

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«__»_____20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**освітньо-професійною програмою «Інформаційні вимірювальні
технології та системи»**

спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

**на тему: «Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості
телефонних розмов»**

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ВМ-61-2

Невгод Діна Анатоліївна _____

Керівник

доцент, к.т.н., доц.

Добролюбова Марина Валеріївна _____

Рецензент

доцент, к.т.н., доц.

Мокійчук Валентин Михайлович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2			<u>Альбом 1</u>		
3					
4			<u>Текстова документація</u>		
5					
6			<u>Документація загальна</u>		
7					
8			<u>Заново розроблена</u>		
9					
10	A4		Завдання на дипломне проектування	2	
11					
12	A4		Анотація українською мовою	1	
13	A4		Анотація іноземною мовою	1	
14	A4	BM61.120004.001 ТЗ	Технічне завдання	8	
15	A4	BM61.120004.001 ТП	Відомість технічного проекту	2	
16	A4	BM61.120004.001 ПЗ	Пояснювальна записка	107	
17					
18			<u>Документація</u>		
19			<u>по збірним одиницям</u>		
20					
21			<u>Заново розроблена</u>		
22					
23	A4	BM61.120004.001 ПЕЗ	Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов	2	
24			Перелік елементів		
25					
26					
27					
28					
29					

					BM61.120004.001 ОП		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Невгод Д.А.			Літ	Аркуш	Аркуші
Перев.		Добролюбова М.В.				1	2
Тех. контр		Добролюбова М.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. BM-61-2		
Н. конт.		Богомазов С.А.					
Затвер.		Єременко В.С.					
					Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов Опис		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2	A4	BM61.120004.001 СП	Підсистема повірки ЗВТ	2	
3			для вимірювання тривалості		
4			телефонних розмов		
5			Специфікація		
6					
7			<u>Альбом 2</u>		
8					
9			<u>Графічна документація</u>		
10					
11			<u>Заново розроблена</u>		
12					
13	A1	BM61.120004.001 E1	Підсистема повірки ЗВТ	1	
14			для вимірювання тривалості		
15			телефонних розмов		
16			Схема електрична		
17			структурна		
18					
19	A1	BM61.120004.001 E2	Підсистема повірки ЗВТ	1	
20			для вимірювання тривалості		
21			телефонних розмов		
22			Схема електрична		
23			функціональна		
24					
25	A1	BM61.120004.001 E3	Підсистема повірки ЗВТ	1	
26			для вимірювання тривалості		
27			телефонних розмов		
28			Схема електрична		
29			принципова		
30					
31					
32					

					Аркуш	
					2	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	BM61.120004.001 ОП	

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Освітньо-професійна програма «Інформаційні вимірювальні технології та системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Невгод Діні Анатоліївні

1. Тема проєкту «Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов», керівник проєкту Добролюбова Марина Валеріївна, к.т.н., доц., затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту _____
3. Вихідні дані до проєкту 1. Час сесії: 0 – 59,99 хв. 2. Границя допустимої похибки при формуванні тривалості телефонних з'єднань в діапазоні від 1 до 3600 с, не більше $\pm 0,25$ с. 3. Кількість каналів вимірювання: 2. 4. Наявність функції калібрування. 5. Реалізація пакетної передачі даних на базі протоколу TCP/IP.
4. Зміст пояснювальної записки ТЗ. Вступ. Огляд існуючих технічних рішень. Розробка структурної, функціональної та принципової схем. _____
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема структурна. Схема функціональна. Схема принципова. _____

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06 квітня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	09.04.2020 р.	
2.	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	24.04.2020 р.	
3.	Проектування структурної схеми	01.05.2020 р.	
4.	Проектування функційної схеми	05.05.2020 р.	
5.	Проектування схеми електричної принципової вимірювальних каналів підсистеми	15.05.2020 р.	
6.	Аналіз похибок вимірювальних каналів	25.05.2020 р.	
7.	Оформлення графічних матеріалів	27.05.2020 р.	
8.	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2020 р.	
9.	Попередній захист дипломного проєкту	07.06.2020 р.	
10.	Рецензування дипломного проєкту	до 10.06.2020 р.	
11.	Захист дипломного проєкту	до 20.06.2020 р.	

Студент

Діна НЕВГОД

Керівник проєкту

Марина ДОБРОЛЮБОВА

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту

АНОТАЦІЯ

В даному дипломному проєкті розроблена підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов з метою забезпечення правильності розрахунків між споживачем та мобільним оператором під час надання телекомунікаційних послуг.

В дипломному проєкті був проведений огляд існуючих технічних рішень, обґрунтована актуальність побудови підсистеми, розглянуто принцип дії підсистеми, розрахована схема електрична принципова та проаналізовані похибки підсистеми.

Графічна частина проєкту представлена на трьох аркушах формату А1 і містить:

- структурну схему підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов;
- функційну схему підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов;
- електричну принципову схему підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов.

ANNOTATION

In the graduation project developed a subsystem for measuring the duration of telephone conversations in order to ensure the correctness of the calculations between the consumer and the mobile operator when providing telecommunications services.

In the graduation project existing similar solutions and the urgency of constructing a subsystem was reviewed, the principle of operation of the subsystem was considered, the scheme of an electric circuit was calculated and errors of a subsystem was analyzed.

Graphic part of the project is three sheets of A1 and includes:

- Block diagram of subsystem for measuring the duration of telephone conversations;
- Functional diagram of subsystem for measuring the duration of telephone conversations;
- Electrical-schematic diagram of subsystem for measuring the duration of telephone conversations.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

_____ проф. В. ЄРЕМЕНКО

" ____ " _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт

«Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов»

ВМ61.120004.001 ТЗ

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

доцент кафедри ІВТ

(Посада)

Добролюбова Марина Валеріївна

(П.І.П)

" ____ " _____ 2020 р.

Дипломник:

Ст. гр. ВМ-61-2

Невгод Діна Анатоліївна

(П.І.П)

" ____ " _____ 2020 р.

Залікова книжка _____

Київ 2020

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Розроблена підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов з метою забезпечення правильності розрахунків між споживачем та мобільним оператором під час надання телекомунікаційних послуг.

2 ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРОБКИ

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект, видане і затверджене кафедрою Інформаційно-вимірювальних технологій Національного Технічного Університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у квітні 2020 р.

3 МЕТА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

Метою розробки є створення на сучасній елементній базі підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов.

Використання системи дозволить:

– підвищити продуктивність повірки, зменшити вартість подібних комплексів (систем) та собівартість метрологічних робіт.

4 ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Джерелами розробки є:

– державні та галузеві стандарти;
– науково-технічні та дослідно-конструкторські звіти;
– науково-технічна література по проектуванню електронного обладнання.

5 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Вимоги, які визначають характеристики експлуатації, показники якості та метрологічні характеристики.

5.1.1 Технічні характеристики, метрологічні характеристики і показники якості.

5.1.1.1 Підсистема повинна виконувати перевірку систем вимірювання тривалості телефонних розмов: вимірювати час телефонної розмови для подальшого проведення метрологічних робіт.

5.1.1.2 Підсистема повинна бути організована таким чином, щоб в режимі перевірки можна було задавати режим роботи, приймати дані для підключення, підключатися / відключатися до/від мережі стільникового зв'язку, визначати тривалість телефонної розмови, зберігати дані про тестові дзвінки: дата події, час події, номер вихідного абонента, номер вхідного абонента, тривалість дзвінка в секундах.

