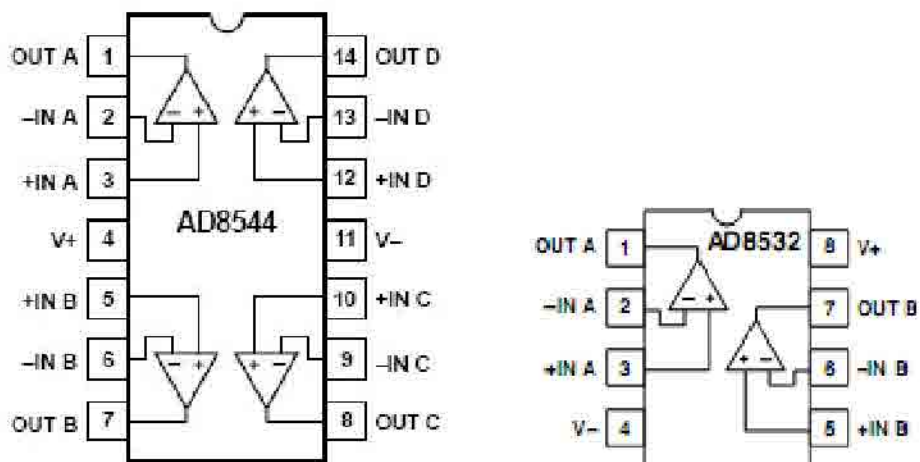


Рисунок 1.10. Операційні підсилювачі AD8544 й AD8531AR

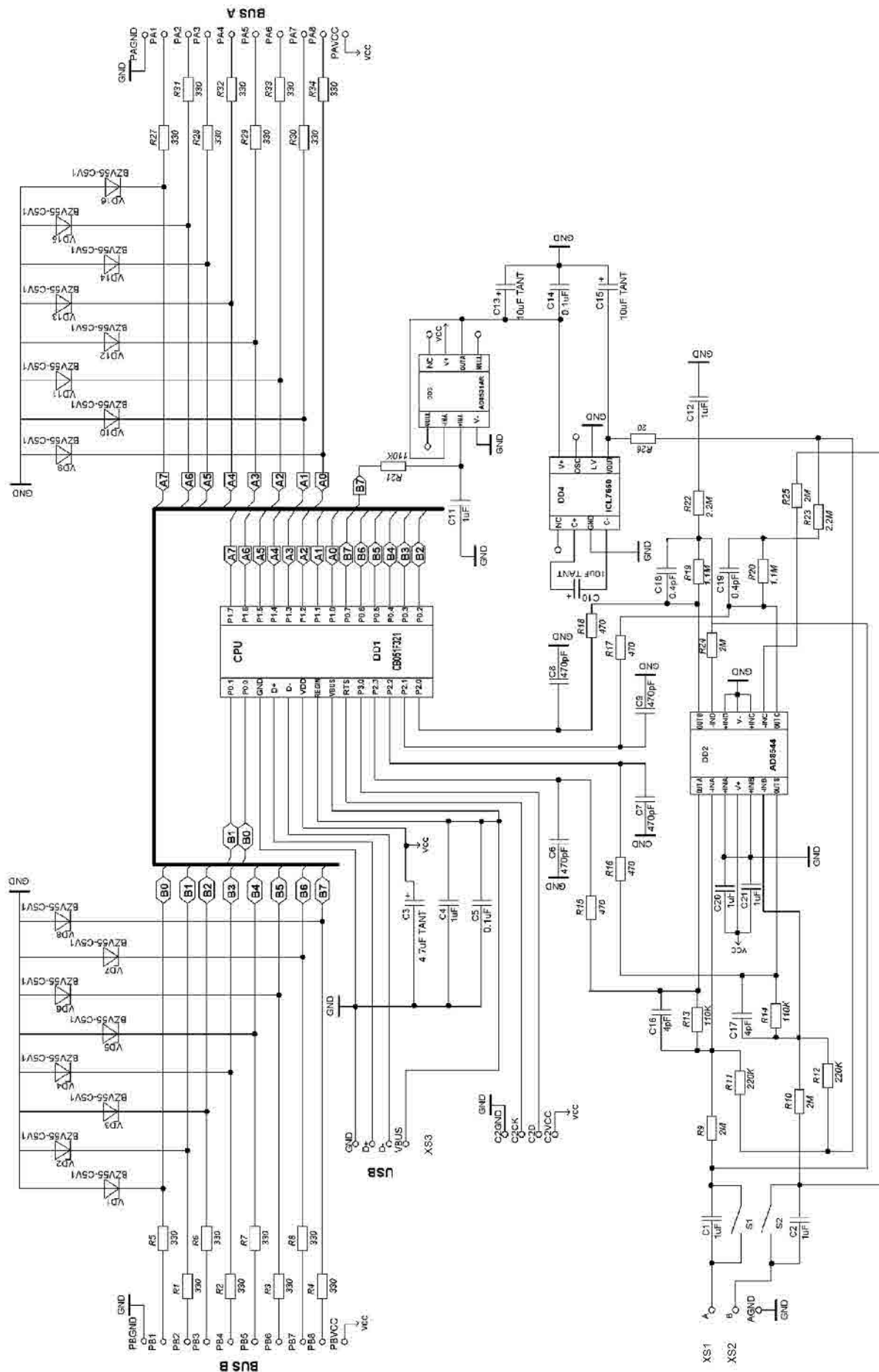


Рисунок 1.11. Схема принципова електрична приладу для вивчення форми електричних сигналів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

25

Принципова електрична схема приладу для вивчення форми електричних сигналів, заснована на мікроконтролері C8051F321, показана на рис. 1.11. Двоканальний пристрій для вивчення форми електричних сигналів, створений за схемою 1.11, зможе працювати в режимах осцилографу, спектроаналізатору, самописця, логічного аналізатору й логічного генератору та володіє наступними основними параметрами:

Таблиця 1.4. Основні характеристики створюваного вимірювального приладу

<b>В режимі осцилографу, спектроаналізатору:</b>	
- кількість каналів	2
- частота дискретизації	100 Гц... 200 КHz
- глибина пам'яті	
читання крізь буфер:	1126 відліків/канал (1 канал) 563 відліків/канал (2 канали)
потокоче читання:	64К відліків/канал (1 чи 2 канали)
- вхідна напруга	-20 ... +20 У (апаратно 2 піддіапазони)
- розрядність ADC	10 біт
- синхронізування	абсолютна (по наростаючому/спадаючому фронту), диференціальна (по різниці між сусідніми відліками), зовнішня (по наростаючому/спадаючому фронту ТТЛ рівня)
- віконні функції	Хаммінга, Ханнінга, Блекмана-Харріса
<b>В режимі самописця:</b>	
- частота дискретизації	0,01 Гц ... 200 КHz
- максимальний час запису	24 години при $F_d < 100$ Гц
- вхідна напруга	-20 ... +20 У (апаратно 2 піддіапазони)
- розрядність ADC	10 біт
<b>В режимі логічного аналізатору:</b>	
- кількість каналів	16 (8 при включенні логічного генератора)
- частота дискретизації	1 КHz ... 8 МHz
- глибина пам'яті	
читання крізь буфер ( $T_d=4-8$ МHz):	128 біт/канал
читання крізь буфер ( $T_d=2-2,66$ МHz):	1160 біт/канал
читання крізь буфер ( $T_d \leq 1$ МHz):	1544 біт/канал
читання крізь буфер у режимі склеювання	1 Мбіт/канал
потокоче читання ( $F_d < 500$ КHz):	від 4К до 256М біт/канал
- вхідна напруга	0 ... +5 У (є захист від перенапруги)
- синхронізування	опісля фронтів, масці, пропуск імпульсів, зовнішнє тактування
- тактування	внутрішнє / зовнішнє
<b>В режимі логічного генератору:</b>	
- кількість каналів	8
- частота дискретизації	1 КHz ... 1 МHz
- глибина пам'яті	1544 біт/канал
- вихідна напруга	"0" - 0 У, "1" - 3,3 У
- максимальний вхідний/вихідний струм	10 мА

Апаратно-програмна реалізація системи для вивчення форми електричних сигналів передбачає створення приладу USB-осцилографа (рис.1.12), який можливо буде використовувати в практиці радіоаматорів, для визначення форми сигналів, аналізу низькочастотних аналогових сигналів, реєстрації тривалих повільно змінюючихся процесів, але разом з цим вивчення двійкових сигналів від транспондерів, TOUCH MEMORY, систем ДУ, інтерфейсів RS232, I2C та так далі. Прилад знайде вживання та як простий двоканальний вольтметр для вимірювання напруги у діапазоні  $\pm 20$  В, частотомір у діапазоні до 50 kHz чи пробник із звуковим сповіщенням. Кожен тумблер біля відповідного входу підключає вхідний розділовий конденсатор та цим забезпечує режим вимірювання змінної складової вхідного сигналу кожного каналу.

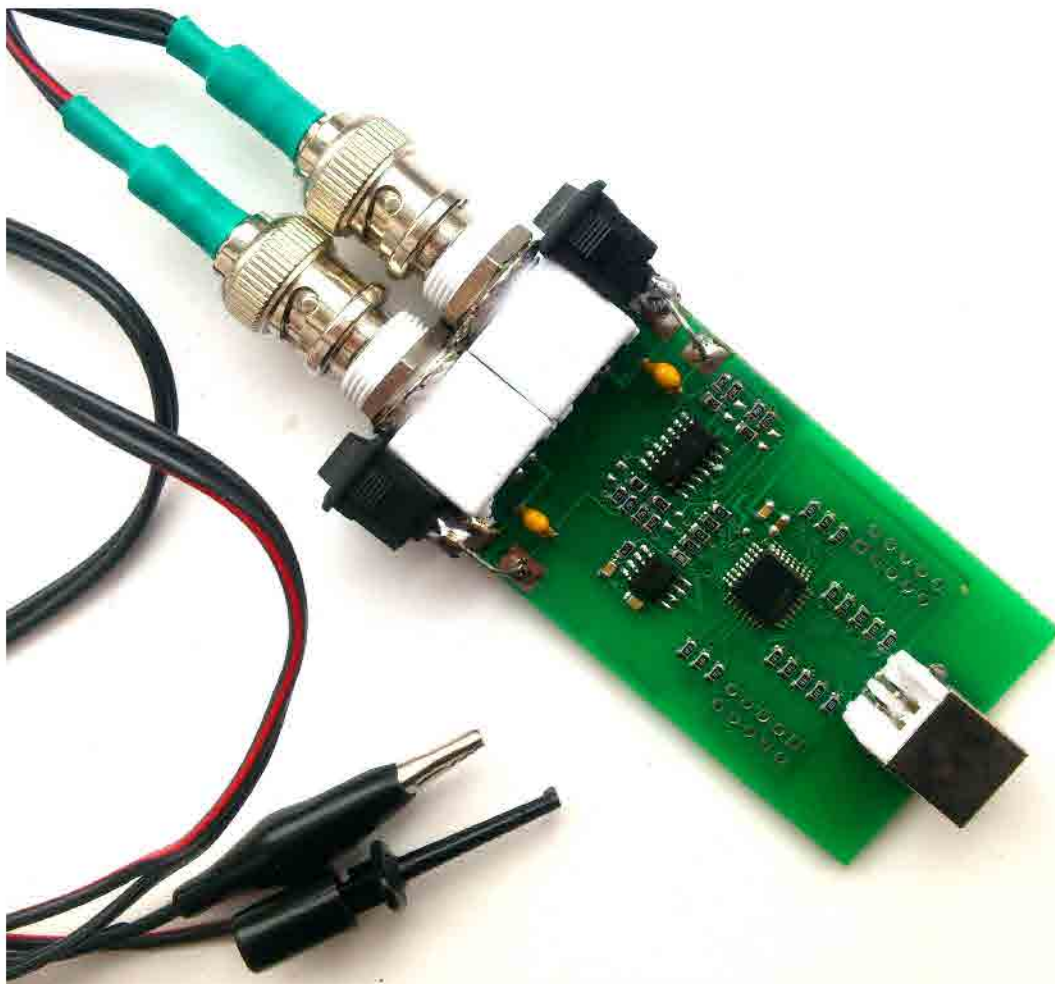


Рисунок 1.12. Зовнішній вигляд одного із варіантів реалізації апаратної складової системи для вивчення форми електричних сигналів

## 1.9 Формування вимог до програмного забезпечення системи для вивчення форми електричних сигналів

Розроблювана система для вивчення форми електричних сигналів за поміччю використовуваного універсального програмного забезпечення для віртуальних вимірювальних приладів (DiSCO) має забезпечувати наступні режими роботи:

- 2-канальний осцилограф (маркерні вимірювання, синхронізування, вимірювання напруги та частоти сигналу, фільтрація);
- 2-канальний спектроаналізатор (маркерні вимірювання, різні віконні функції, фільтрація);
- 2-канальний самописець (маркерні вимірювання, запис сигналу протягом декількох десятків годин);
- 16(8)-канальний логічний аналізатор (маркерні вимірювання, синхронізування (по фронту, рівню, масці), пропуск заданої кількості імпульсів, пошук заданої логічної комбінації, розшифровування інтерфейсів UART, SPI, I2c, 1-wire);
- 8-канальний логічний генератор (табличне завдання сигналу чи безпосередня побудова часових діаграм мишкою).

Крім того, USB-осцилограф дозволяє:

- Зберігати результати всіх вимірювань в вигляді векторного чи растрового малюнка для подальшого імпорту у інші програми чи в файли даних для подальшого аналізу;
- Роздруковувати результати всіх вимірювань;
- Копіювати результати всіх вимірювань у буфер обміну;
- Задавати події та звукове супроводження до них;
- Розраховувати різні цифрові фільтри та проводити фільтрацію аналогових сигналів;
- Проводити згладжування часових діаграм осцилографа;
- Відображати статистику по всіх каналах логічного аналізатора та генератора;

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 1.13. Блок-схема алгоритм роботи мікроконтролера приладу для вивчення форми електричних сигналів

- Проводити оновлення прошивки приладу по USB-шині, що дозволяє доповнити можливості приладу будь-якими функціями на замовлення.

Пристрій для вивчення форми електричних сигналів із'єднується із PC крізь порт USB 2.0.

Програмна частина системи для вивчення форми електричних сигналів буде імітувати передню панель стаціонарного вимірювального приладу на екрані комп'ютера. За поміччю миші та клавіатури буде здійснюватися керування приладом, за поміччю вбудованих алгоритмів розрахунку буде здійснюватися обробка інформації, але разом з цим її зберігання на накопичувачі.