5.1.1.3 Підсистема повинна відповідати таким технічним характеристикам:

5.1.1.3.1 Кількість каналів вимірювання – 1.

5.1.1.3.2 Час сесії: 0 – 59,99 хв..

5.1.1.3.3 Границя допустимої похибки при формуванні тривалості телефонних з'єднань в діапазоні від 1 до 3600 с, не більше $\pm 0,25$ с.

5.1.1.4 Підсистема повинна забезпечувати передачу результатів вимірювання і керуючих впливів у цифровому вигляді.

5.1.2.1 Підсистема повинна зберігати свої параметри в межах норм, які установлені технічним завданням протягом строків служби і зберігання після і (або) в процесі впливу кліматичних факторів, що відповідають кліматичному виконанню УХЛ за ГОСТ 15150.

5.1.2.2 По стійкості до кліматичних і механічних дій підсистема повинна відноситися до групи 4 ГОСТ 22261 – 94.

5.1.2.3 Умови зберігання і транспортування

Блоки і модулі, які входять до складу підсистеми, повинні допускати зберігання в опалювальних і не опалювальних сховищах за таких умов, згідно з ГОСТ 15150:

- для опалювального сховища:
 - температура повітря від $+5^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 80 % при температурі 25°C ;
- для неопалюваного сховища:
 - температура повітря від -50°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
 - відносна вологість повітря до 98 % при температурі 25°C .

Підсистема повинна зберігати працездатність, зовнішній вигляд і власні параметри після транспортування при дії наступних видів кліматичних і механічних чинників, які відповідають ГОСТу В 20.39.305-76.

Кліматичні і механічні фактори що впливають при транспортуванні наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Кліматичні і механічні фактори що впливають при транспортуванні

	Види впливаючих кліматичних і механічних факторів	Номінальні значення і граничні відхилення
Умови транспортування	Температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	-30 ... +80
	Відносна вологість повітря при температурі 35°C , %	98
	Атмосферний тиск, кПа (мм. рт. ст.)	86,0 - 106,7 (450 – 800)
	Транспортна тряска:	
	Кількість ударів в хвилину	80 – 120
	Максимальне прискорення, m/c^2	30
	Тривалість дії, год.	8

5.1.3 Вимоги до часу встановлення робочого режиму

Підсистема повинна забезпечувати в робочих умовах застосування необхідні характеристики після закінчення часу встановлення робочого режиму.

Підсистема повинна допускати тривалість безперервної роботи не менше 5 годин з подальшою зупинкою на період не менше 1 години.

5.1.4 Вимоги до електричної міцності та опору ізоляції за ГОСТ 26104

5.1.4.1 Ізоляція між корпусом і ізольованими від корпусу по постійному струму електричними ланцюгами, на яких під час роботи встановлюється більше 27 В та доступ до яких можливий без розтину блоків підсистеми, повинна витримувати протягом 1 хв., дію випробувальної напруги змінного струму частотою 50 Гц із значенням $1,2 U_{роб}$.

5.1.4.2 Опір ізоляції монтажних ланцюгів живлення по відношенню до корпусу електронного блоку підсистеми повинна бути не менше 1 МОм в робочих умовах застосування.

5.2 Вимоги до конструктивного пристрою

5.2.1 У ланцюгах електроживлення електричних блоків підсистеми повинні бути встановлені плавкі запобіжники.

5.2.2 Електронний блок підсистеми повинен бути забезпечений роз'ємами для інтерфейсних кабелів, які відповідають вимогам ГОСТ 26003.

5.2.3 Електронний блок підсистеми повинен бути забезпечений можливістю вимкнення живлення, гніздом роз'єму живлення, запобіжником для живлення, роз'єм для підключення до шини стандартного інтерфейсу USB, клемами заземлення.

5.2.4 Усі написи згідно ГОСТ 26.020-80.

5.2.5 Комплектуючі вироби та матеріали повинні застосовуватися в режимах експлуатації, встановлених в стандартах і ТУ на них.

5.3 Вимоги до електроживлення

5.3.1 Живлення підсистеми має здійснюватися від промислової мережі змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220 В.

5.3.2 Робочі умови застосування:

- напруга (220 ± 10) В;
- граничне відхилення частоти мережі живлення ± 2 Гц;
- зміст гармонік - не більше 5%.

5.4 Вимоги до надійності

5.4.1 Підсистема повірки відноситься до відновлюваного класу виробів.

5.4.2 Середній час напрацювання на відмову має бути не менше 5000 год згідно з ГОСТ27883.

5.4.3 Середній термін служби повинен бути не менше 5 років.

5.4.4 Середній час відновлення повинен бути не більше 40 хв.

5.5 Вимоги безпеки при монтажі, експлуатації та ремонті

5.5.1 Підсистема повірки повинна відповідати вимогам безпеки за ГОСТ 26104 і ГОСТ 12.2.007.0.

5.5.2 Металеві частини підсистеми, доступні для дотику до них обслуговуючого персоналу, які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції і не мають інших видів захисту, підлягають захисному заземленню за ГОСТ 12.1.030. Повинні бути передбачені клеми для підключення захисного заземлення.

5.5.3 Всі зовнішні частини підсистеми повірки, що знаходяться під напругою, понад 42 В відносно корпусу, повинні бути захищені від випадкових дотиків під час роботи.

5.5.4 Підсистема повірки повинна мати світлову індикацію включення живлення мережі.

5.6 Вимоги до перешкодозахищеності

5.6.1 Підсистема повинна зберігати працездатність і метрологічні характеристики при впливі на неї індустриальних завад, що не перевищують норм, передбачених в «нормах допустимих індустриальних завад» (Норми 1-72 - 9-72).

5.6.2 Підсистема повірки не повинна бути джерелом індустриальних завад з рівнем, що перевищує вимоги ГОСТ 29216.

5.6.3 Засоби та методи, що застосовуються для захисту від завад повинні відповідати ГОСТ 30375-95, ГОСТ 30375-76.

5.7 Вимоги до засобів, методів і умов повірки

5.7.1 Умови проведення повірки повинні відповідати вимогам ГОСТ 8.395.

5.8 Додаткові вимоги

5.8.1 Підсистема повинна забезпечувати архівування в незалежній пам'яті результатів вимірів, обчислень і параметрів функціонування.

5.8.2 Підсистема повинна забезпечувати вивід вимірювальної, діагностичної, архівної інформації через інтерфейс USB.

6 ЕТАПИ РОЗРОБКИ

Етапи розробки, оформлення та узгодження дипломного проєкту наведено в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Етапи розробки дипломного проєкту

№ п/п	Найменування етапу	Дата
1	2	3
1	Розробка та узгодження технічного завдання	09.04.2020 р.
2	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	24.04.2020 р.
3	Проектування структурної схеми	01.05.2020 р.
4	Проектування функційної схеми	05.05.2020 р.
5	Проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу підсистеми	15.05.2020 р.
6	Аналіз похибок вимірювального каналу	25.05.2020 р.
7	Оформлення графічних матеріалів	27.05.2020 р.
8	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2020 р.
9	Попередній захист дипломного проєкту	07.06.2020 р.

Продовження таблиці 6.1

1	2	3
10	Рецензування дипломного проєкту	до 10.06.2020 р.
11	Захист дипломного проєкту	до 20.06.2020 р.

Всі ГОСТи, що використовуються в даному ТЗ на ДП, є чинними на території України.

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2			<u>Альбом 1</u>		
3					
4			<u>Текстова документація</u>		
5					
6			<u>Документація загальна</u>		
7					
8			<u>Заново розроблена</u>		
9					
10	A4	BM61.120004.001 ПЗ	Пояснювальна записка	107	
11					
12			<u>Документація</u>		
13			<u>по збірним одиницям</u>		
14					
15			<u>Заново розроблена</u>		
16					
17	A4	BM61.120004.001 ПЕЗ	Підсистема повірки ЗВТ	2	
18			для вимірювання тривалості		
19			телефонних розмов		
20			Перелік елементів		
21					
22	A4	BM61.120004.001 СП	Підсистема повірки ЗВТ	2	
23			для вимірювання тривалості		
24			телефонних розмов		
25			Специфікація		
26					
27					
28					
29					

					BM61.120004.001 ТП		
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Невгод Д. А.			Лім	Аркуш	Аркуші
Перев.		Добролюбова М.В.				1	2
Тех.контр		Добролюбова М.В.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. BM-61-2		
Н. конт.		Богомазов С.А.					
Затвер.		Єременко В.С.					
					Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов Відомість технічного проекту		

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Аркуші	Примітка
1					
2			<u>Альбом 2</u>		
3					
4			<u>Графічна документація</u>		
5					
6			<u>Заново розроблена</u>		
7					
8	A1	BM61.120004.001 E1	Підсистема повірки ЗВТ	1	
9			для вимірювання тривалості		
10			телефонних розмов		
11			Схема електрична		
12			структурна		
13					
14	A1	BM61.120004.001 E2	Підсистема повірки ЗВТ	1	
15			для вимірювання тривалості		
16			телефонних розмов		
17			Схема електрична		
18			функціональна		
19					
20	A1	BM61.120004.001 E3	Підсистема повірки ЗВТ	1	
21			для вимірювання тривалості		
22			телефонних розмов		
23			Схема електрична		
24			принципова		
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					

					Аркуш	
					BM61.120004.001 ТП	
					2	
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Підсистема перевірки ЗВТ для вимірювання
тривалості телефонних розмов»

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	4
ВСТУП.....	5
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИСТРОЇВ ТА СИСТЕМ	7
1.1 Загальні вимоги до повірочних комплексів	7
1.2 Методика оцінки вимірюваних величин	8
1.3 Системи та засоби для збору статистики при повірці СВТТР	10
1.3.1 Пульти каліброваних з'єднань МЛУЧ.422292.002.....	10
1.3.2 Формувачі телефонних з'єднань «ПРИЗМА»	11
1.3.3 Калібратор інтервалів часу КИВ-3М.....	15
1.3.4 GSM-шлюз SPRUT UNIVERSAL	16
1.3.5 Портативний комплекс (Мобільна станція).....	18
1.3.6 Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА».....	21
1.3.7 Системи вимірювання тривалості з'єднань SI3000.....	23
1.3.8 Система вимірювань тривалості з'єднань СВТЗ «Протон-ССС»	25
1.4 Аналоги складових підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов	27
1.4.1 Модуль SIM900	27
1.4.2 Модуль SIM800L	28
1.4.3 Модуль А6	29
1.4.4 Модуль А7	30
Висновок до розділу 1	31
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	32
Висновок до розділу 2.....	34
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІЙНОЇ СХЕМИ	35

					ВМ61.120004.001 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Невгод Д.А.</i>			Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Добролюбова М.В.</i>				2	107	
<i>Тех.контр</i>		<i>Добролюбова М.В.</i>				КПІ ім. Ігоря Сікорського ПФФ, гр. ВМ-61-2		
<i>Н. контр</i>		<i>Богомазов С.А.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Єременко В.С.</i>						

3.1	Опис функційної схеми.....	35
3.2	Опис технологій передачі інформації	36
	Висновок до розділу 3.....	38
4	ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ	39
4.1	Проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу для вимірювання тривалості телефонних розмов	39
4.2	Розрахунок подільника напруги	41
4.3	Лінійний регулятор напруги.....	42
4.4	UART(USART) у складі контролера ATmega2560.....	46
4.5	Таймери-лічильники у складі ATmega2560.....	49
4.6	Проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу для вимірювання температури	53
4.7	GSM модуль.....	57
	Висновок до 4 розділу.....	62
5	АНАЛІЗ ПОХИБОК.....	63
5.1	Похибка вимірювання часу.....	63
5.1	Похибка вимірювання температури	65
6	РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	68
6.1	Розробка алгоритму функціонування підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов	68
6.2	Організація інтерфейсу користувача.....	69
	Висновок до 6 розділу.....	80
	ВИСНОВКИ	81
	ЛІТЕРАТУРА	82
	ДОДАТОК А Акт впровадження	85
	ДОДАТОК Б Список публікацій.....	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

GSM – Global System for Mobile Communications (Глобальний стандарт цифрового мобільного стільникового зв'язку);

ЗВТ – засіб вимірювальної техніки;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер;

АТС – автоматична телефонна станція;

АПОС – апаратура почасового обліку сполучень;

СВТЗ – система вимірювання тривалості з'єднань;

СВТТР – система вимірювання тривалості телефонних розмов;

СООІ – система обліку обсягу інформації;

ПКЗ – пункт каліброваних з'єднань;

КІЧ – калібратор інтервалів часу;

ТАД – термінал абонентського доступу;

LAC – Local Area Code або Локальна зона;

БС – базова станція;

КЕ – керівництво з експлуатації;

ДМА – державна метрологічна атестація;

АСР – автоматизована система розрахунків;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція;

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Універсальний асинхронний приймач).

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Дипломний проєкт присвячений розробці підсистеми повірки засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для вимірювання тривалості телефонних розмов.

З метою забезпечення невинного та орієнтованого на сучасні тенденції розвитку інформаційно-телекомунікаційної сфери в Україні загалом і мобільного телефонного зв'язку, як одного з її різновидів, зокрема, необхідно постійно вживати заходів щодо застосування новітніх технологій, вдосконалення та створення парку відповідних технічних засобів, їх повірки та контролю. Саме це сприятиме конкурентоспроможності нашої країни на міжнародному рівні.

На сьогоднішній день оператори мобільного зв'язку значну увагу приділяють розширенню зони покриття, підвищенню рівня якості зв'язку, вдосконаленню можливостей засобів телекомунікацій і, надаючи свої послуги, першочергово враховують тривалість телефонного дзвінку для тарифікації абонентів.

Актуальність роботи пояснюється тим, що Кабінетом міністрів України затверджено ряд постанов, а саме: «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці» та «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки», згідно яких системи вимірювання тривалості телефонних розмов (СВТТР) входять до законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки і підлягають оцінці відповідності та періодичній повірці [1, 2].