### **1.10 Розробка алгоритму роботи мікроконтролера приладу для вивчення форми електричних сигналів**

Вимірювальний пристрій для вивчення форми електричних сигналів підключається до PC архітектури x86 чи x64. Операційна система сімейства Windows знаходить USB-пристрій, ініціалізує його, підключає потрібні драйвери та передає керування у програму віртуального осцилографа.

Алгоритм роботи приладу USB-осцилографу показаний на рис.1.13. Програма віртуального осцилографа, згідно встановленому протоколу, посилає команду початку аналогово-цифрового перетворення у осцилограф-приставку. У результаті відбувається конфігурування вбудованого ADC, підготовка та запуск циклічного перетворення ADC. Відбувається накопичення результату перетворення в вбудованій оперативній пам'яті мікроконтролера.

Алгоритм роботи головного модулю є таким:

1) Підключення хедерів (бібліотек) для використання функцій мови. Підключення бібліотек для використання інтерфейсу SPI (SPI.h) й графічних бібліотек;

2) Ініціалізація змінних й констант;

3) Ініціалізація портів (на вхід/вихід);

4) Ініціалізація інтерфейсів SPI, I2C й UART. Ініціалізація роботи SPI відповідно до даташиту на ADC, встановлення швидкості тактування, налаштування на зчитування спочатку старшого біта – MSBFIRST, встановлення

режиму роботи – SPI\_MODE3. Налаштування швидкості роботи UART на 9600 бод;

5) Головний цикл програми. Включає у себе зчитування й обробку даних із ADC, виведення даних на екран, перевірку отримання даних із UART;

6) Зчитування даних із ADC. Для отримання даних на ADC відправляються два байти нулів, в відповідь ADC відправляє два байти даних, що зсуваються, й отримується один байт даних. Разом з цим відповідно до обраних користувачем функцій (стабілізація, авторозгортка й ін.) визначаються відповідні дані для відображення на екрані;

7) Виведення даних на екран. Виведення на екран відбувається поступово – спочатку виводиться статичний текст (назви налаштувань, величини), але потім відображається динамічна складова (сигнал й дані частоти).

8) Оброблення даних із UART. Коли із порту UART надійшли певні дані, то відбувається перехід на функцію, що оброблює ці дані, змінюючи відповідні величини, встановлені користувачем.

Код прототипу програмного забезпечення частково наведено в додатку АЛЕ.

Опісля завершення роботи ADC накопичені відліки вирушають по послідовному інтерфейсу у РС. Програма віртуального осцилографа обробляє, коректує отримані відліки та візуалізує їх на екрані РС. Шляхом вживання дискретного перетворення Фур'є виходить спектр вимірюваного сигналу, малюється АЧХ сигналу. Цикл повторюється, поки користувач не натискуватиме кнопку «СТОП», оповіщаючи тим самим про закінчення роботи із пристроєм. ОС деініціалізує пристрій.

### **1.11 Робота в режимі осцилографа – спостереження форми сигналу**

На рис.1.14 наведене основне вікно програми при роботі у режимі осцилографа. У центрі вікна знаходиться робочий екран, на якому відображуються осцилограми, червона осцилограма відповідає каналу АЛЕ, але синя – каналу У. Зліва від рамки робочого екрану розташована шкала по напрузі

каналу А, праворуч від рамки – шкала по напрузі каналу В. Одиниця вимірювання обох шкал по напрузі – Вольти. Знизу робочого екрану розташована вісь часу (розгортка).

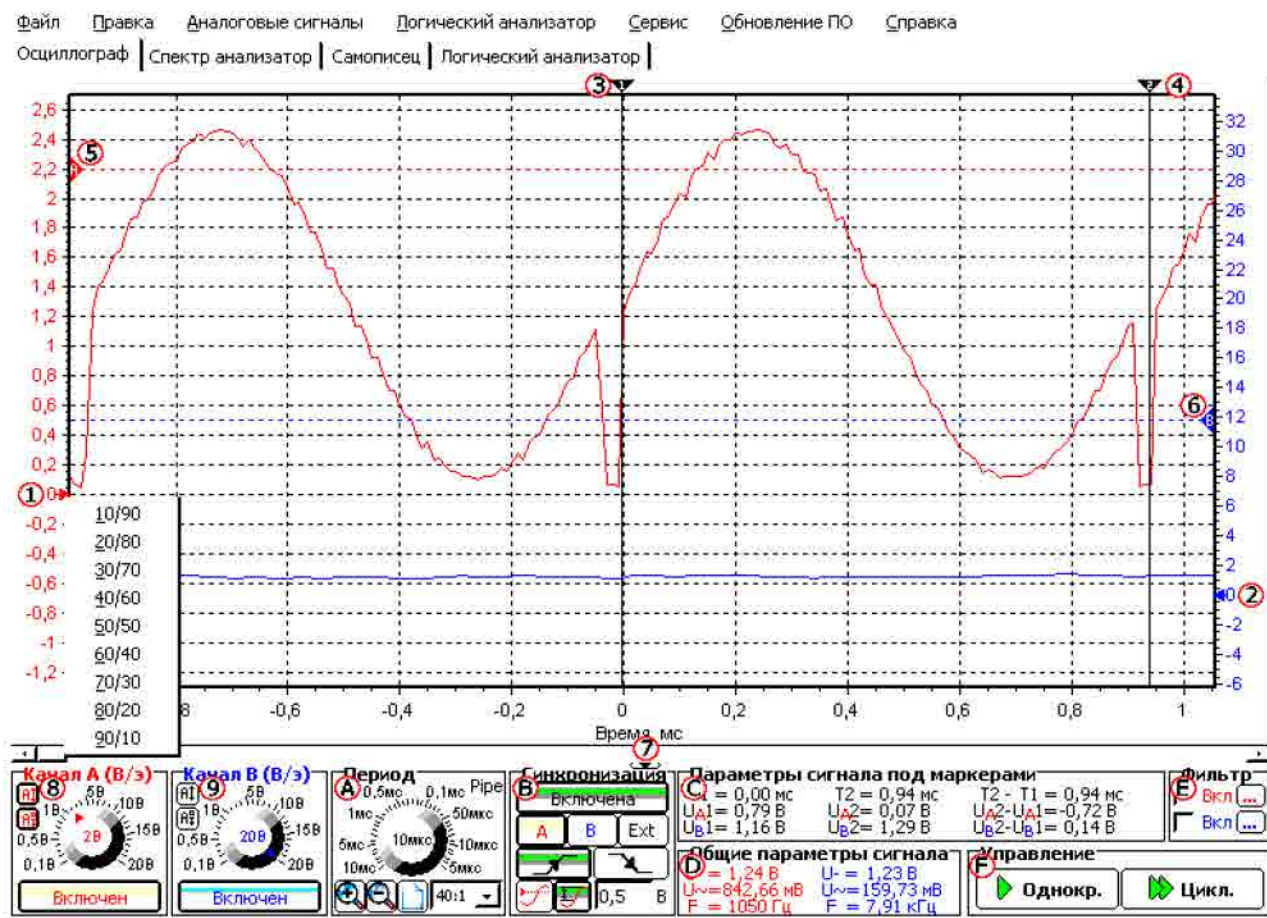


Рисунок 1.14. Вікно програми при роботі в режимі осцилографу

Зліва та праворуч від робочого екрану знаходяться два покажчики "1" та "2", що дозволяють зміщувати нуль каналів А та В відповідно. Зсув нуля доцільно проводити, коли сигнали обох каналів занадто накладаються один на одного, що утрудняє їх аналіз. Для установки однієї із дев'яти стандартних позицій нуля треба клацнути правою кнопкою миші над відповідному покажчику, опісля чого із спливаючого меню, що із'явилося, обрати одне із можливих значень положення нуля.

Над рамкою робочого екрану розташовано два маркери "3" та "4", призначені для точного вимірювання часових інтервалів та значень амплітуд напруги кожного із каналів. Маркери можливо пересувати за поміччю миші, для цього треба клацнути лівою кнопкою миші над трикутником, опісля чого, не

відпускаючи ліву кнопку, пересувати мишу вліво чи управо. При пересуванні маркера по робочому екрану на панелі "АЛЕ" відображатимуться параметри сигналу під маркером.

Для завдання рівня синхронізації використовуються два горизонтальні маркери "5" та "6". Маркер А задає рівень (амплітуду) напруги каналу А, який використовується при включеній синхронізації (абсолютної) по каналу А. Маркер В аналогічно задає рівень, використовуваний при включеній синхронізації по каналу В. Переміщення маркерів синхронізації здійснюється аналогічно переміщенню маркерів "3" та "4", крім того, при переміщенні маркерів синхронізації на рядку стану точно відображується встановлюваний рівень.

Для переміщення осцилограм усередині робочого екрану призначена стандартна лінійка прокрутки "7". Опісля зміна масштабу раніше отримані осцилограми можуть повністю не поміститися усередині робочого екрану, при цьому повзунок стає менше лінійки прокрутки пропорційно відношенню довжини осцилограми, що потрапила у робочий екран, до загальної довжини осцилограми. Під лінійкою прокрутки знаходиться невелика кнопка, що дозволяє приховати панель налаштувань осцилографа, що забезпечує більше місця для робочого екрану.

Задати розмах шкали напруги каналу А/В можливо на панелі "8/9" "Канал А/В (Вольт/екран)". Розмах задається за поміччю ручки налаштування. Треба відзначити, що USB осцилограф апаратно підтримує два діапазони вхідних сигналів 0-2 У та 2-20 У. Із цього витікає, що для того, щоб отримати найбільш достовірну осцилограму, амплітуда якої знаходиться у діапазоні  $\pm 2$  У, доцільно обрати розмах  $\pm 2$  Вольт/екран чи нижче. Оскільки помилка квантування при розмаху  $\pm 2$  Вольт/екран та нижче складатиме  $4В / 1024 = 0,0039$  У (розрядність 10 біт), тоді як при розмаху  $\pm 5$  Вольт/екран та вище помилка квантування буде у 10 разів більше  $40В / 1024 = 0,039$  У. На цих же панелях розташовані кнопки включення / виключення каналів. Коли не потрібно аналізувати одночасно два аналогові сигнали, то доцільно вимкнути один із каналів, що дозволить

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

збільшити максимальну частоту дискретизації із 100 kHz до 200 kHz.

Панель "Период" "АЛЕ" дозволяє задавати період дискретизації (розгортку) із якою відбувається оцифровка вхідного аналогового сигналу. Для нормального перегляду осцилограм рекомендується, щоб частота дискретизації була хоч би у 5-6 разів вище за максимальну частоту вхідного сигналу. Окрім вибору розгортки на панелі "Период" разом з цим можливо задавати масштаб відображення осцилограм, тобто можливо розтягнути осцилограму по осі часу для детальнішого аналізу, наприклад, яких-небудь часових налаштувань сигналу. В правому верхньому кутку панелі "Период" розташовується інформація про режим читання (коли дозволено): "buf" – читання із використанням внутрішнього буфера МК, "pipe" – потокове читання даних у комп'ютер (в декілька разів збільшується розмір буфера відліків, але посилюються вимоги, що пред'являються до комп'ютера). Граничний період, на підставі якого визначається режим читання, задається в вікні налаштувань. Подвійне клацання лівою кнопкою миші по мітці із інформацією про режим читання відкриває вікно налаштувань. Всі керуючі елементи синхронізацією, за винятком маркерів, розташовані на панелі "Синхронізація" "У". Кнопка "Включена/Выключена" дозволяє включити чи вимкнути синхронізацію. Кнопки "А" та "В" вибирають канал та відповідний маркер, сигнал із якого використовуватиметься як джерело синхронізації. Кнопка "Ext" вказує, що джерелом синхронізації буде зовнішнє джерело, що підключається до каналу В.5 логічного аналізатора, який працює як вхід (зовнішня синхронізація доступна тільки при читанні крізь буфер). Кнопки вибору фронту визначають, по якому фронту сигналу (наростаючому чи спадаючому) буде абсолютна синхронізування, по якому перепаду сигналу (позитивному чи негативному) буде диференціальна синхронізування та по якому фронту зовнішнього синхросигналу (наростаючому чи спадаючому) буде зовнішня синхронізування. Дві кнопки, розташовані внизу панелі, визначають тип синхронізації: абсолютна чи диференціальна. Поле, розташоване біля кнопки завдання диференціальній синхронізації, визначає різницю між сусідніми відліками сигналу при перевищенні, яким буде виконання умови синхронізації.

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Треба відзначити, що при завданні налаштувань синхронізації, які не можуть бути виконані (наприклад, заданий рівень 5 У, але максимальна амплітуда сигналу не перевищує 2 У), прилад весь час знаходитиметься у очікуванні виконання умови синхронізації, тобто одна із кнопок запуску вимірювання буде червоною. У даному випадку зовсім необов'язково зупиняти вимірювання, натискаючи кнопку "Сброс", оскільки при зміні будь-яких умов синхронізації вони автоматично будуть передані у пристрій.

На панелі "Параметры сигнала под маркерами" "С" відображуються положення кожного маркера на осі часу та амплітуда сигналу обох каналів під кожним маркером. Разом з цим обчислюється різниця часу маркерів та амплітуд сигналів, при цьому колір результату різниці визначатиметься кольором того маркера, відповідні значення якого більше. На панелі "Общие параметры сигнала" "D" відображуються обчислені значення постійної та змінної складової напруги та, коли можливо, то та значення частоти по кожному каналу.

Панель "Фильтрация" "Е" забезпечує підключення та розрахунок цифрових фільтрів для кожного каналу. Для включення фільтрації по каналу спочатку треба розрахувати фільтр, відкривши вікно завдання налаштувань фільтру, натиснувши кнопку ".", опісля чого встановити галочку "Вкл." для вибраного каналу. Для проведення вимірювання треба натиснути кнопку "Однокр." чи "Цикл." на панелі "Управление" "F". Кнопка "Однокр." ініціалізує тільки одне вимірювання (оцифровка та накопичення відліків мікроконтролером, але потім передача їх оболонці при роботі крізь буфер), опісля чого на робочому екрані відображуються тільки що зчитані осцилограми. Кнопка "Цикл." виконує аналогічні дії, за винятком того, що опісля закінчення вимірювання автоматично запускається нове вимірювання. Опісля натиснення на одну із кнопок запуск вона міняє свою назву на "Сброс" червоного кольору, натиснення на таку кнопку викличе негайне скидання приладу та припинення очікування результатів вимірювання. Кнопка "Сброс" може виявитися єдиним засобом зупинки вимірювання, наприклад, коли заданий рівень синхронізації, який ніколи не може бути досягнутий.

## 1.12 Робота в режимі аналізатора спектру

На рис.1.15 наведене основне вікно програми при роботі у режимі аналізатора спектру.