Головною перевагою підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов, як складової автоматизованого повірочного комплексу для СВТТР та СООІ, є те, що вона надає можливість автоматизованої повірки засобів зв'язку та перевірки правильності тарифікації абонентів, уникаючи можливих неточностей у випадку впливу людського фактору на введення даних і отримання результатів повірки. Повірочні комплекси для СВТТР, на сьогоднішній день,

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазвичай, працюють в ручному або напівавтоматичному режимах. Автоматизовані комплекси як українського, так і закордонного виробництва мають надлишковий функціонал та достатньо високу вартість. Такий стан проблематики надав підставу щодо створення підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов на базі плати Arduino Mega 2560; GSM/GPRS модуля компанії SIMCom Wireless Solutions серії SIM800L, який є аналогом мобільного телефону, підтримує найсучасніші стандарти мобільного зв'язку і передачі даних, та цілий ряд АТ-команд; персонального комп'ютера (ПК). На ПК встановлене програмне забезпечення, за допомогою якого здійснюється керування комплексом та обробка результатів вимірювання.

Отже, об'єктом дослідження в даній роботі є комплекси для повірки систем тривалості телефонних розмов. Предмет дослідження – особливості і структура підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов. Мета дослідження – розробити підсистему повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов на базі модуля Arduino Mega, що сприятиме підвищенню продуктивності повірки, зменшенню вартості подібних комплексів (систем) та собівартості метрологічних робіт. Підсистема надає можливість вимірювати тривалість дзвінку, який в свою чергу в цьому ж каналі зв'язку вимірюється СВТТР оператора мобільного зв'язку. За рахунок порівняння вимірених значень проводиться оцінка метрологічних характеристик, які в свою чергу порівнюються з нормованими значеннями.

Розроблена підсистема є особливо актуальною для організацій і підприємств, які проводять оцінку відповідності та періодичну повірку СВТТР.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						6
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 ОГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Процедура повірки СВТТР зорієнтована на застосування еталонів одиниці часу. В ДП «Укрметртестстандарт» в якості робочих еталонів, які використовуються під час повірки СВТТР, належать пункт каліброваних з'єднань (ПКЗ), калібратор інтервалів часу (КІЧ) тощо.

ПКС (або КІЧ) калібрується за допомогою частотоміра CNT-90. У ПКС є режим «Повірка», в якому можна задавати довільну тривалість імпульсу (як правило 180 с). Частотомір CNT-90 має режим вимірювання тривалості імпульсу. Отже, вимірюючи тривалість імпульсу, яка генерується ПКС, калібрується ПКС. В данному випадку еталоном є частотомір CNT-90, який в свою чергу калібрується на Вторинному еталоні часу та частоти (ВЕТУ 07-01-03-10).

1.1 Загальні вимоги до повірочних комплексів

Вимоги до точності вимірювання повірочними комплексами:

- вимір тривалості з'єднання (сеансу зв'язку) (точність вимірювання ± 1 с);
- вимір різниці (розбіжності) шкал часу в мережах оператора зв'язку щодо шкали координованого часу (точність вимірювань $\pm 0,3$ с).

Проблема, яка має бути вирішена, це повірка чи калібрування спеціалізованих часових приймачів сигналів. Такі приймачі масово використовуються у різних телекомунікаційних системах, зокрема в системах мобільного зв'язку для синхронізації мереж різного рівня. Вони видаються за технологічні елементи з метою уникнути процедур метрологічної атестації, що є прямою спробою виділити ці мережі з системи забезпечення єдності вимірювань.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Методика оцінки вимірюваних величин

При проведенні перевірки СВТТР, яка працює в стандарті GSM900/1800 чи UMTS, можуть бути використані термінали абонентського доступу (ТАД) типу SPRUT Universal, виробництва компанії R-COM, Україна, або аналогічні. При цьому термінали для роботи в стільниковій (мобільній) мережі оператора (замовника перевірки), мають комплектуватися персональними індивідуальними ідентифікаційними модулями абонента – SIM-картами.

Для виконання робіт повірникові надаються SIM-картки, що відповідають вільним номерам даної мережі стільникового (мобільного) зв'язку, а також інструкцію для користувача.

Кожна СВТТР, що подається на перевірку, входить до загальної мережі стільникового (мобільного) зв'язку оператора (замовника). Оскільки така СВТТР обслуговує обмежену кількість абонентів, оператори стільникового (мобільного) зв'язку вводять в експлуатацію більшу кількість таких СВТТР. Таким чином, існує задача, яка полягає в тому, щоб ідентифікувати необхідну для проведення перевірки СВТТР з метою виконання тестових дзвінків саме в зоні дії даної, а не сусідніх СВТТР, які теж створюють зону покриття стільникового (мобільного) зв'язку в цій точці місцевості.

Розв'язок такої задачі полягає в тому, що згідно принципу стільникового (мобільного) зв'язку, кожна СВТТР має обмежений діапазон LAC (Local Area Code або Локальна зона). Його номер є унікальним, він транслюється на кожний абонентський мобільний термінал, що зареєстрований в центрі комутації.

Локальна зона – це сукупність базових станцій (БС), які обслуговуються одним BSC - контролером базових станцій. У тимчасовому реєстрі оператора зв'язку міститься інформація про те, в якому саме LAC знаходиться кожен його абонент або абонент іншого оператора (який знаходиться у роумінгу). При виклику цього абонента сигнал надсилається по контрольних каналах всіх

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

секторів всіх БС цієї ЛАС. І якщо мобільний термінал не пропав з мережі або не був відключений, то він цей сигнал приймає і на нього здійснює відгук. Коли мобільний термінал переходить в іншу ЛАС, він реєструється в ній, так само працює і мобільний телефон, періодично реєструючись в одній ЛАС.

Для того, щоб зареєструвати SIM-карту в СВТТР, а також для періодичного контролю наявності реєстрації в певному ЛАС, необхідно використовувати мобільний термінал зі спеціальним програмним забезпеченням або з нетмонітором. Для цього треба користуватись керівництвом з експлуатації (КЕ) на термінал, або інструкцію по роботі з АТ-командами для ТАД і ПК з необхідним обладнанням для підключення. Для цього повірник повинен використовувати принципи користування нетмонітором та АТ-команди для основних ТАД.

У результаті, у замовника необхідно вимагати дані про тестові дзвінки, які містять не тільки інформацію про дату події, тривалість дзвінка, номер вихідного абонента, номер вхідного абонента, час, але і інформацію про ЛАС. Таким чином, повірник повинен виконувати обробку результатів тільки тих дзвінків, діапазон ЛАС яких відповідають зоні дії СВТТР, що перевіряється. З'єднання КІЧ з абонентами А і В даної СВТТР (рис. 1.1).

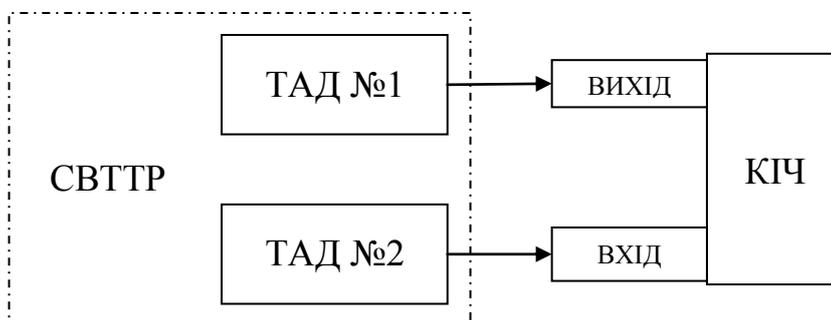


Рисунок 1.1 – Блок-схема з'єднання КІЧ з абонентами А і В даної СВТТР

Якщо надані дані відповідають контрольним вимірюванням в секундах, то результат перевірки є позитивним, для значень, які задавались під час перевірки працездатності СВТТР.

В випадку, коли вибірку даних перевірки працездатності неможливо отримати зразу, можна проводити вимірювання, а результати перевірки працездатності дослідити пізніше (протягом години).

Якщо результати перевірки працездатності отримують з затримкою, необхідно перевірити всі результати повірки, з початку досліджень до моменту отримання результатів перевірки працездатності. Якщо результати контрольних вимірювань відсутні або некоректні, то необхідно повторити процедуру перевірки працездатності знову. При повторній перевірці працездатності необхідно дочекатись її результатів і перевірити їх коректність, якщо отримані результати коректні, то можна розпочати державну метрологічну атестацію (ДМА). У випадку відсутності результатів вимірювань виконаних в ході ДМА, які були виконані після перших контрольних вимірювань та не відповідають необхідним параметрам, або були не коректно сприйняті СВТТР, процедуру ДМА необхідно розпочати знову.

1.3 Системи та засоби для збору статистики при повірці СВТТР

1.3.1 Пульт каліброваних з'єднань МЛУЧ.422292.002

Пульт МЛУЧ.422292.002 призначений для встановлення заданої кількості з'єднань з каліброваною тривалістю часу розмовного стану.

Основні властивості пульта:

- пульт може використовуватися для проведення метрологічної атестації;
- повірки;
- метрологічного нагляду будь-яких систем погодинного обліку вартості (СПОВ) місцевих і міжміських телефонних розмов.

Пульт виготовлений у вигляді переносного корпусу з пластмаси, що складається з фронтальної і задньої кришок, з'єднаних між собою 4 гвинтами. До задньої кришки кріпиться плата з закріпленими роз'ємами для підключення ПКЗ, до передньої – клавіатура і індикатор.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній вигляд ПКЗ представлений на (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд ПКЗ

На АТС пульт може використовуватися для проведення серії дозвонів, і в якості тренера, відстежуючи при цьому отримання сигналу «контроль посилки виклику».

ПКС має можливість здійснювати набір номера тональним і імпульсним способом, працювати на всіх типах АТС. ПКЗ також веде протокол виконання завдання.

Система оснащена великою кількістю режимів роботи, що є безперечною перевагою, проте, щоб з його допомогою здійснювати перевірку, необхідні висококваліфіковані вузькопрофільні спеціалісти для того, аби правильно налаштувати систему, мати навички роботи з даними режимами та уникнути помилок при повірці.

1.3.2 Формувачі телефонних з'єднань «ПРИЗМА»

Формувачі телефонних з'єднань «ПРИЗМА» розроблені для контролю систем вимірювання тривалості з'єднань (СВТЗ), які використовуються в телекомунікаційних системах [3]. Термін СВТЗ об'єднує в собі, як інтегровані

програмно реалізовані системи, так і апаратні пристрої, які раніше були відомі, як АПОС (апаратура почасового обліку сполучень) (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Формувачі телефонних з'єднань «ПРИЗМА»

Дані прилади представляють собою програмно-апаратні системи, кожна з яких складається з блоку формувача, а також керуючого комп'ютера з пакетом спеціального прикладного програмного забезпечення (ПЗ) PRIZMA, яке функціонує лише в середовищі WINDOWS-9X.

Прилади реалізовані на процесорах цифрової обробки сигналів ADSP-2181, PLM Altera і мікросхемах високого ступеня інтеграції, широко використані також SMD-компоненти.

Прилади випускаються в двох модифікаціях, які відрізняються кількістю інформаційно-вимірювальних каналів і конструктивним виконанням блоку формувача:

- «ПРИЗМА» 4a2.770.061 (8 інформаційно-вимірювальних каналів);
- «ПРИЗМА-16» 4a2.770.064 (16 інформаційно-вимірювальних каналів).

Зв'язок приладів з керуючим комп'ютером здійснюється через COM-порт або по USB-шині, можливо також підключення через модем. Великою перевагою є те, що прилади підключаються до абонентських телефонних ліній і дозволяють

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

встановлювати до 8-и (для «Призми») і до 16-и (для «Призми-16») телефонних з'єднань одночасно.

Прилади забезпечують достатньо високу автоматизацію процесу випробувань та перевірки системи вимірювання тривалості з'єднань.

Основні функції приладів:

- ініціалізація спеціального ПЗ від керуючого комп'ютера із попередньо встановленим в нього пакетом ПЗ PRIZMA;
- виконання програми вимірювань з заданими оператором вихідними даними, включаючи:
 - визначення яким саме способом відбувається підключення приладів до керуючого комп'ютера;
 - вибір типу автоматичної телефонної станції (АТС) або комутатора, до яких підключені прилади;
 - вибір типу набору номера (імпульсний або частотний), параметрів набору номера і критеріїв розпізнавання сигналів;
 - вибір та встановлення власних мережевих телефонних номерів для виконання операції перевірки;
 - завдання параметрів для кожного етапу вимірювань і завдання програми вимірювань – вибір кількості етапів, числа і тривалості телефонних з'єднань;
 - вибір типу систем для вимірювання тривалості телефонних розмов і завдання даних для каналу зв'язку для систем вимірювання тривалості з'єднань;
 - читання файлів даних за встановленими викликами від систем вимірювання тривалості з'єднань.

Основні технічні характеристики:

- кількість вимірювальних каналів: до 16;
- спосіб набору номера: імпульсний / частотний;
- зв'язок з комп'ютером через USB-інтерфейс або через COM-порт;
- старт в заданий час;
- автоматичний процес випробувань;

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- зберігання та друк отриманих результатів;
- запис і візуалізація циклограм з'єднань;
- статистична обробка результатів випробувань;
- визначення похибки вимірювань систем вимірювання тривалості з'єднань;
- визначення довірчих інтервалів ймовірності перевищення заданої похибки вимірювань тривалості;
- визначення середньоквадратичного відхилення похибки вимірювань даної системи.

Обробка та видача таких результатів вимірювань:

- похибки систем вимірювання тривалості з'єднань при вимірюванні тривалості з'єднань (розмовного стану);
- середньоквадратичного відхилення похибки;
- верхньої і нижньої границь ймовірності того, що похибка не перевищує заданої;
- довірчих інтервалів систематичної і випадкової складових похибки і ймовірність недостовірної роботи.

Параметри імпульсного набору номера:

- період імпульсу в серії: $(100 \pm 0,5)$ мс;
- імпульсний коефіцієнт: 1,4-1,6;
- межсерійний інтервал (400 - 1000) мс.

Робочі умови застосування:

- температура навколишнього повітря: від 10 до 40 ° С;
- відносна вологість повітря, при температурі 25 ° С: 90 %;
- атмосферний тиск: від 84 до 106,7 кПа;
- середнє напрацювання на відмову приладу: не менше 10000 годин;
- середній термін служби приладу: не менше 8 років;
- живлення: від мережі змінного струму (220 ± 22) В, $(50 \pm 0,5)$ Гц.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						14
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Метрологічні характеристики:

- діапазон формування тривалості телефонних з'єднань для повірки від 1 с до 10800 с;
- границя похибки при формування тривалості телефонних з'єднань в діапазоні від 1 с до 3600 с, не більше $\pm 0,25$ с;
- границя похибки при формування тривалості телефонних з'єднань в діапазоні від 3601 с до 10800 с, не більше $\pm 0,5$ с.