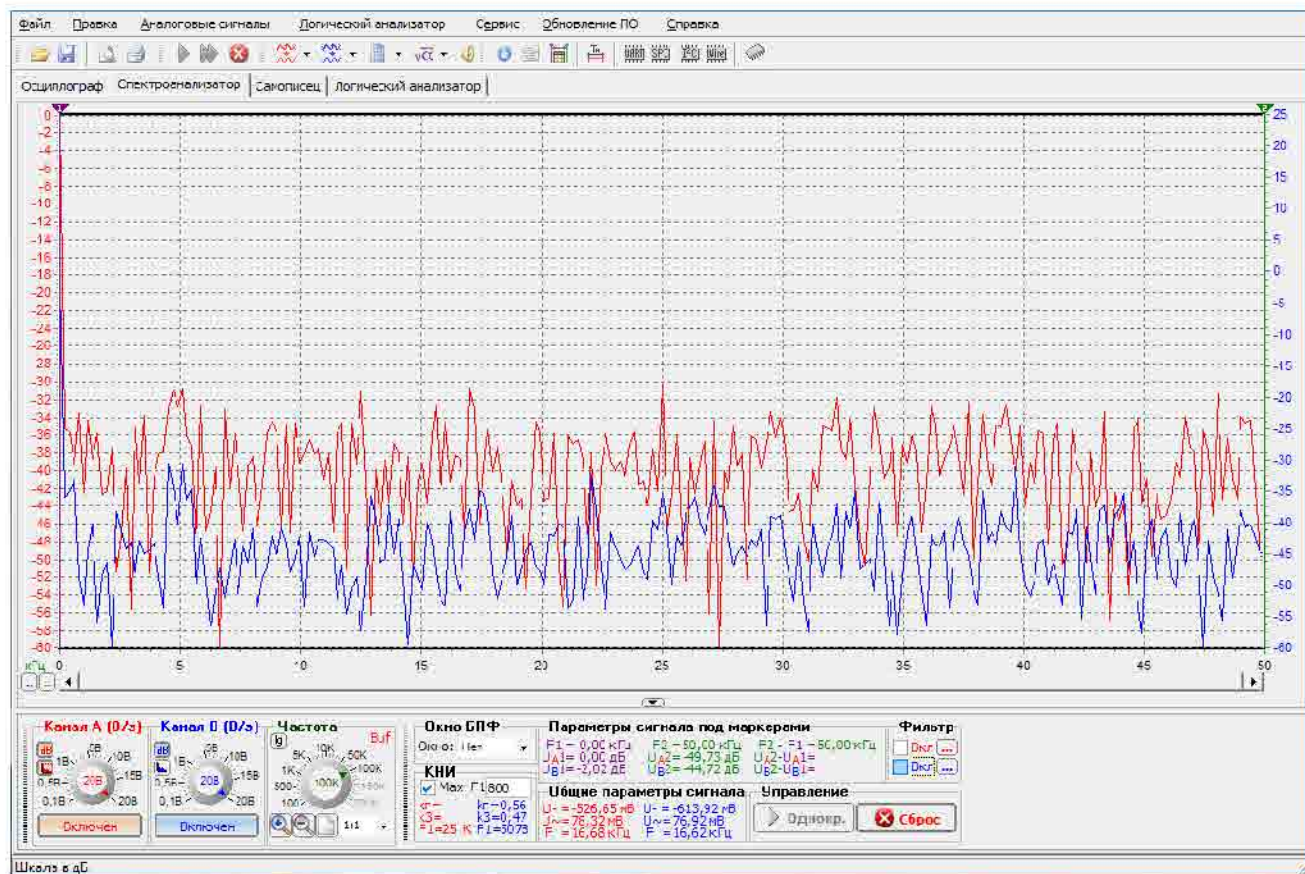


Рисунок 1.15. Вікно програми при роботі в режимі аналізатора спектру

Більшість елементів вікна при роботі у даному режимі аналогічні відповідним елементам при роботі у режимі осцилографа. Виключення тільки у тому, що горизонтальна вісь стає частотною віссю, розгортка задається в вигляді частота / екран, але разом з цим шкала напруги не містить негативних амплітуд. Разом з цим додалися нові елементи, що відносяться виключно до спектрального аналізу. Так, на панелях "Канал А/В (Вольт/екран)" із'явилися додаткові кнопки "У / дБ" та "0 дБ = 0,775 У / 0 дБ = U<sub>max</sub>" "1" та "2". Перша кнопка визначає, у яких одиницях відображатиметься вертикальна шкала: в Вольтах чи децибелах. Друга кнопка (активна тільки у тому випадку, коли натиснута перша) визначає, який рівень напруги відповідає 0 дБ, 0,775 У чи максимальне значення напруги по всій частотній осі для заданого каналу. На панелі "Частота" додана кнопка "3", що визначає, чи буде вісь частоти лінійною чи логарифмічною.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ

Арк.

36

Панель синхронізації замінена панеллю завдання віконної функції БПФ "4". На панелі знаходиться список, який містить деякі поширені віконні функції: Хаммінга, Ханнінга, Блекмана та Блекмана-Харріса. Разом з цим додана панель "5" розрахунку коефіцієнта нелінійних спотворень (КНС) чи коефіцієнта гармонік. На панелі виводяться результати розрахунку спільного КНС, КНС третин гармоніки та частоти першої (основної) гармоніки, яка може задаватися примусово у полі F1 чи розраховуватися автоматично при включеному прапорці [+] Мах.

### 1.13 Робота в режимі самописця

На рис.1.16 наведене основне вікно програми при роботі в режимі самописця. Технічні характеристики самописця показані у табл.1.5.

Таблиця 1.5. Технічні характеристики самописця

Параметр	Значення
Частота дискретизації, kHz	0,1...200
Максимальний час запису при $F_d = \dots 100$ Гц, годин	24
Рівень вхідного сигналу, У	-20 ... +20 (апаратно 2 піддіапазони)
Розрядність ADC, біт	10

Більшість елементів вікна при роботі у даному режимі аналогічні відповідним елементам при роботі у режимі осцилографа, із деякими виключеннями, обумовленими тим, що при роботі у режимі самописця сигнал безперервно у реальному режимі часу зчитується із мікроконтролера, унаслідок чого у режимі самописця відсутні панелі синхронізації, фільтрації та змінена панель спільних налаштувань сигналу, але разом з цим формат осі часу (години : хвилини : секунди : мілісекунди). Треба врахувати, що у режимі самописця не може бути ні одиночного вимірювання, ні циклічного, тому для початку запису сигналу треба натиснути кнопку "Запуск", опісля чого кнопка змінить свою назву на "Сброс" червоного кольору. Для закінчення запису потрібно натиснути на кнопку "Сброс". Під час запису блокується можливість зміни розмаху шкали напруги, включення / виключення каналів та зміни розгортки.



не тільки розтягувати (збільшувати) але та стискувати (зменшувати) як за поміччю відповідних кнопок, так та змінюючи розгортку, це корисно у тому разі коли потрібно буде проглянути загальну картину сигналу, наприклад при  $T_d=5$  мкс, записано 1 хвилину сигналу ( $60/5e-6 = 12$  млн. крапок).

Для зручнішого аналізу тривалих сигналів додана можливість маркірування характерних ділянок сигналу. Праворуч від панелі "Період" знаходиться таблиця "2", призначена для додавання / видалення / переміщення до маркерів "3" та зміни їх налаштувань. Так, для того, щоб додати (створити новий маркер), треба: двічі клацнути лівою кнопкою миші над вільним елементом таблиці чи обрати вільний елемент таблиці та натиснути клавішу Insert чи клацнути правою кнопкою миші над вільною коміркою та у меню "4", що із'явилося, обрати пункт "Добавить маркер". Опісля чого, коли дозволено, із'являться два діалогові вікна для завдання коментаря та кольору маркера, потім по центру робочого екрану із'явиться тільки що доданий (створений) маркер. Доданий маркер можливо пересувати по екрану аналогічно іншим маркерам. Для видалення маркера треба: обрати не порожній елемент таблиці та натиснути клавішу Delete, чи клацнути правою кнопкою миші над коміркою, чи над маркером, що видаляється, та у меню "4" та "5", що із'явилося, обрати пункт "Удалить маркер". Оскільки маркери прив'язані до осі часу (характерній ділянці сигналу), то при переміщенні сигналу чи його масштабуванні можливо, що необхідний маркер буде за межами видимої області робочого екрану. Для швидкого переміщення до заданого маркера треба обрати, наприклад, клацанням лівої кнопки миші, відповідний елемент таблиці (той же колір, що та у маркера). Змінювати параметри маркерів (колір та коментар) можливо із відповідних спливаючих меню. Треба відзначити, що положення маркерів та їх параметри зберігаються усередині файлу із результатами вимірювання, тобто при відкритті файлу всі маркери вказуватимуть на відповідні характерні ділянки сигналу.

На панелі "Общие параметры сигнала" "6" відображуються максимальне, мінімальне та середнє значення напруги по кожному каналу. На панелі керування додані елементи "7", що дозволяють задати час, опісля якого буде

					<i>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		39

проведена автоматична зупинка запису сигналу. Автозупинку зручно використовувати у тому випадку, коли треба провести тривалу, але у той же час обмежений запис сигналу. Крім того, при записі на періодах дискретизації 0,1 мс та нижче (частотах вище 10 kHz) дуже рекомендується заздалегідь встановити необхідну тривалість запису сигналу, оскільки це дозволить програмі завчасно виділити необхідну пам'ять до початку процесу запису, але не виділяти її динамічно при необхідності безпосередньо у процесі запису сигналу. Під елементом завдання часу автозупинки знаходиться рядок, що інформує про час запису сигналу. Режим самописця дуже вимогливий до об'єму пам'яті комп'ютера. Так, наприклад при записі із періодом дискретизації 5 мкс (200 KHz) протягом 1 хвилини результати вимірювання займатимуть: 200 000 (відліків/сек) \* 60 (сек) \* 2 (координата по вертикалі та горизонталі) \* 8 (розмір double) = 187 МБ, приблизно стільки ж займатиме та файл із результатами вимірювань.

### 1.14 Робота в режимі логічного аналізатору/генератору

Такі елементи як маркери, лінійка прокрутки та панель завдання частоти дискретизації (розгортки) у режимі логічного аналізатора повністю аналогічні відповідним елементам при роботі в режимі осцилографа. Технічні характеристики логічного аналізатора показані в табл.1.6.

Таблиця 1.6. Технічні характеристики логічного генератора

Параметр	Значення
Кількість каналів	16 (8 при включенні логічного генератора)
Частота дискретизації, kHz	1 KHz ... 8 MHz
Читання крізь буфер (Fd=4...8 MHz)	128 біт/канал
Читання крізь буфер (Fd=2...2,66 MHz)	1160 біт/канал
Читання крізь буфер (Fd=...1 MHz)	1544 біт/канал
Читання крізь буфер у режимі склеювання	1 Мбіт/канал
Потокове читання (Fd=...500кГц)	4К ... 256Мбіт/канал
Рівень вхідного сигналу, У	0 ... +5 У (є захист від перенапруги)
Синхронізування	по фронтах, масці, пропуск імпульсів, зовнішнє тактування
Тактування	внутрішнє / зовнішнє

Технічні характеристики логічного генератора показані в табл.1.7. Вікно програми при роботі в режимі логічного генератора показане на рис.1.17.

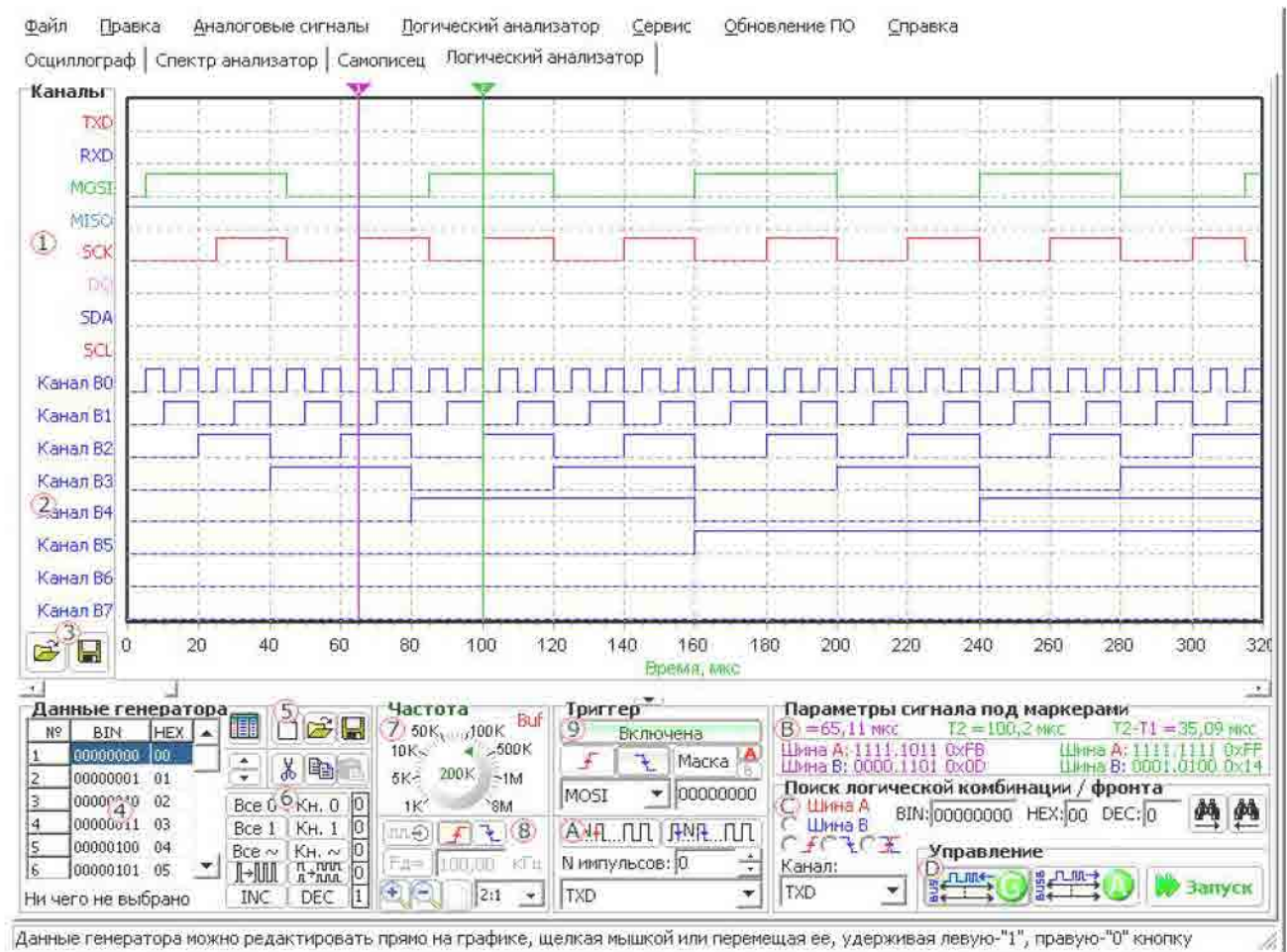


Рисунок 1.17. Вікно програми при роботі в режимі логічного аналізатора

Таблиця 1.7. Технічні характеристики логічного генератора

Параметр	Значення
Кількість каналів	8
Частота дискретизації, kHz	1 kHz ... 1 MHz
Глибина пам'яті	1544 біт/канал
Вихідна напруга	"0" - 0 У, "1" - 3,3 У
Максимальний струм	10 мА

В режимі логічного генератора зліва від робочого екрану знаходиться панель, що містить назви всіх 16-ти каналів, які функціонально розділені на дві шини. Перші вісім каналів відносяться до шини А "1", але наступні вісім каналів до шини В "2". Канали шини А (далі шина А) завжди використовуються як восьмиканальний аналізатор.

Канали шини В (далі шина В) можуть використовуватися як у режимі восьмиканального логічного генератора, так та як додатковий восьмиканальний аналізатор, чи взагалі можуть бути не задіяні. Режим роботи шини В задається відповідними кнопками на панелі керування "D".

Крім того, колір та назва кожного із каналів можливо змінити, для чого треба підвести курсор миші до назви вибраного каналу та натиснути ліву кнопку миші, опісля чого відкриється вікно завдання налаштувань каналу. Для зміни назви каналу треба ввести нову назву у поле "Название канала". Для зміни кольору каналу треба клацнути лівою кнопкою мишки на списку "Цвет канала", але потім обрати необхідний колір, коли ж у списку немає бажаного кольору, то слід клацнути на колір "Custom", опісля чого буде відкрито стандартне вікно Windows визначення кольору.

Внизу панелі "Каналы" розташовані дві кнопки "3", що дозволяють відкривати та зберігати всі назви та кольори каналів в файлі. В нижньому лівому кутку основного вікна розташована панель "Данные генератора", яка активна тільки у тому разі, коли шина В використовується у режимі восьмиканального логічного генератора. Як впливає із назви панелі, вона призначена для завдання (створення) часових діаграм генератора. Ліву частину панелі займає таблиця "4", що містить дані генератора у двійковому та шістнадцятковому форматах. Змінювати дані у таблицях можливо двома способами: безпосередньо вводячи із клавіатури, чи виділяючи необхідну ділянку у таблиці та натискаючи відповідні кнопки генерації часової діаграми "6". Для переходу у режим безпосереднього редагування треба натиснути на кнопку, розташовану біля правого верхнього кута таблиці, чи двічі клацнути лівою кнопкою миші над таблицею. Для переходу у режим виділення даних слід ще раз натиснути на кнопку, розташовану біля правого верхнього кута таблиці, чи натиснути на клавіатурі поєднання клавіш "Ctrl+D". Для виділення ділянки даних у таблиці треба спочатку виділити початок діапазону клацанням лівої кнопки мишки над вибраною коміркою, опісля чого, не відпускаючи ліву кнопку миші, переміщати мишу вгору чи вниз. Коли ж потрібно виділити велику ділянку даних, то

доцільно опісля виділення початку діапазону переміститися до закінчення діапазону пересуваючи повзунок, опісля чого клацнути лівою кнопкою миші на останній комірці діапазону, при цьому утримуючи клавішу "Shift". Для виділення всіх комірок слід натиснути на клавіатурі поєднання клавіш "Ctrl+A". Разом з цим ділянку даних у таблиці можливо виділити за помічною маркерів, положення яких на робочому екрані та визначає кордони ділянки, що виділяється. Це може бути зручно у тому разі коли, наприклад, потрібно згенерувати імпульс на одному із каналів генератора тривалістю рівним імпульсу на будь-якому каналі аналізатора. Для цього треба спочатку маркерами визначити кордони імпульсу аналізатора, опісля чого виділити ділянку даних у таблиці, натиснувши, наприклад "Ctrl+M" та потім натиснути кнопку "Кн.=1". Під таблицею даних генератора знаходиться рядок, що інформує про кордони поточної виділеної ділянки даних. Разом з цим на панелі даних генератора розташований ряд кнопок "5", що дозволяють провести очищення даних генератора, зчитати дані генератора із файлу чи зберегти дані генератора в файлі, змістити виділену ділянку даних на одну позиції вгору чи вниз, вирізати чи скопіювати виділену ділянку у буфер, але разом з цим вставити дані із буфера, у таблицю починаючи із виділеної комірки.

Часові діаграми генератора можливо задавати не тільки табличним способом, їх можливо малювати безпосередньо на робочому екрані мишкою. Для того, щоб намалювати часову діаграму одного із каналів генератора слід встановити покажчик мишки між пунктирними горизонтальними лініями, що визначають кордони вибраного каналу та натиснути ліву чи праву кнопку миші опісля чого, не відпускаючи натиснуту кнопку, рухати мишу у потрібному напрямку (вліво чи управо). Коли натиснуто ліву кнопку миші, то обкреслена ділянка часової діаграми прийме стан логічної одиниці, але коли ж натиснуто праву кнопку миші, то логічного нуля.

Панель "Частота" "7" дозволяє задавати частоту дискретизації (розгортку). Функціонально дана панель повністю аналогічна іншим панелям завдання розгортки. Виключення полягає тільки у тому, що фактично існує декілька

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

підрежимів логічного аналізатора, які автоматично вибираються залежно від встановленої розгортки:

- 4...8 MHz – розмір буфера всього 128 байт, функціонує тільки шина АЛЕ, синхронізування по масці тільки для шини АЛЕ, синхронізування по фронту тільки для каналів шини В (тобто можливо аналізувати 8-ми бітову шину та синхронізуватися по сигналах WR, RD та так далі), немає пре-тригера, немає пропуску імпульсів. Даний режим призначений для аналізу не дуже швидкісних 8-ми бітових шин із можливістю синхронізації по додаткових сигналах.

- 2...2.67 MHz – розмір буфера дорівнює 1160 байт, функціонує тільки шина АЛЕ, синхронізування по масці тільки для шини АЛЕ, синхронізування по фронту тільки для каналів шини В (тобто при необхідності синхронізації по фронту по одному із каналів шини А доведеться під'єднати ще та відповідний дріт шини В, що звичайно не дуже зручно), фіксована довжина буфера пре-тригера рівна 8-ми байтам, немає пропуску імпульсів. Даний підрежим призначений для аналізу низькошвидкісних 8-ми бітових шин із можливістю синхронізації по додаткових сигналах та невеликим пре-тригером.

- від 1 MHz та нижче (при читанні крізь буфер) – розмір буфера дорівнює 1544 байт, доступні всі режими (аналізатор, аналізатор + генератор, аналізатор + аналізатор). Функціонують всі типи синхронізації та є пропуск імпульсів, регульована глибина буфера пре-тригера від 8 до 120 байт. Додана можливість зовнішнього тактування (синхронізації). Даний підрежим призначений для загального вживання, можливо аналізувати як низькочастотні шини даних й та послідовні інтерфейси (але саме аналізувати, але не захоплювати дані), разом з цим у даному підрежимі функціонує логічний генератор.

- від 500 KHz та нижче (при потоковому читанні) – розмір буфера обмежений пам'яттю комп'ютера. Не рекомендується встановлювати розмір буфера більше декількох Мбайт, оскільки аналізувати такі довгі сигнали украй не зручно. АЛЕ відображення одного каналу займає у 16 (2\*SizeOf(double)) разів більше пам'яті, чим розмір буфера, тобто для відображення всієї шини потрібно в 16\*8 = 128 разів більше пам'яті, за умови, що значення сигналу міняється при

кожній вибірці. Коли ж є паузи чи імпульси довше за одну вибірку, то вони кодуються всього 16-тьма байтами ( $2 * \text{SizeOf}(\text{double})$ ). При потоковому читанні функціонує тільки шина АЛЕ, доступні всі типи синхронізації, регульована глибина буфера пре-тригера від 1 до 99% від заданої глибини буфера, але разом з цим додана можливість зовнішнього тактування (синхронізації). Даний підрежим призначений у основному для аналізу послідовних інтерфейсів. За рахунок використання пам'яті комп'ютера у якості буфера для сигналу, можливо, записати дуже довгі ділянки сигналу для його подальшого аналізу.

Під регулятором завдання частоти дискретизації розташовані елементи "8", що забезпечують включення режиму зовнішнього тактування (синхронізації). За поміччю цих елементів можливо обрати фронт зовнішнього тактового сигналу, по якому здійснюватиметься вибірка. Частоту зовнішнього тактового сигналу можливо задати чи за поміччю регулятора, чи ввівши точне значення частоти у поле Fд. Задавати значення частоти зовнішнього тактового сигналу треба для правильного відображення отриманих діаграм на осі часу.

З приведеного вище можливо зробити висновок, що за наявності зовнішнього тактового сигналу, синхронного із вхідним сигналом (зазвичай для послідовних протоколів так та є), "цінність" кожної вибірки зростає. Так, при внутрішньому тактуванні було 16 вибірок, та отриманий сигнал був декілька спотворений, але при зовнішньому тактуванні було всього 8 вибірок, та отриманий сигнал повністю відповідав вхідному. "Цінність" кожної вибірки зростає крізь те, що вибірка проводиться у "правильний" момент часу, визначуваний зовнішнім тактовим сигналом. Крім того, коли передбачити, що замість чотирьох імпульсів вхідного сигналу буде тільки два, але тактових чотири (наприклад, крізь відсутність обміну), то при внутрішньому тактуванні буде все одно 16 вибірок, половина із яких потраплять на відсутність обміну, у той же час при зовнішньому тактуванні буде всього дві "правильні" вибірки. Для функцій зовнішнього тактування використовуються апаратні засоби мікроконтролера, крізь що зовнішній тактовий сигнал можливо подавати тільки на канали шини В, тобто при використанні шини В в якості восьмиканального

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

генератору зовнішнє тактування не доступне.

Всі управляючі елементи синхронізацією (для дискретних сигналів разом з цим називають тригером), за винятком маркерів, розташовані на панелі "Тригер" "9". Включити чи вимкнути синхронізацію дозволяє кнопка "Вкл/выкл", під якою розташовані кнопки вибору умови спрацьовування синхронізації: по наростаючому, по спадаючому фронту сигналу вибраного каналу, чи синхронізування по масці. Під кнопками вибору фронту сигналу для синхронізації розташований список, призначений для вибору каналу джерела синхронізації тільки по фронту. Праворуч від кнопки завдання синхронізації по масці розташовано дві невеликі кнопки вибору шини, на яку накладатиметься задана маска при синхронізації. Маска задається у полі, розташованому під кнопкою завдання синхронізації по масці у двійковому форматі, причому символ 'x' чи '-' означає байдужий стан відповідного каналу. В нижній половині панелі синхронізації знаходяться елементи, що визначають необхідність пропуску заданої кількості імпульсів "АЛЕ". Пропуск імпульсів функціонуватиме тільки у разі включеної синхронізації. Для включення режиму пропуску імпульсів слід натиснути на одну із кнопок, що визначають початок імпульсу, коли жодна із кнопок не натиснута – пропуск імпульсів не буде виконаний. В полі "N імпульсов" задається необхідна кількість імпульсів, що пропускаються, опісля виконання умови синхронізації, але у списку, розташованому внизу панелі, вибирається канал, на якому буде зроблений підрахунок та пропуск заданої кількості імпульсів. Режим пропуску імпульсів доцільно використовувати при включеному режимі склеювання. На панелі "Параметри сигналу під маркерами" "У", як та у разі роботи у режимі осцилографа, відображуються положення кожного маркера на осі часу та стан кожної із шин під маркером. Разом з цим обчислюється різниця часу маркерів.

Для пошуку логічної комбінації/фронту на одній із двох шин призначена панель "С". Перед початком пошуку слід обрати шину/канал, на якій буде проведений пошук, та задати логічну комбінацію/фронт у двійковому, шістнадцятковому чи десятковому форматі. Для початку пошуку треба

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

натиснути на одну із кнопок пошуку. Коли задана логічна комбінація/фронт буде знайдена, то на неї автоматично буде переведений маркер 1, інакше буде відкрито інформаційне вікно, що повідомляє про те, що задана логічна комбінація/фронт не знайдена. На панелі керування "D" розташовані кнопки, що визначають режим роботи шини В. Кнопка із зображенням букви "G" переводить шину В у режим роботи логічного генератора, але кнопка із зображенням букви "А" – у режим додаткового восьмиканального аналізатора. Коли жодна із кнопок не натиснута, то шина В вважається за вимкнену. Треба відзначити, що коли шина В використовується у режимі логічного генератора та включена синхронізування, то дані почнуть видаватися на шину генератора опісля виконання події синхронізації, але не відразу ж опісля натиснення на кнопку "Запуск".

## **1.15 Застосування додаткових можливостей системи для вивчення форми електричних сигналів**

Система для вивчення форми електричних сигналів може бути адаптованою для аналізу сигналів в різних інженерних й радіоаматорських сферах застосування. Володіючи унікальною властивістю безперервного (безфреймового) захоплення даних та завдяки специфічним функціям програми, його використання може послужити незамінним інструментом для аналізу цифрових та аналогових сигналів.

### **1.15.1 Аналізатор інтерфейсу на базі RS232**

Даний режим аналізатора дозволяє аналізувати цифрові та аналогові сигнали зняті із RX та TX ліній послідовного інтерфейсу RS232. Поточна версія аналізатора дозволяє аналізувати сигнали на швидкостях не більше 115200 біт/с.

Опісля завантаження файлу осцилограм із RS232-осцилограмою (рис.1.18) виконується її аналіз. Для відкриття файлу осцилограм треба в вікні програми обрати "Файл" => "Відкрити Файл", вказати розташування завантаженого файлу осцилограм та натиснути "Відкрити". Далі треба обрати "Аналіз" => "Завантажити скрипт", вказати розташування завантаженого скрипта та натиснути "Відкрити". Далі треба обрати "Аналіз" => "Виконати скрипт".