Недоліком даної системи є те, що ПЗ PRIZMA, функціонує лише в середовищі WINDOWS-9X, що на даний момент є доволі застарілим і не використовується на більшості сучасних підприємств.

1.3.3 Калібратор інтервалів часу КИВ-3М

Калібратор інтервалів часу (рис. 1.4) призначений для налаштувань і досліджень систем вимірювання інтервалів часу, зокрема повірки систем вимірювання тривалості телефонних розмов, встановлених на міських і міжміських автоматичних телефонних станціях (АТС), переговорних пунктах, центрах комутації мобільного зв'язку [4].



Рисунок 1.4 – Калібратор інтервалів часу КИВ-3М

Областю його застосування є лабораторії державного нагляду за засобами вимірювальної техніки, ремонтні організації та організації, які займаються розробкою.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Технічні характеристики:

- має можливості набору телефонних номерів, що складаються від 1 до 11 цифр;
- регульована пауза, що вводиться після набору цифри 8 при роботі по міжміській лінії, тривалістю від 0,1 с до 99,9 с;
- можливість повторювань набору номеру: у кількості від 1 до 9999;
- кількість формувань розмов: від 1 до 9999;
- тривалість інтервалу часу, формованого калібратором: від 0,1 с до 99999,9 с.
- абсолютна похибка формування тривалості інтервалу часу: не більше 0,1 с.
- рекомендована напруга живлення: напруга змінного струму 220 В частотою 50 Гц;
- термін придатності: не менше 5 років.

Проте система має недоліки: завеликі габарити, а також необхідність ручного вводу номерів, що не виключає можливість похибки.

1.3.4 GSM-шлюз SPRUT UNIVERSAL

Основне завдання GSM-шлюзу SPRUT UNIVERSAL – зв'язати між собою GSM-мережу і лінію міської або офісної АТС таким чином, щоб зменшити витрати абонентів під час дзвінку з однієї мережі на іншу (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – GSM-шлюз SPRUT UNIVERSAL

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Підключивши шлюз до міської телефонної лінії, з'являється можливість:

- приймати міські дзвінки на своєму мобільному телефоні;
- здійснювати вихідні дзвінки в міську АТС за внутрішньомережевим тарифом.

Застосування міжмережевого шлюзу SPRUT з міні-АТС дозволяє внутрішнім абонентам міні-АТС отримати прямий доступ до мережі і, навпаки, мобільним абонентам здійснювати дзвінки безпосередньо в локальну телефонну мережу міні-АТС (або міську мережу). Крім того, SPRUT є заміною фіксованого телефонного зв'язку, в разі якщо проведення такої лінії ускладнене або неможливе.

Підключивши пристрій до будь-якого телефонного апарату або міні-АТС, можна приймати і здійснювати дзвінки через GSM мережу.

Додатково GSM-шлюз SPRUT UNIVERSAL дозволяє:

- забезпечити вибір доступу, як мобільних абонентів до стаціонарної мережі, так і абонентів стаціонарної мережі до мобільної, за рахунок формування списків користувачів в пам'яті пристрою;
- організувати конференц-зв'язок між абонентами системи;
- вести облік дзвінків і абонентів: дані про всі з'єднання, вироблені GSM-шлюзом, зберігаються в пам'яті пристрою, це дозволяє отримати наочні звіти про дзвінки абонентів.
- за допомогою білінгової системи можна змоделювати витрати при переході на інший тарифний план мобільного оператора і ухвалити рішення який саме оператор або тарифний план оптимальний.
- підключити охоронні датчики, в разі спрацювання одного з датчиків проводиться дозвон на 4-х абонентів, система голосом повідомляє, який з датчиків спрацював;
- визначати номер телефону абонента (Caller ID).

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обслуговування пристроєм телефонних з'єднань між мобільними і абонентами стаціонарного зв'язку здійснюється завдяки вбудованому програмному забезпеченню. Програмне забезпечення дозволяє налаштовувати Sprut за допомогою ПК, а також команд, що вводяться з клавіатури мобільного або стаціонарного телефонів. GSM-шлюз SPRUT UNIVERSAL містить ряд переваг, проте для даної задачі перенасичений зайвим функціоналом.

1.3.5 Портативний комплекс (Мобільна станція)

Такий засіб для перевірки складається із портативних комплексів, або мобільних станцій для безпосереднього проведення вимірювань в ході тестдрайвів та може бути представлений у вигляді окремих мобільних терміналів QualiPoc, портативного комплексу на базі платформи FreeRider II, або FreeRider III, мобільної платформи на базі Benchmarker II, проміжних серверів, які забезпечують «транспорт» та належать операторам ЦСЗ (SMS Server) Замовнику, або незалежному провайдеру (HTTP або HTTPS Server), та стаціонарної частини що складається із Сервера Системи (NQDI + NQView + NQWeb) та одного чи декількох клієнтських робочих місць (NQDI Client_+ Controlling PC+NQWeb Browser client). База даних та результати вимірювань (SQL DB file + NQView + NQDI) зберігаються на сервері. Загальна структура системи наведена на рисунку 1.6.

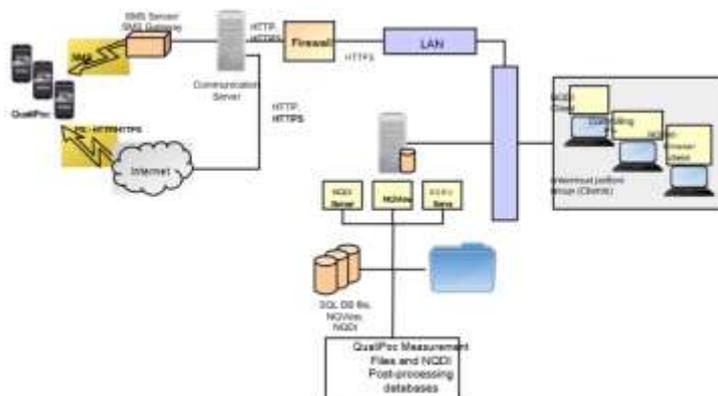


Рисунок 1.6 – Структура загальної побудови вимірювальної системи

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Портативний комплекс реалізований за допомогою тестових мобільних терміналів моделі Sony Xperia XZ Premium та сканеру мереж мобільного зв'язку типу R&S TSME, що встановлені у пластиковий бокс [5]. Для того аби забезпечити керування та автоматизацію вимірювань використовується планшет із встановленим необхідним прикладним програмним забезпеченням. Бокс керування встановлюється в спеціальний рюкзак типу FreeRider III, який надає можливість для безпечного та надійного перенесення (перевезення) всього портативного мобільного комплекту, що забезпечує його встановлення та використання як у звичайному автомобілі, так і в портативному варіанті (рис. 1.7). Даний комплекс є найбільш сучасним з усіх попередньо розглянутих і надає найбільші можливості та діапазон дослідження тривалості телефонних розмов, а також формування звітності, передачі та зберігання інформації про повірку.



Рисунок 1.7 – Портативний комплекс (Мобільна станція)

Живлення обладнання здійснюється від акумуляторів, які попередньо вмонтовують на борт FreeRider III.

Система гарантовано отримує електропостачання мобільного комплекту, а також електроживлення всього комплекту обладнання, як від системи бортового електроживлення автомобіля 12 В так і від зовнішньої електромережі змінного

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

струму напругою 220 В 50 Гц, а також від внутрішніх акумуляторних батарей комплекту.