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

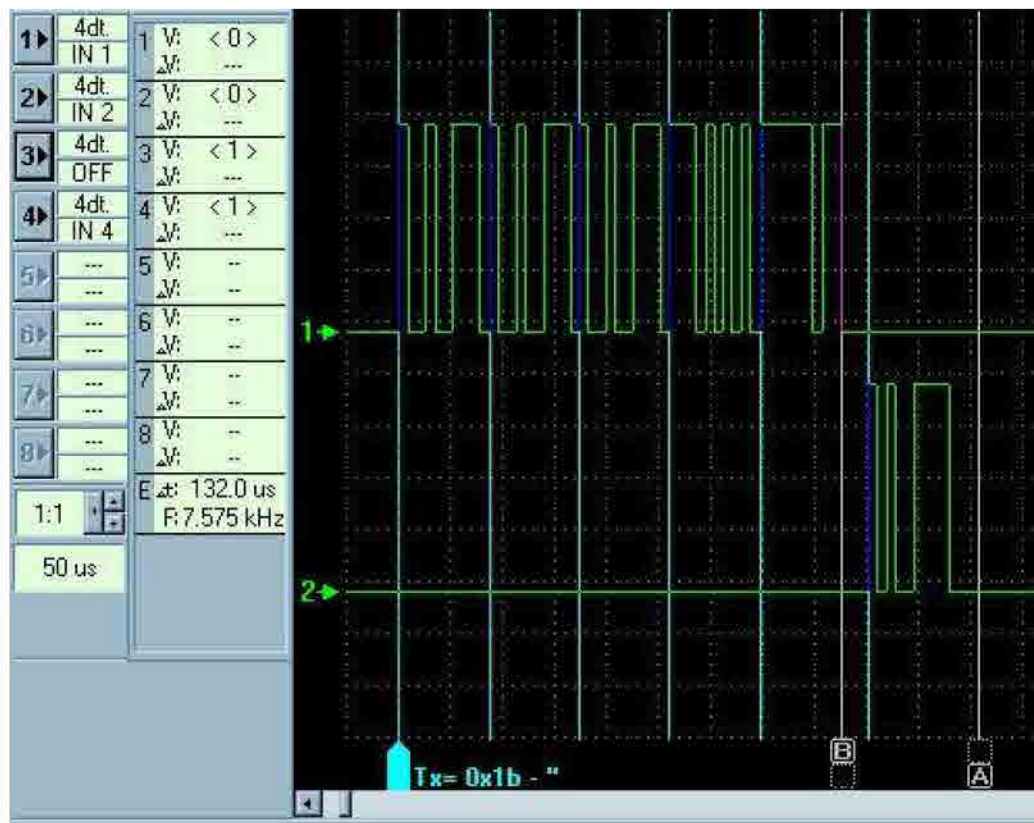


Рисунок 1.18. Маркірована скриптом аналізатора RS232 осцилограма

### 1.15.2 Аналізатор PS2

Даний режим аналізатора дозволяє аналізувати цифрові сигнали, зняті із CLK та DATA ліній послідовного інтерфейсу PS2.

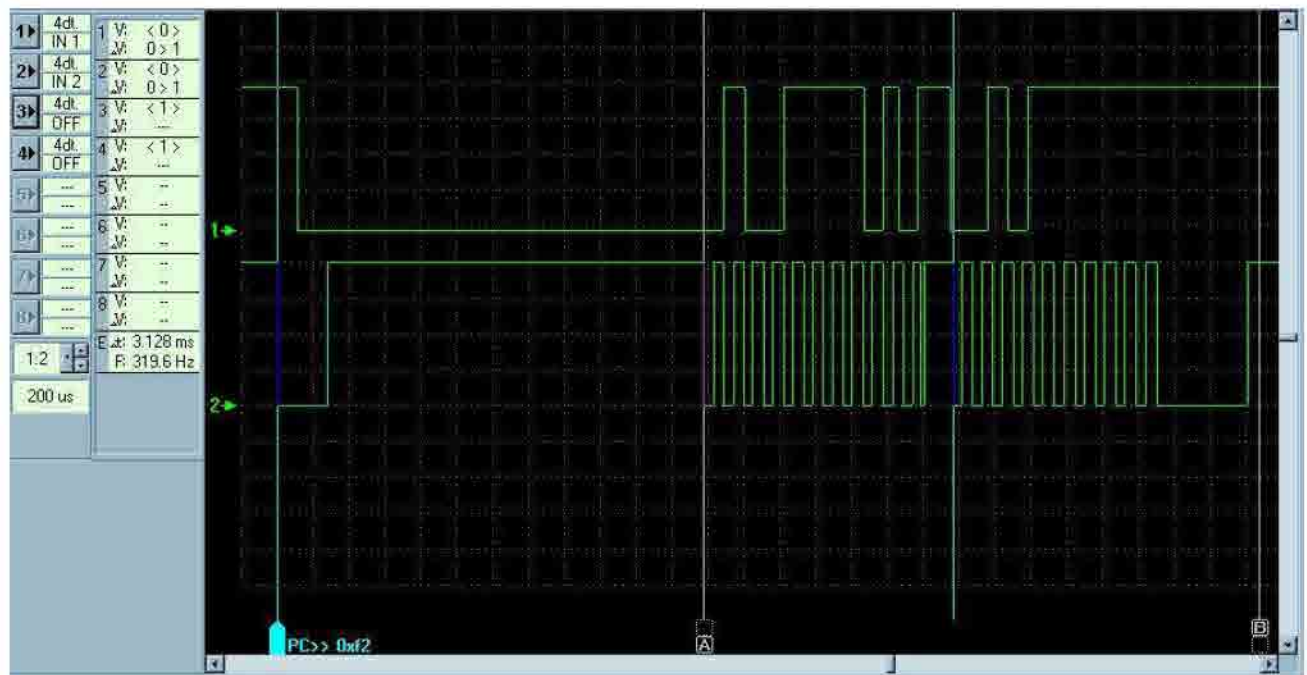


Рисунок 1.19. Маркірована скриптом аналізатора PS2-осцилограма



Користувачеві доступна не тільки інформація про кожне передане слово USB-пакету, але й часова прив'язка даних до вихідного сигналу. Таким чином, використання скрипта аналізатора USB дозволяє оцінити перебіг процесів не тільки на рівні протоколу але та на фізичному рівні. Ця можливість спрощує процес пошуку причин збою при налагодженні пристроїв на базі USB-шини.

Опісля завантаження файлу із USB-осцилограмою (рис.1.21) виконується її аналіз. Для відкриття файлу осцилограм треба в вікні програми обрати "Файл" => "Відкрити Файл", вказати розташування завантаженого файлу осцилограм та натиснути "Відкрити". Далі треба обрати "Аналіз" => "Завантажити скрипт", вказати розташування завантаженого скрипта та натиснути "Відкрити". Далі треба обрати "Аналіз" => "Виконати скрипт".

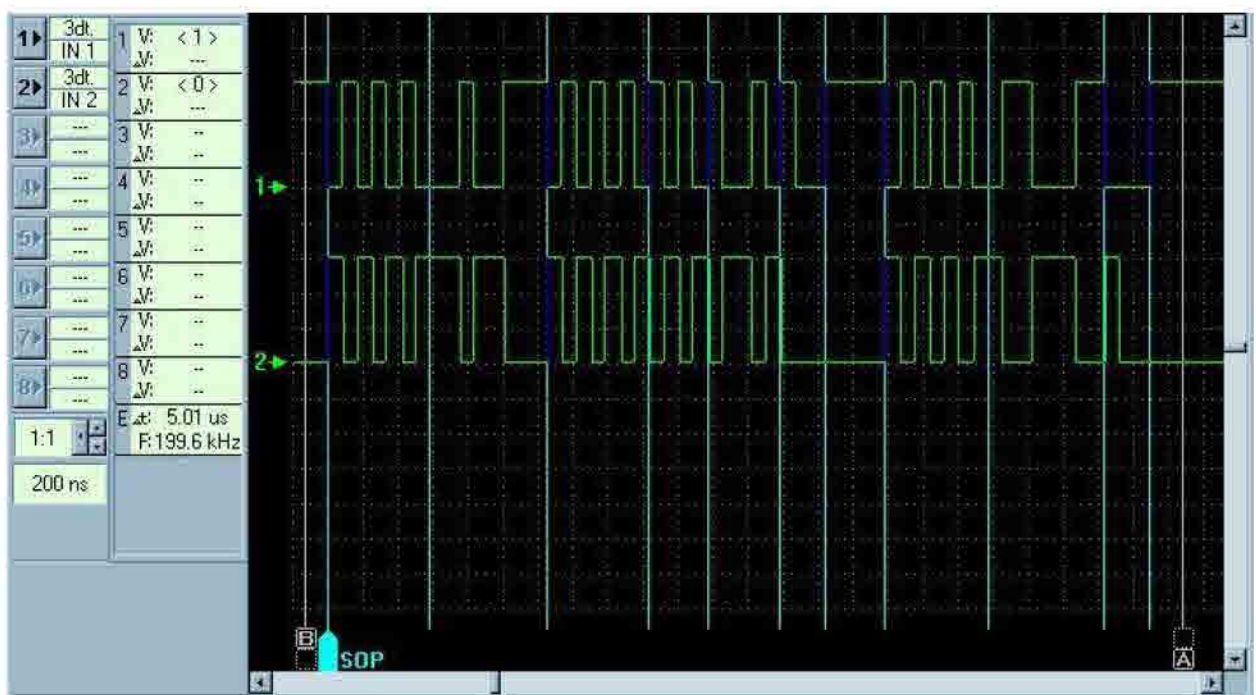


Рисунок 1.21. Маркірована скриптом аналізатора USB-осцилограма

### 1.15.5 Обробка сигналів в реальному масштабі часу

Додатковою можливістю є обробка, вимірювання та візуалізація специфічних сигналів в реальному масштабі часу, заснована на використанні PlugIn-ів. Функціонально, модуль PlugIn-але вклинюється в безперервний потік даних, що надходять із приладу USB Autoscope. Аналізуючи та змінюючи даний потік за певним алгоритмом модуль PlugIn-але дозволяє провести необхідну адаптацію сигналу перед його відображенням (рис. 1.22).

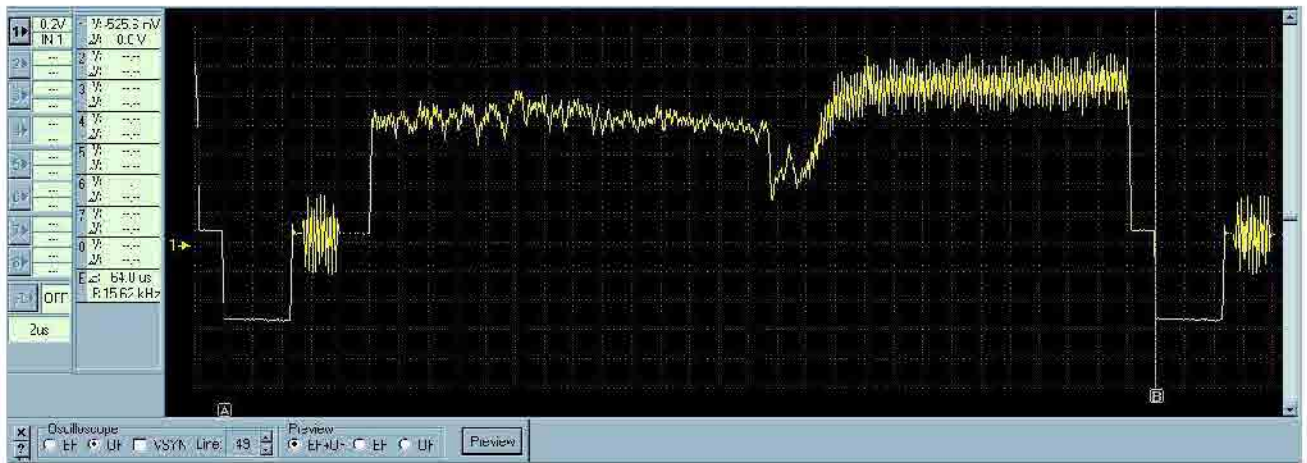


Рисунок 1.22. Вікно програми, що відображає відео-сигнал, який оброблюється PlugIn-ом "Video"

Функціональність PlugIn-ів широко використовується для аналізу та візуалізації сигналів, знятих із різних ланцюгів та вузлів електронних схем. Завдяки PlugIn-ам, USB-осцилограф може бути адаптований для обробки специфічних сигналів в широкій сфері завдань, що вимагають виконання вимірювання та візуалізації сигналу в реальному масштабі часу.

## 2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою даних розрахунків є обчислення вартості виконання науково-дослідної розробки «Апаратно-програмна реалізація системи для вивчення форми електричних сигналів».

**Розрахунок трудомісткості виконання науково-дослідницької розробки.** В технологічній структурі науково-дослідних робіт можливо виділити декілька самостійних етапів, але саме: розробка технічного завдання, вибір напрямку вивчення, теоретичні та експериментальні вивчення, узагальнення та оцінка результатів. Розрахунок трудомісткості НДР здійснений у наступній послідовності:

1) Складений перелік всіх етапів та видів робіт, які треба виконати у ході даної НДР. Опісля узгодження із керівником проекту допущено виключення, доповнення, об'єднання окремих етапів та видів робіт;

2) По кожному виду робіт визначений кваліфікаційний рівень виконавців. У разі виконання однієї роботи виконавцями різної кваліфікації, роботу розподілили на ряд паралельних конкретних робіт для кожної категорії виконавця. Перелік етапів та робіт, що виконуються при проведенні НДР, приведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Розподіл робіт по етапах та видах виконавців

Етап проведення НДР	Вигляд робіт	Посада виконавця
Розробка технічного завдання (ТЗ)	1.Складання та затвердження ТЗ для НДР по розробці ««Розробка двоканального USB-осцилографу для технічних вимірювань»»».	Дипломник, керівник
Вибір напрямку вивчення	1. Збір та вивчення науково-технічної літератури, технічної документації та інших матеріалів, на основі яких будуватиметься робота. 2. Вибір напрямку проведення досліджень для подальшої розробки.	Дипломник керівник

	3. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	
Теоретичні та експериментальні вивчення	1 Аналітичний огляд сучасних осцилографів для вивчення електричних сигналів 2.Розробка схем USB-осцилографу й вибір елементної бази. 3.Розробка БСА й опис можливостей ПЗ вимірювального приладу	Дипломник керівник консультанти
Узагальнення та оцінка результатів досліджень	1. Узагальнення результатів попередніх етапів роботи. 2.Складання та оформлення звіту. Розгляд результатів проведеною НДР та прийняття результатів у цілому.	Дипломник керівник консультанти

**Оцінка тривалості виконання робіт.** У умовах відсутності нормативної бази тривалість виконання окремих робіт розраховується на основі вірогідних оцінок робіт, що задаються виконавцями.