Таким чином забезпечено практично безперерійну роботу системи в умовах транспортування та забезпечено можливість незалежності від мережевої напруги на досить тривалі проміжки часу під час роботи.

Комплект батарей забезпечує безперерійну роботу мобільного комплекту в автомобілі, що гарантує роботу під час пуску автомобіля або короткочасного відключення живлення мінімум 6 годин, також забезпечена можливість підзарядки акумуляторів від бортової мережі автомобіля на мобільному комплексі безпосередньо під час вимірювань, роботу обладнання всередині і зовні рюкзака. Для того, аби уникнути необхідності переривання сесії вимірювання тривалості телефонних розмов.

Також постачаються кабелі підключення до електроживлення (в тому числі від бортової мережі автомобіля), засоби захисту обладнання у разі змін струму електромереж (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Комплект засобів електроживлення

В конфігурацію Вимірювальної системи включено 6 тестових мобільних терміналів моделі Sony Xperia XZ Premium для можливості одночасного тестування трьома парами (наприклад мереж 3 операторів), призначених для роботи в мережах GSM 900/1800/ UMTS /LTE, на швидкостях не менше

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

визначених у LTE Category 16 для абонентських пристроїв, з підтримкою режиму автоматичного вибору мережі (Dual mode), кодеків HR, FR, EFR, AMR HR, AMR FR, AMR QR (VAMOS), AMR, AMR WB і функціональність GPRS, EDGE, HSPA, HSPA+, DC HSPA+, LTE. Тестування однієї мережі здійснюється з'єднанням двох тестових мобільних терміналів. До складу мобільних терміналів включені опції програмного забезпечення:

- програмне забезпечення терміналу для виконання процедур оцінки якості QualiPoc Android Software for Quality Assessment;
- програмне забезпечення терміналу для виконання процедур оцінки якості передачі SMS, MMS, Email, з IP Trace для MMS та Email;
- програмний модуль підтримки аналізу якості відео з YouTube для Android-пристроїв Video MOS J.343.1 Scenario for YouTube: for Android smartphones.

Забезпечена можливість безперервного автономного проведення вимірювань всередині будівель і в пішохідних зонах у русі тривалістю до 6 годин з використанням вбудованого або зовнішнього акумулятора з можливістю гарячої заміни із збереженням лог-файлів для подальшої їх обробки.

Для управління портативним мобільним комплексом до його складу включено пульт дистанційного керування із встановленим програмним забезпеченням на базі планшету із забезпеченням накопичення та збереження даних проведених вимірювань.

Портативна станція має ряд переваг, проте недоліки її в тому, що вона має великі габарити, зайву функціональність, а також занадто високу вартість порівняно з іншими системами.

1.3.6 Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА»

Пристрій для формування з'єднань універсальний [6] «СІГМА» є засобом вимірювань і зареєстрований в Державному реєстрі засобів вимірювальної

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

техніки РФ. Даний пристрій є багатоканальним програмно-апаратним комплексом (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 – Пристрій для формування з'єднань універсальний «СІГМА»

Він забезпечує, в залежності від типу повірки, такі процеси:

- формування необхідної кількості телефонних дзвінків із заданою тривалістю дзвінка у режимі розмови, причому, одночасно може встановлюватися до 8 з'єднань;

- прийом вхідних дзвінків, які ініціюються з таксофонів, вимір тривалості дзвінка у режимі розмови, і порівняння її з тривалістю оплаченого періоду, з метою визначення похибки;

- визначення метрологічних характеристик приладів, що випробовуються і порівняння їх з нормованими значеннями.

Відповідно до різноманіття обладнання, що використовується на мережах зв'язку, і великою кількістю різних технологій прилад «СІГМА» забезпечує наступні варіанти доступу до обладнання, яке необхідно випробувати:

- по двопровідним абонентським лініям (телефонні з'єднання, виклики від таксофонів);

- за технологією Fast Ethernet (передача даних, SIP-телефонія);

					<i>ВМ61.120004.001 ПЗ</i>	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за технологією GSM / UMTS / LTE (передача даних, телефонні з'єднання, виклики від мобільних телефонів).

Таким чином, для проведення перевірки СВТЗ / СВПД прилад «СІГМА» по кожній із зазначених технологій може або формувати телефонні з'єднання заданої тривалості, або приймати дзвінки і вимірювати тривалість вхідного з'єднання .

При поставці прилад «СІГМА» може містити всі перераховані вище опції роботи або будь-який їх набір, за вибором замовника.

Перевагою приладу є те, що при формуванні заданої кількості телефонних з'єднань із заданою тривалістю розмовного стану одночасно може встановлюватися 8 з'єднань. Проте за рахунок великої кількості складових, систему досить не зручно транспортувати.

1.3.7 Системи вимірювання тривалості з'єднань SI3000

Системи вимірювання тривалості з'єднань СВТЗ SI3000 IMS, далі СВТЗ, призначені для вимірювання тривалості телефонних з'єднань з метою отримання вихідних даних для розрахунку їх вартості [7].

СВТЗ входить доам складу програмно-апаратних комплексів обладнання виробництва фірми «Iskratele, Telekomunikacijski sistemi d.o.o., Kranj», Словенія, систем: СВТЗ SI3000 IMS, версія ПО 4.C, що реалізує функції:

- Комбінованої автоматичної міжміської телефонної станції (АМТС) або автоматичної телефонної станції (АТС);
- міської АТС;
- сільської АТС;
- засновницької-виробничої АТС.

Область застосування – електрозв'язок.

СВТЗ SI3000 IMS являє собою функціональну систему вимірювання тривалості телефонних з'єднань абонентів за допомогою систем АТС типу SI3000 IMS.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматизовані системи розрахунків з абонентами (АСР).

Облікова інформація містить відомості:

- про джерело і про приймачі виклику;
- дата і час початку розмови, закінчення розмови;
- тривалість розмови.

Конструктивно обладнання виконано за модульним принципом: плата-касета-касетний модуль-штатив і розміщується в шафі. Корпус обох типів платформ має механічний захист, який виключає можливість зовнішнього навмисного або ненавмисного втручання. Доступ до процесора виключений конструкцією за допомогою одноразової наклеєної етикетки з фірмовим знаком. Прикладне програмне забезпечення забезпечує встановлення, контроль, реєстрацію і тарифікацію викликів, управління послугами передачі даних, голосовими і мультимедійними послугами, виконання додаткових послуг, маршрутизацію викликів і спільну роботу різних систем сигналізації.

Технічні дані

- межі допустимої абсолютної похибки вимірювання тривалості телефонних з'єднань ± 1 с;
- ймовірність неправильної тарифікації телефонного з'єднання, не більше 0,0001.

Проте за рахунок того, що обладнання зроблено за модульним принципом: плата-касета-касетний модуль-штатив, який розміщується в шафі, то головним недоліком є те, що для його розміщення необхідно велике приміщення, а також воно не портативне і немає можливості транспортувати його під час повірки.

1.3.8 Система вимірювань тривалості з'єднань СВТЗ «Протон-ССС»

Система вимірювань тривалості з'єднань (СВТЗ «Протон-ССС») призначена для вимірювань та обліку тривалості телефонних з'єднань, що обробляються цифровими АТС «Протон-ССС» (ЦАТС «Протон-ССС») з метою отримання

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вихідних даних для автоматизованої системи розрахунку вартості розмов з користувачами послуг зв'язку.