Таблиця 2.2. Очікувана трудомісткість робіт

Вигляд роботи	Очікуваний час виконання (дні)
1. Складання та затвердження ТЗ для НДР по розробці «Розробка двоканального USB-осцилографу для технічних вимірювань».	2
2. Збір та вивчення науково – технічної літератури, технічної документації та інших матеріалів.	4
3. Вибір напряму проведення досліджень та способів вирішення поставлених завдань. Розробка плану проведення досліджень для подальшої розробки.	2
4. Аналітичний огляд сучасних осцилографів для вивчення електричних сигналів	4

5. Розробка схем USB-осцилографу й вибір елементної бази.	4
6. Розробка БСА й опис можливостей ПЗ вимірювального приладу	4
7. Економічна частина	2
8. Охорона праці	2
Всього:	24

*Розрахунок собівартості та ціни виконання НДР.* Результатом виконання НДР є науково-технічна продукція. Виходячи із особливостей створення науково – технічної продукції та її залежності від інтелектуальної праці, розрахунок собівартості та ціни виконання НДР включає наступні статті витрат: витрати на матеріали, основна та додаткова заробітна плата, відрахування до єдиного соціального фонду страхування, витрати на роботи, що виконуються сторонніми організаціями, та деякі інші.

1) Витрати на матеріали складаються із вартості придбаного папіру формату А4 та становитимуть 150 грн.

2) До витрат «Основна заробітна плата» відносяться оплата праці виконавців, безпосередньо притягнених до її виконання. Розмір основної зарплати встановлюється виходячи із чисельності різних категорій виконавців, трудомісткості, що витрачається ними на виконання різних видів робіт, але разом з цим їх середньої заробітної плати (ставки) за один робочий день. Відповідно до статті 8 «Закону про Державний бюджет України на 2022» встановлено мінімальну заробітну плату в місячному розмірі із 1 січня 2022 року - 6500 гривень; мінімальну погодинну тарифну ставку – 39,26 грн.

Середня зарплата за один робочий день для кожного виконавця визначена по формулі:

$$Зден = п.т.с. * 8;$$

де п.т.с – погодинна тарифна ставка, грн.;

8 – тривалість робочого дня, год.

$$Зден дипломника = 39.26 * 8 = 314,08 \text{ грн.}$$

$$Зден керівника = 60 * 8 = 480 \text{ грн.}$$

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Зден консультантів = 60 \*8= 480 грн.

Витрати на основну заробітну плату, НДР, що включаються у собівартість, наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3. Витрати на основну заробітну плату

Виконавець	Погодинна тарифна ставка, грн	Денна ставка, грн	Трудоємність робочих днів	Сума основної зарплати, грн
Дипломник	39,26	314.08	24	6933,12
Керівник	60,00	480	1	480
Консультант по економічній частині	60,00	480	0,2	96
Консультант по охороні праці	60,00	480	0,2	96
Нормоконтроль	60,00	480	0,2	96
Всього (Зо)				7701,12

3) Витрати на додаткову заробітну плату визначаються в відсотках від основної. В наукових закладах додаткова заробітна плата складає 10-20% від основної заробітної плати.

$$Зд=20 \%*Зо: 100\% ;$$

$$Зд = 7701,12*0,20 = 1540,22 \text{ грн}$$

4) До складу собівартості НДР включаються податки, збори та інші обов'язкові платежі, встановлені системою оподаткування що діє. Сума до єдиного соціального внеску складає:

$$Зесв=0,22*(Зо+Зд);$$

$$Зесв=0,22*(7701,12 + 1540,22) = 9241,34* 0,22= 2033,10 \text{ грн.}$$

5) До накладних витрат відносять витрати на керування та господарське обслуговування, що відноситься до всіх виконуваних НДР. В наукових закладах накладні витрати складають 50-120% від основної та додаткової заробітної плати.

$$Рнакл= (Зо+Зд)*0,6;$$

$$Рнакл= (7701,12 + 1540,22)* 0,6 = 5544,80 \text{ грн.}$$

На підставі отриманих даних по окремих статтях витрат складена

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

калькуляція планової собівартості у цілому НДР за формою, приведеною у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5. Калькуляція планової собівартості

Статті витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	150,00
2. Основна заробітна плата	7701,12
3. Додаткова заробітна плата	1540,22
4. Відрахування до єдиного соціального внеску	2033,10
5. Накладні витрати	5544,80
Планова собівартість (Спл)	17083,24

В наукових організаціях разом із плановою собівартістю визначають величину планового прибутку та договірну ціну НДР.

Плановий прибуток визначений по формулі:

$$\text{Ппл} = 0,1 * \text{Спл} = 0,1 * 17083,24 = 1708,32 \text{ грн}$$

де 0,1 – норматив, який враховує граничний рівень рентабельності, встановлений чинним законодавством для науково-технічної продукції.

Договірна ціна визначається по формулі:

$$\text{Цнір} = \text{Спл} + \text{Ппл}; = 17083,24 + 1708,32 = 18791,56 \text{ грн.}$$

Ціну реалізації встановлюємо із урахуванням ПДВ

$$\text{ПДВ} = 0,2 * \text{Цнір} = 0,2 * 18791,56 = 3758,31 \text{ грн.}$$

Звідси:

$$\text{Цр} = \text{Цнір} + \text{ПДВ}; = 18791,56 + 3758,31 = 22549,87 \text{ грн.}$$

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

Трудові права громадян охороняються законом. Захист трудових прав здійснюється державними органами, але разом з цим професійними спілками.

Забезпечення здорових та безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств, установ, організацій. Вона зобов'язана впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, попереджуючі виробничий травматизм та забезпечуючи санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню психофізіологічне розвантаження. професійних захворювань.

Людина здійснює трудову діяльність при дії комплексу умов, як матеріально-технічних, так та природних.

Умови праці впливають на здоров'я, працездатність та всебічний розвиток особи трудящого. Охорона здоров'я працівників, забезпечення безпечних умов праці, ліквідація професійних захворювань та виробничого травматизму складають одну із головних турбот нашої держави.

Узагальнюючи приведені вище положення, можливо зробити висновок, що чим вища культура виробництва, тим краще умови праці, але отже, забезпечуються здоров'я та безпека працівників.

У дипломному проекті розглядається питання апаратно-програмної реалізації системи для вивчення форми електричних сигналів. Тому об'єктом вивчення є робоче місце користувача РС.

#### **3.1 Аналіз небезпечних й шкідливих чинників, що мають вплив на користувача РС**

Трудова діяльність користувачів комп'ютерів відбувається в певному виробничому середовищі, яке впливає на їх функціональний стан. Найбільш значимі – фізичні фактори виробничого середовища, до яких належать електромагнітні хвилі різних частотних діапазонів, електростатичні поля, шум, параметри мікроклімату, відсутність чи недостатня освітленість й ціла низка світлотехнічних показників. Вплив хімічних й, особливо, біологічних факторів виробничого середовища на користувачів комп'ютерів – значно менший.

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		57

## 3.2 Розробка заходів із охорони праці

На робочому місці програміста повинні бути створені умови для безпечної й високопродуктивної праці.

### 3.2.1 Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації РС

Об'ємно-планувальні рішення будівель й приміщень для роботи із РС мають відповідати вимогам ДСанПіН 3.3.2.007–98. Розміщення робочих місць із РС в підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено. Площа на одне робоче місце становить не менше ніж 6,0 м<sup>2</sup>, але об'єм – не менше ніж 20,0 м<sup>3</sup>.

Приміщення для роботи із РС повинні мати природне й штучне освітлення відповідно до СНиП П-4–79/ Природне освітлення має здійснюватись крізь світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, та забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж 1,5%.

В приміщеннях із РС слід щоденно робити вологе прибирання. Приміщення із РС мають бути оснащені аптечками першої медичної допомоги.

При приміщеннях із РС мають бути обладнані побутові приміщення для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. У кімнаті психологічного розвантаження слід передбачити встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, але разом з цим місця для занять фізичною культурою (СНиП 2.09.04. – 87)

### 3.2.2 Гігієнічні вимоги до налаштувань виробничого середовища приміщень із РС



Рисунок 3.1. Складові виробничого мікроклімату

Гігієнічні вимоги до налаштувань виробничого середовища включають

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

вимоги до налаштувань мікроклімату, освітлення, шуму й вібрації, рівнів електромагнітного й іонізуючого випромінювання.

В виробничих приміщеннях на робочих місця із РС мають забезпечуватись оптимальні значення налаштувань мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря (ГОСТ 12.1.005–88, СН 4088–86)

Таблиця 3.1. Норми мікроклімату для приміщень із РС

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка – Іа	22-24	40-60	0,1
	легка – Іб	21-23	40-60	0,1
Тепла	легка – Іа	23-25	40-60	0,1
	легка – Іб	22-24	40-60	0,2

Рівні позитивних та негативних іонів в повітрі приміщень із РС мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам №2152–80 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на РС

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup> повітря	
	n+	n -
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Дипломним проектом передбачено встановлення припливно-витяжної системи вентиляції, але разом з цим можливе застосування кондиціонерів.

### 3.2.3 Освітлення робочого місця, шум, вібрація

Штучне освітлення у приміщеннях із робочими місцями, обладнаними РС має здійснюватись системою загального рівномірного освітлення. В виробничих й адміністративно-громадських приміщеннях, в разі переважної роботи із документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення)

Значення освітленості на поверхні робочого столу у зоні розміщення документів має становити 300–500 лк, Коли це неможливо забезпечити

системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, але освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

Як джерела світла для штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. В разі влаштування відбитого освітлення в виробничих й адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт. Допускається застосування ламп розжарювання в світильниках місцевого освітлення.

Рівні звукового тиску у октавних смугах частот, рівні звуку й еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, обладнаних РС, мають відповідати вимогам СН 3223–85, ГОСТ 12.1.003–83, ГР 2411–81 (табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку та рівні звукового тиску у октавних смугах частот

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку, еквівалентні рівні звуку, дБА/дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Програмісти ЕОМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Оператори в залах обробки інформації на ЕОМ та оператори комп'ютерного набору	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
В приміщеннях для розташування шумних агрегатів ЕОМ	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Значення напруженості електромагнітних полів на робочих місцях із РС мають відповідати нормативним значенням (ГДР №3206–85, ГДР N4131–86, СНК 5802–91, ГОСТ 12.1.006–84) (табл. 2.3).

### 3.2.4 Гігієнічні вимоги до організації й обладнання робочих місць із РС

Обладнання й організація робочого місця із БДТ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця й їх взаємного розташування ергономічним вимогам із урахуванням характеру й особливостей

трудової діяльності (ГОСТ 12,2.032–78, ГОСТ22.269–76, ГОСТ 21.889–76).

Конструкція робочого місця користувача РС має забезпечити підтримання оптимальної робочої пози. Робочі місця із РС слід так розташовувати відносно світлових прорізів, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва. При розміщенні робочих столів із РС слід дотримуватись таких відстаней: між бічними поверхнями БДТ – 1,2 м; від тильної поверхні одного РС до екрана іншого – 2,5 м. Екран РС має розташовуватися на оптимальній відстані теж очей користувача, що становить 600...700 мм, але не ближче ніж за 600 мм із урахуванням розміру літерно-цифрових знаків та символів.

### **3.3 Пожежна безпека**

Забезпечення пожежної безпеки – це один із важливих напрямків щодо охорони життя й здоров'я людей, національного багатства та навколишнього середовища.

Основними причинами пожежі є: необережне поводження із вогнем, незадовільний стан електротехнічних установок та невиконання правил їх експлуатації, несправність виробничого обладнання та порушення режимів технологічних процесів, порушення правил пожежної безпеки.

До засобів гасіння пожежі відносяться внутрішні пожежні водопроводи (крани - РС), вогнегасники (вуглекислотні й порошкові), сухий пісок тощо.

У будівлях пожежні крани встановлюють у коридорах, на майданчиках сходових кліток. Кожний пожежний кран укомплектований пожежним рукавом та розміщений в відповідних ящиках, які знаходяться на висоті 1,35 м від полу.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. В виробничих приміщеннях це головним чином вуглекислотні вогнегасники, достоїнством яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електричного устаткування.

					<b>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

## ВИСНОВКИ

Віртуальні вимірювальні пристрої на базі персональних комп'ютерів обов'язково містять обчислювальні засоби, що працюють в режимі реального масштабу часу зі встановленим необхідним програмним забезпеченням, та аналого-цифровий перетворювач для введення аналогових сигналів.

Система для вивчення форми електричних сигналів представляє собою вимірювальну приставку до PC й програмне забезпечення, яке дозволяє спостерігати на екрані монітора високоякісні осцилограми із високою роздільною здатністю. За поміччю швидкодіючого ADC пристрій оцифровує вхідний сигнал та коди відліків передає до PC крізь USB-порт.

Використання USB-приставок для вивчення форми електричних сигналів замість класичних аналогових чи цифрових осцилографів для технічних вимірювань в радіоаматорській практиці й в роботі навчальних лабораторій закладів освіти є найбільш доцільним із оглядом на достатні характеристики цих приладів, їх низьку вартість й компактність.

Вимірювання електричного сигналу відбувається за поміччю аналого-цифрового перетворювача, підключеного до мікроконтролера. Додатковими функціями розробленого приладу є можливість вибору дільника вхідної напруги, масштабування сигналу, захист від збільшення напруги на вході. Результати вимірювань зберігаються в вбудованій пам'яті мікроконтролера, обробляються й виводяться крізь USB-порт на екран PC за поміччю створеного програмного забезпечення. Розроблена система для вивчення форми електричних може використовуватися в лабораторіях радіоаматорів, розробниками та фахівцями для аналізу низькочастотних аналогових сигналів, реєстрації тривалих повільно процесів, що повільно змінюються, але разом з цим вивчення двійкових сигналів від транспондерів, пристроїв Touch Memory, систем дистанційного керування, інтерфейсів RS232, I2C та т.д. Прилад разом з цим знайде застосування в якості простого двоканального вольтметра для вимірювання напруги в діапазоні  $\pm 20$  V, частотоміра в діапазоні до 50 kHz чи пробника зі звуковим повідомленням.

					<i>КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

# ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бобало Ю.Я. Осцилографи та методи вимірювання радіотехнічних величин: навч. посібник / Ю. Я. Бобало, Л. А. Недоступ, М. Д. Кіселичник, О. В. Надобко. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 88 с.
2. Головня В.М. Створення віртуальних приладів в середовищі LabVIEW: навч. посіб. / В. М. Головня; РТФ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 142 с.
3. Здоренко В.Г. Проектування комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем. / Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 262 с.
4. Паламар М.І. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів, 2018
5. Нестерчук Д.М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. – 206 с.
6. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 538 с.
7. Скорін Ю.І., Стаднік В.В., Щербаков О.В. Інформаційне супроводження навчального процесу // Збірник наукових статей «Управління розвитком». – Х.: ХУПС. – 2010. – Вип. 7 (88). – С. 273–274.
8. Скорін Ю.І., Стаднік В.В. Альтернативні способи вдосконалення парку засобів вимірювальної техніки // Збірник наукових праць «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я». Харків, 20–22 травня 2009 р. – С. 466.
9. Скорін Ю.І. Упровадження в навчальний процес віртуальних вимірювальних приладів // Збірник наукових статей «Управління розвитком». – Х. : ХНЕУ, 2008. С. 142–143.
10. Скорін Ю.І. Про один з підходів щодо побудови віртуальних вимірювальних приладів – Х.: ХУПС, 2005. – С. 117 – 118.
11. Матеріали сайту: <http://www.electroclub.info/article/oscillograf.htm>. Робота з осцилографом.

					КС 57. 08 000. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## Функція adc для дослідження форми електричних сигналів мовою C++

```

#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 на відлік
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 (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; // Різниця
float theFreq = 0; // Частота (період)
const byte theAnalogPin = A0; // Data read pin

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) //збирання даних з АЦП
{
  byte tempThres = 0; // TEMP byte i = 0;
  if (autoHScale == true) // Автоналаштування 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;
    } 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
  } else if (voltageRange == 2) {

```

```

voltageConst = 0.0261905; // 0-2.5V
} else if (voltageRange == 3) {
voltageConst = 0.01309526; // 0-1,25V
}
// 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++;
}
// збирання даних з АЦП
for (i=0; i<numOfSamples; i++) { adcReadings[i] = adc();
//adcReadings[i] = analogRead(theAnalogPin)/4;
if (timePeriod > high_speedADC_time_us)
{
delayMicroseconds(timePeriod - high_speedADC_time_us);
}
}
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 < 0b11111111)
adcReadings[i] = adcReadings[i]>>2 & 0b1111111;
else adcReadings[i] = 0b1111111;
} else if (voltageRange == 2) {
if (adcReadings[i]>>3 < 0b1111111)
adcReadings[i] = adcReadings[i]>>3 & 0b1111111;
else adcReadings[i] = 0b1111111;
} else if (voltageRange == 3) {
if (adcReadings[i]>>4 < 0b1111111) adcReadings[i] = adcReadings[i]>>4 & 0b1111111; else
adcReadings[i] = 0b1111111;
}
// 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;
while ((adcReadings[thresLocation]>(63-(theThreshold>>2))) &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
thresLocation++;
while ((adcReadings[thresLocation]<(63-(theThreshold>>2))) &&
(thresLocation<numOfSamples- 1)) (thresLocation++);
}
}
theFreq = (float) (1000000/(thresLocation * timePeriod));
(thresLocation * timePeriod), thresLocation)

```

```

}
// Average Voltage avgV = 0;
for (i=0; i<numOfSamples; i++) avgV = avgV + adcReadings[i];
avgV = (63-(avgV / numOfSamples)) * voltageConst;
// Maximum Voltage maxV = 63;
for (i=0; i<numOfSamples; i++)
if (adcReadings[i]<maxV) maxV = adcReadings[i];
maxV = (63-maxV) * voltageConst;
// Minimum Voltage minV = 0;
for (i=0; i<numOfSamples; i++)
if (adcReadings[i]>minV) minV = adcReadings[i];
minV = (63-minV) * voltageConst;
// Peak-to-Peak Voltage ptopV = maxV - minV;
}
void handleSerial(void) { char inByte;
char dataByte;
boolean exitLoop = false;
do {
// Clear out buffer do {
inByte = Serial.read();
} while (Serial.available() > 0);
Serial.print("Oscilloscope\n"); Serial.print(" 1 - Change threshold usage (currently: ");
if (useThreshold == 0) Serial.print("Off\n");
else if (useThreshold == 1) Serial.print("Rise\n"); else if (useThreshold == 2)
Serial.print("Fall\n");
Serial.print(" 2 - Change threshold value (x/255 of range) (currently: ");
Serial.print(theThreshold, DEC); Serial.print(")\n");
Serial.print(" 3 - Change sampling period (currently: ");
Serial.print(timePeriod, DEC); Serial.print(")\n");
Serial.print(" 4 - Change voltage range (currently: ");
if (voltageRange == 1) Serial.print("0-5V\n");
else if (voltageRange == 2) Serial.print("0-2.5V\n"); else if (voltageRange == 3)
Serial.print("0-1.25V\n");
Serial.print(" 5 - Toggle auto horizontal (time) scaling (currently: ");
if (autoHScale == true) Serial.print("On\n");
else if (autoHScale == false) Serial.print("Off\n");
Serial.print(" 6 - Toggle line (currently: "); if (linesNotDots == true) Serial.print("Lines\n");
else if (linesNotDots == false) Serial.print("Dots\n"); Serial.print(" 8 - Exit\n");
// Wait for input/response, refresh display while in menu do {
collectData();
do { draw(); } } while (Serial.available() == 0); inByte = Serial.read();
if (inByte == '1') {
Serial.print("Change threshold usage\n");
Serial.print(" 0 - Off\n");
Serial.print(" 1 - Rise\n");
Serial.print(" 2 - Fall\n");
do { } while (Serial.available() == 0);
dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '0') useThreshold = 0;
else if (dataByte == '1') useThreshold = 1;
else if (dataByte == '2') useThreshold = 2;
} else if (inByte == '2') {
Serial.print("Change threshold value (thresholds for 0-5V,0-2.5V,0-1.25V ranges)\n");
Serial.print(" 0 - 32 (0.63V, 0.31V, 0.16V)\n");
Serial.print(" 1 - 80 (1.57V, 0.78V, 0.39V)\n");
Serial.print(" 2 - 128 (2.51V, 1.25V, 0.63V)\n");
Serial.print(" 3 - 176 (3.45V, 1.73V, 0.86V)\n");
Serial.print(" 4 - 224 (4.39V, 2.20V, 1.10V)\n");
do { } while (Serial.available() == 0); dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '0') theThreshold = 32;

```

```

else if (dataByte == '1') theThreshold = 80;
else if (dataByte == '2') theThreshold = 128;
else if (dataByte == '3') theThreshold = 176;
else if (dataByte == '4') theThreshold = 224;
}
else if (inByte == '3') {
Serial.print("Change sampling frequency\n"); Serial.print("1 + 1\n");
Serial.print("2 - 1\n"); Serial.print("3 + 10\n"); Serial.print("4 - 10\n");
Serial.print("5 MAX speed\n");
do { } while (Serial.available() == 0); dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '0') timePeriod = high_speedADC_time_us;
else if (dataByte == '1') timePeriod = timePeriod+1;
else if (dataByte == '2') timePeriod = timePeriod-1;
else if (dataByte == '3') timePeriod = timePeriod+10;
else if (dataByte == '4') timePeriod = timePeriod-10;
else if (dataByte == '5') timePeriod = high_speedADC_time_us;
} else if (inByte == '4') { Serial.print("Change voltage range\n");
Serial.print(" 1 - 0-5.00V\n");
Serial.print(" 2 - 0-2.50V\n");
Serial.print(" 3 - 0-1.25V\n");
do { } while (Serial.available() == 0);
dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '1') voltageRange = 1;
else if (dataByte == '2') voltageRange = 2;
else if (dataByte == '3') voltageRange = 3;
} else if (inByte == '5') {
Serial.print("Toggle auto horizontal (time) scaling\n");
Serial.print(" 0 - Off\n");
Serial.print(" 1 - On\n");
do { } while (Serial.available() == 0);
dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '0') autoHScale = false;
else if (dataByte == '1') autoHScale = true;
} else if (inByte == '6') { Serial.print("Toggle line\n");
Serial.print(" 0 - Lines\n");
Serial.print(" 1 - Dots\n");
do { } while (Serial.available() == 0);
dataByte = Serial.read();
if (dataByte == '0') linesNotDots = true;
else if (dataByte == '1') linesNotDots = false;
} else if (inByte == '8') { exitLoop = true;
}
} while (exitLoop == false);
}

```

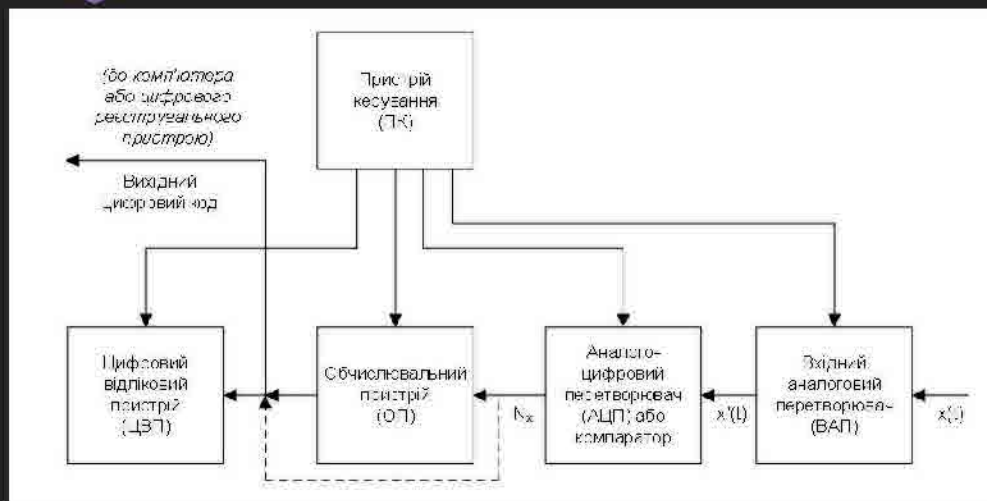
Слайди мультимедійної презентації



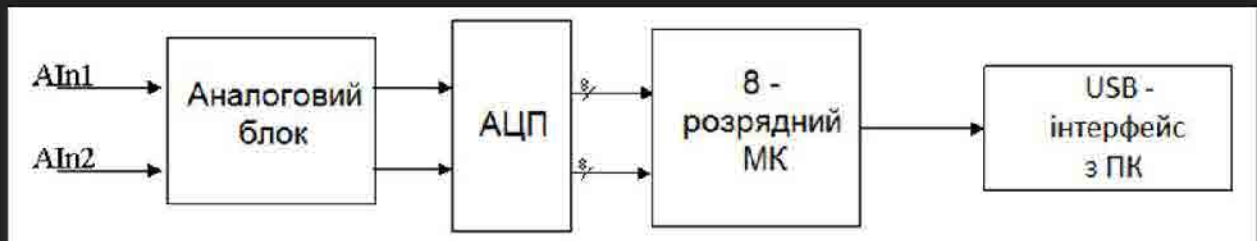
Апаратно-програмна  
реалізація системи  
для дослідження  
форми електричних  
сигналів

Ізотов Андрій, ОТФК ОНТУ

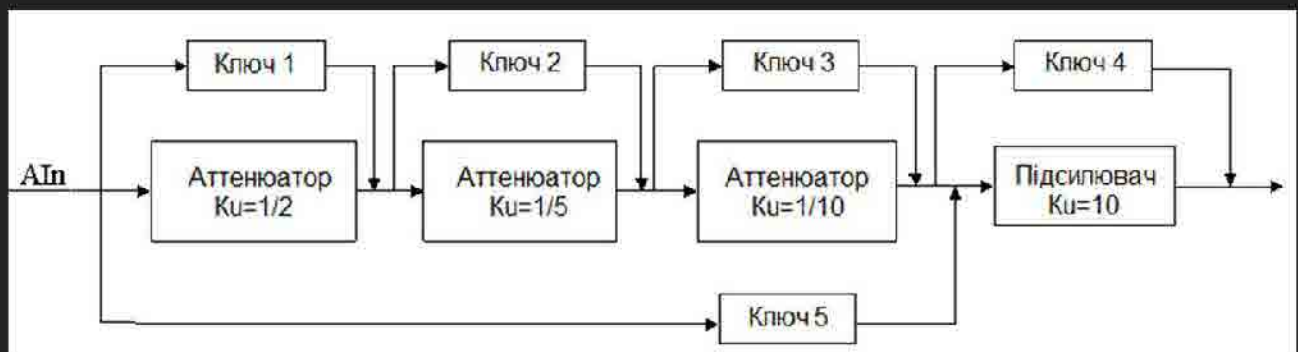
Узагальнена структурна схема  
цифрового вимірювального приладу



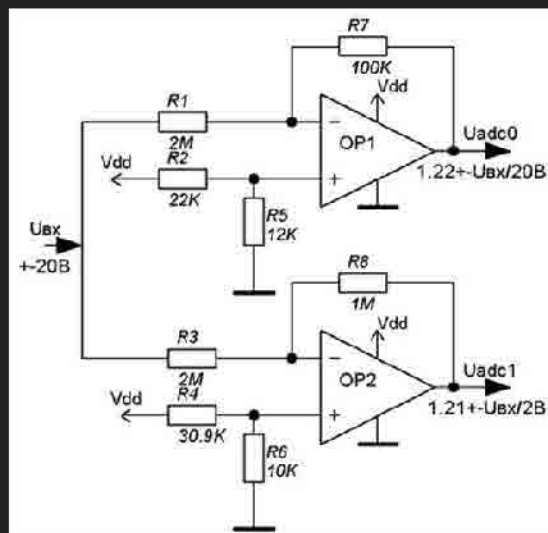
## Структурна схема пристрою для дослідження форми електричних сигналів



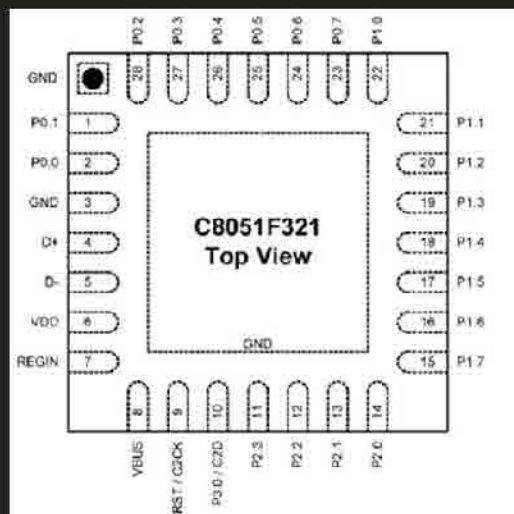
## Структурна схема аналогового блоку пристрою для дослідження форми електричних сигналів



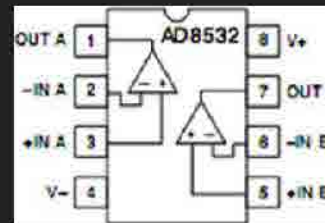
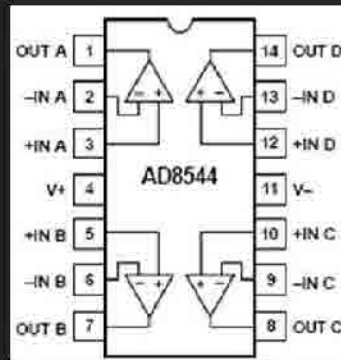
## Принципова схема вхідного аналогового каналу



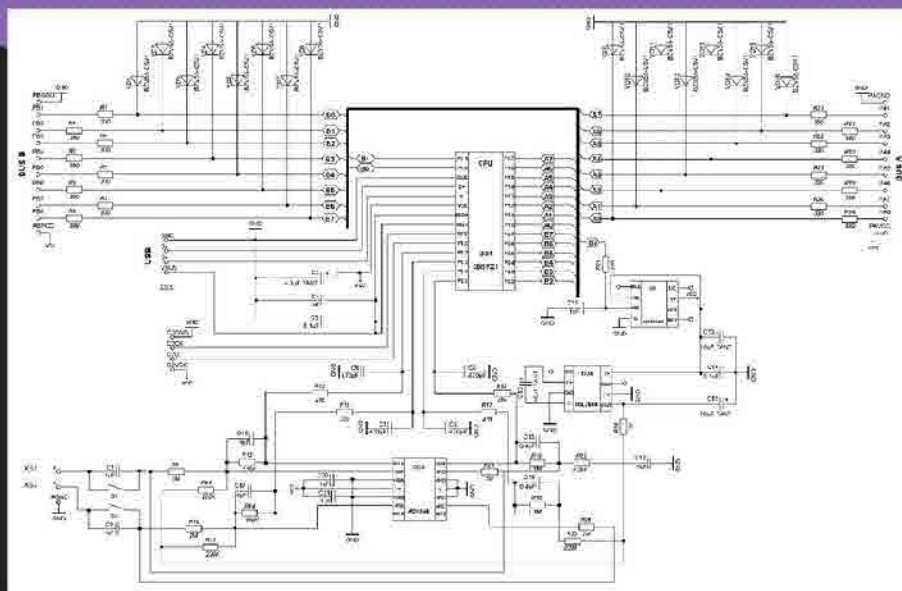
## Мікроконтролер C8051F321



# Операційні підсилювачі AD8544 та AD8531AR



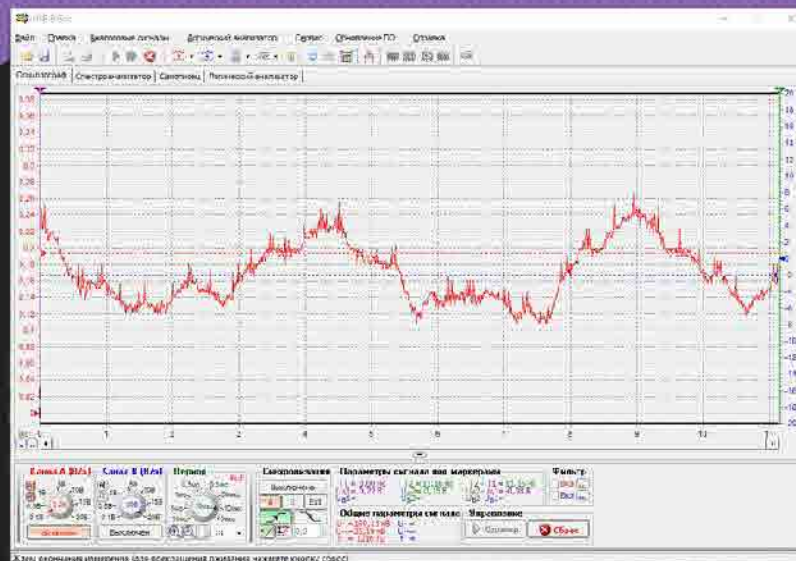
## Схема принципова електрична пристрою для дослідження форми електричних сигналів



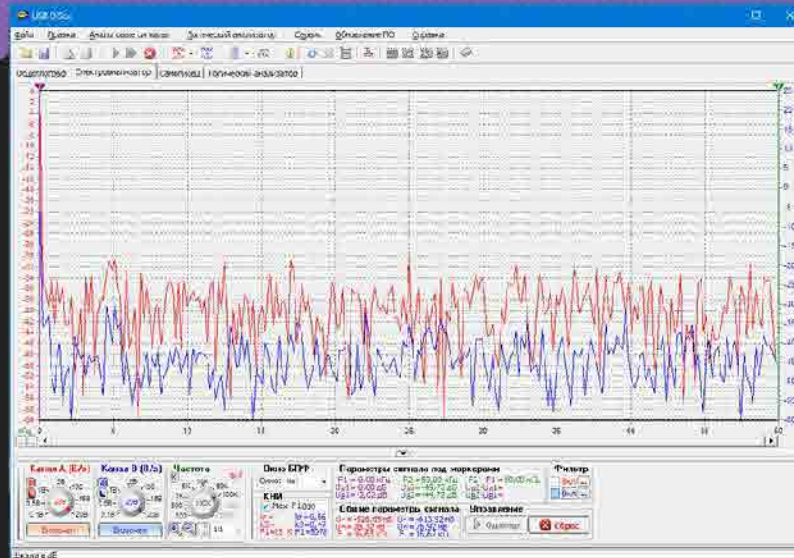
# Блок-схема алгоритм роботи мікроконтролеру пристрою для дослідження форми електричних сигналів



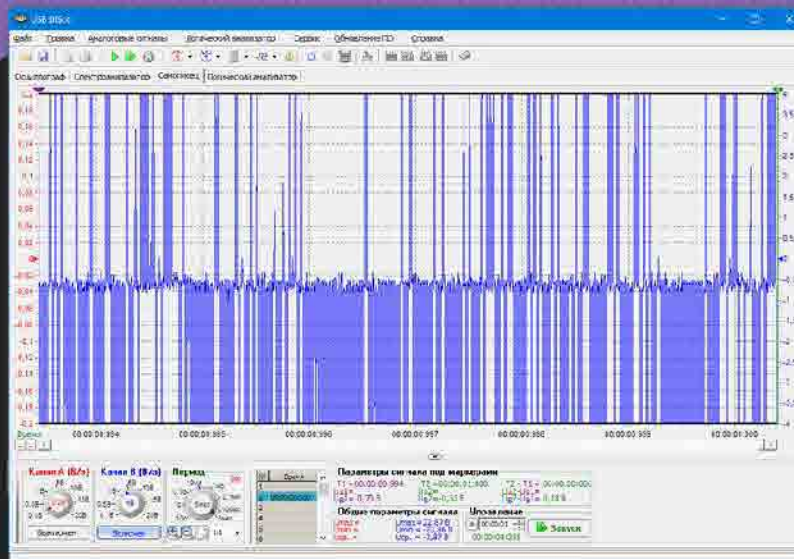
# Вікно застосунку дослідження форми електричних сигналів у режимі осцилографу



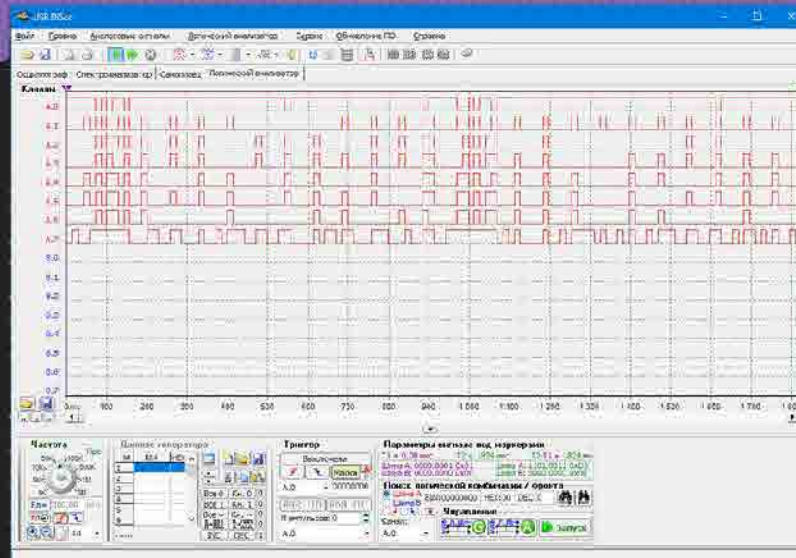
# Вікно застосунку дослідження форми сигналів у режимі аналізатора спектру



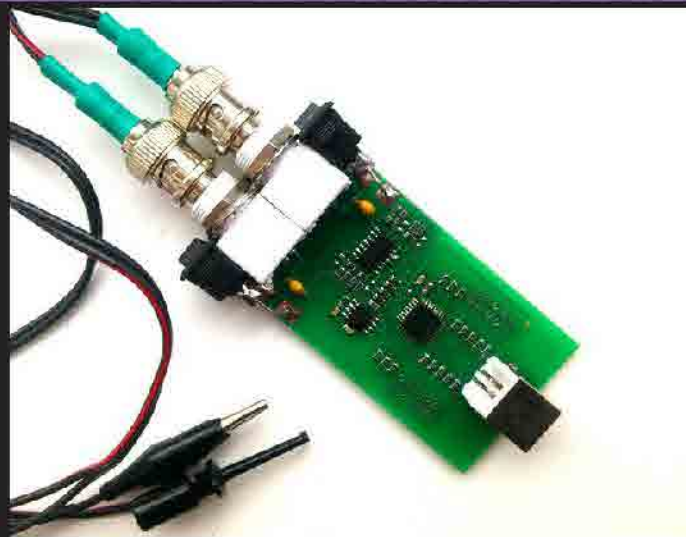
# Вікно застосунку дослідження форми електричних сигналів у режимі самописця



## Вікно застосунку дослідження форми електричних сигналів у режимі логічного аналізатора



## Зовнішній вигляд одного з варіантів реалізації апаратної складової системи для дослідження форми електричних сигналів



**ВІДГУК**

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

*Ізотова Андрія Вадимовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Обслуговування комп'ютерних систем і мереж»

Тема дипломного проекту: Апаратно-програмна реалізація системи для дослідження форми електричних сигналів

**ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ**

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка до дипломного проекту містить 74 сторінок. У пояснювальній записці описано етапи розробки системи для дослідження форми електричних сигналів на базі мікроконтролера. Графічна частина складається з 14 слайдів, оформлених у вигляді презентації, передбачених технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та слайдів добра.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом виконання дипломного проекту здобувач освіти Ізотов Андрій поступово та послідовно виконував всі етапи, проявив ініціативу в створенні загальної концепції та реалізації роботи. Всі роботи здобувач освіти виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника.

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Ізотов Андрій під час роботи над дипломним проектом вивчив достатньо багато літературних та інтернет-джерел за даною тематикою.

Вважаю, що теоретична підготовка дипломника достатня і він готовий до захисту проекту.

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання Під час виконання дипломного проекту здобувач освіти Ізотов Андрій показав вміння організовано працювати над поставленим завданням, застосовувати знання у галузі програмування, електроніки, математики, розробляти, встановлювати та налаштовувати спеціалізоване програмне забезпечення, оформлювати слайди та складати презентації, користуючись сучасними комп'ютерними програмними засобами, такими як Microsoft PowerPoint, Microsoft Visio та ін.

Оцінка розрахункової частини Відмінно  
Оцінка графічної частини Добре  
Загальна оцінка Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проекту Кривченко Анастасія Анатоліївна

Місце роботи і посада керівника дипломного проекту ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач спецдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії, голова обласної методичної комісії викладачів комп'ютерної інженерії

Підпис 

« 8 » 06 2024 р.

## РЕЦЕНЗІЯ

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

*Ізотова Андрія Вадимовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Обслуговування комп'ютерних систем та мереж»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Апаратно-програмна реалізація системи для дослідження форми електричних сигналів

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 74 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 14 аркушів (слайдів)

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту завданню

*Представлений на рецензію дипломний проект відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проект присвячений проблемі дослідження форми електричних сигналів та складається з пояснювальної записки, додатку з програмним кодом та мультимедійної презентації, що містить приклади роботи програми.*

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту

*Пояснювальна записка складається з основного розділу (аналізу предметної області, проектування, апаратно-програмної реалізації, тестування апаратно-програмного комплексу), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано. Розділ охорони праці містить загальну інформацію та вимоги до техніки безпеки оператора КТ. Економічний розділ проекту містить розрахунок витрат на НДР та реалізацію проекту.*

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

*Графічна частина складається з 14 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, які містять ілюстративні схеми, скріншоти роботи програмного застосунку, передбачені технічним завданням. Пояснювальна записка виконана акуратно та у відповідності до норм. Якість виконання графічної частини проекту та пояснювальної записки відмінна, розробку виконано у повному обсязі.*

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Реалізовано апаратно-програмну реалізацію системи для дослідження форми електричних сигналів, що може бути використана для дослідження двійкових сигналів.

Розроблена система дозволяє використовувати USB-порт для виводу даних на екран.

Розроблена система може бути впроваджена в навчальних лабораторіях.

д) основні недоліки дипломного проекту \_\_\_\_\_

Графічний інтерфейс користувача виглядає перевантаженим.

В деяких частинах пояснювальної записки присутні незначні помилки оформлення.

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

Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ Відмінно

Загальна оцінка \_\_\_\_\_ Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента \_\_\_\_\_ к.т.н. Кірєєв Ігор Анатолійович

Місце роботи і посада рецензента \_\_\_\_\_ Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, доцент каф. інформаційної безпеки та передачі даних

Підпис: \_\_\_\_\_

ПІДПИС ПОСВІДО  
НАЧАЛЬНИК ВІДДІЛУ  
КАДРІВ ДУІТЗ



2024 р.

Ім'я користувача:  
**Катерина Григоріївна Краснокутська**

ID перевірки:  
**1016271660**

Дата перевірки:  
**22.05.2024 00:14:49 EEST**

Тип перевірки:  
**Doc vs Internet + Library**

Дата звіту:  
**22.05.2024 09:32:25 EEST**

ID користувача:  
**100011688**

Назва документа: **4КС-57\_Андрій\_Ізотов**

Кількість сторінок: **56** Кількість слів: **11895** Кількість символів: **86637** Розмір файлу: **4.44 MB** ID файлу: **1016061328**

## 24.5% Схожість

Найбільша схожість: **5.39%** з Інтернет-джерелом (<https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/4c0773a8-2d0..>)

24.5% Джерела з Інтернету

496

Сторінка 58

Не знайдено джерел з Бібліотеки

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

20

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

Ми, що нижче підписалися,

*Ізотов Андрій Вадимович,*  
здобувач освіти гр. 4КС-57, та

*Кривченко Анастасія Анатоліївна,*  
керівник дипломного проекту,


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

*«Апаратно-програмна реалізація системи для дослідження форми електричних сигналів» (автор роботи – Ізотов А.В., керівник роботи – Кривченко А.А.)*

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2024 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

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

Виконавець



/ Ізотов А.В. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

«10» червня 2024 р.