СВТЗ «Протон ССС» (рис. 1.11) призначена для використання в складі ЦАТС «Протон ССС» (в засновницькій виробничій підстанції ГАТС) на взаємопов'язаній мережі зв'язку Російської Федерації, а також на різних відомчих, галузевих і корпоративних телефонних мережах [8].



Рисунок 1.11 – Система вимірювань тривалості з'єднань СВТЗ «Протон-ССС»

СВТЗ «Протон-ССС» є функціональною системою, що використовує апаратні і програмні засоби ЦАТС «Протон-ССС», яка не має власних блоків і плат.

Основні функції СВТЗ «Протон-ССС»:

- вимірювання тривалості та реєстрація параметрів з'єднань з метою врахування вартості місцевих і міжміських розмов, користування додатковими послугами, виклик платних спецслужб;
- збір докладної облікової інформації, управління тарифікацією;
- статистична обробка даних про що відбулися розмови, розподіл навантаження, розподіл кількості і тривалості розмов та інших параметрів;
- сортування первинної облікової інформації за видами зв'язку, номерами абонентів, списками абонентів, за номерами пучків по заданій тривалості розмов;
- архівація облікових даних і передача накопиченої облікової інформації в ПК автоматизованої системи розрахунків (АСР) через інтерфейс RS-232.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

СВТЗ «Протон-ССС» вимірює тривалість телефонних з'єднань і реєструє при обліку докладні дані з'єднань: номери абонентів та початок розмови (дата, час), тривалість розмови.

СВТЗ «Протон-ССС» вимірює тривалість і враховує дані телефонних з'єднань в файлах докладного обліку з'єднань у також в файлах обліку з'єднань для таксофонів.

Проте, технології, за якими він працює вже досить застарілі, тобто на даний момент не можна стверджувати, що перевірка за допомогою цього засобу є коректною.

1.4 Аналоги складових підсистеми перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов

З метою здешевлення ціни розробки при збереженні належної якості було прийнято рішення щодо створення підсистеми перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов на базі плати Arduino та GSM-модулю [9, 10]. Дані складові мають доволі багато модифікацій, тому доцільно порівняти їх характеристики для вибору найбільш оптимального рішення.

1.4.1 Модуль SIM900

Модуль SIM900 (рис. 1.12) використовується в різних автоматизованих системах [14].



Рисунок 1.12 – Модуль SIM900

За допомогою інтерфейсу UART здійснюється обмін даними з іншими пристроями. Модуль забезпечує можливість здійснення дзвінків, обмін текстовими повідомленнями. Робота модуля реалізується на компоненті SIM900, створеним фірмою SIMCom Wireless Solution.

Технічні характеристики:

- діапазон напруг: 4,8-5,2 В;
- у звичайному режимі струм досягає 450 мА, максимальний струм в імпульсному режимі 2 А;
- підтримка 2G;
- потужність передачі: 1 Вт 1800 і 1900 МГц, 2 Вт 850 і 900 МГц;
- є вбудовані протоколи TCP і UDP;
- GPRS multi-slot class 10/8;
- робоча температура від -30С до 75С.

Недоліком є те, що немає можливості під'єднати антену, а отже неможливо забезпечити високу стабільність виклику.

1.4.2 Модуль SIM800L

Модуль виконаний на основі компонента SIM800L (рис. 1.13) і використовується для відправки смс, реалізації дзвінків і обміну даними по GPRS [15].



Рисунок 1.13 – Модуль SIM800L

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

У модуль встановлюється мікро сім карта. Пристрій володіє вбудованою антеною і роз'ємом, до якого можна підключати зовнішню антену. Живлення до модуля надходить від зовнішнього джерела або через DC-DC перетворювач. Управління здійснюється за допомогою комп'ютера через UART, Arduino, Raspberry Pi або аналогічні пристрої.

Технічні характеристики:

- діапазон напруг: 3,7 - 4,2 В;
- підтримка 4х діапазонної мережі 900/1800/1900 МГц;
- GPRS class 12 (85.6 кБ / с);
- максимальний струм: 500 мА;
- підтримка 2G;
- автоматичний пошук в чотирьох частотних діапазонах;
- робоча температура: від -30° С до 75° С.

1.4.3 Модуль А6

Модуль А6 розроблений фірмою AI-THINKER в 2016 році [16]. Пристрій використовується для обміну смс-повідомленнями і обміну даними по GPRS. Плата відрізняється низьким споживанням енергії і малими розмірами (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 – Модуль А6

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Технічні характеристики:

- діапазон напруг: 4,5 - 5,5 В;
- живлення: 5 В;
- діапазон робочих температур: від -30° С до 80° С;
- максимальне споживання струму 900 мА;
- GPRS Class 10;
- підтримка протоколів PPP, TCP, UDP, MUX.

Проте модуль використовує уже застарілі стандарти зв'язку, тому у нових системах не використовується.

1.4.4 Модуль А7

А7 є новітнім модулем від фірми AI-THINKER [17]. У порівнянні зі своїм попередником А6 має вбудований GPS, що дозволяє спрощувати конструкцію пристрою (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Модуль А7

Технічні характеристики:

- діапазон робочих напруг: 3,3-4,6 В;
- напруга живлення: 5 В;
- частоти 850/900/1800/1900 МГц;
- GPRS Class 10: макс. 85.6 кбіт;

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- придушення шумів.

Але порівняно з іншими модулями, А7 не підтримує більшість нових АТ-команд для налаштування зв'язку.

Висновок до розділу 1

Аналогічні технічні рішення, які були розглянуті, показали, що існуючі комплекси досить часто не зручні у транспортуванні або працюють на застарілому та дуже вузькопрофільному програмному забезпеченні, а також не є повністю автоматизованими, що призводить до втрати часу та можливої наявності помилок людей, які здійснюють перевірку; деякі з них мають надлишкові функції для обраної методики перевірки та ЗВТ, наявність яких впливає як на якість робіт, так і на вартість комплексів в цілому, при цьому деякі ЗВТ, що входять до їх складу, неможливо придбати за теперішніх умов. Саме тому було прийнято рішення розробити повірочний комплекс, до складу якого входить підсистема перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов, який дозволить поєднати у собі переваги сучасних технологій та уникнути недоліків, які є у конкурентів.

Для цього було вирішено розробити підсистему перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов на базі модуля Arduino Mega, який є безперечним лідером серед аналогів за кількістю пам'яті – 256 кБ, числом виводів – 54 цифрових та 16 аналогових, новизною та швидкодією, а також GSM/GPRS модуля SIMCom Wireless Solutions серії SIM800L, який відповідає всім зазначеним вимогам технічного завдання і забезпечує відповідні точність та якість, а також великий набір АТ-команд для керування. Створення такої підсистеми в рамках розроблюваного повірочного комплексу надає можливість усунути надлишкові функції аналогічних систем (комплексів), а також допомагає знизити ймовірність помилок персоналу, який здійснює перевірку, зменшити собівартість метрологічних робіт за рахунок скорочення часу роботи персоналу.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов необхідна для оцінки правильності тарифікації постачальниками послуг мобільного зв'язку абонентів, в залежності від їх тарифного плану та тривалості дзвінка.

Основний принцип роботи системи – здійснення визначеної кількості дзвінків заданої тривалості та збереження інформації про них на ПК для подальшої обробки результатів та розрахунку похибки. [18, 19]

Структурна схема підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов (рис. 2.1)

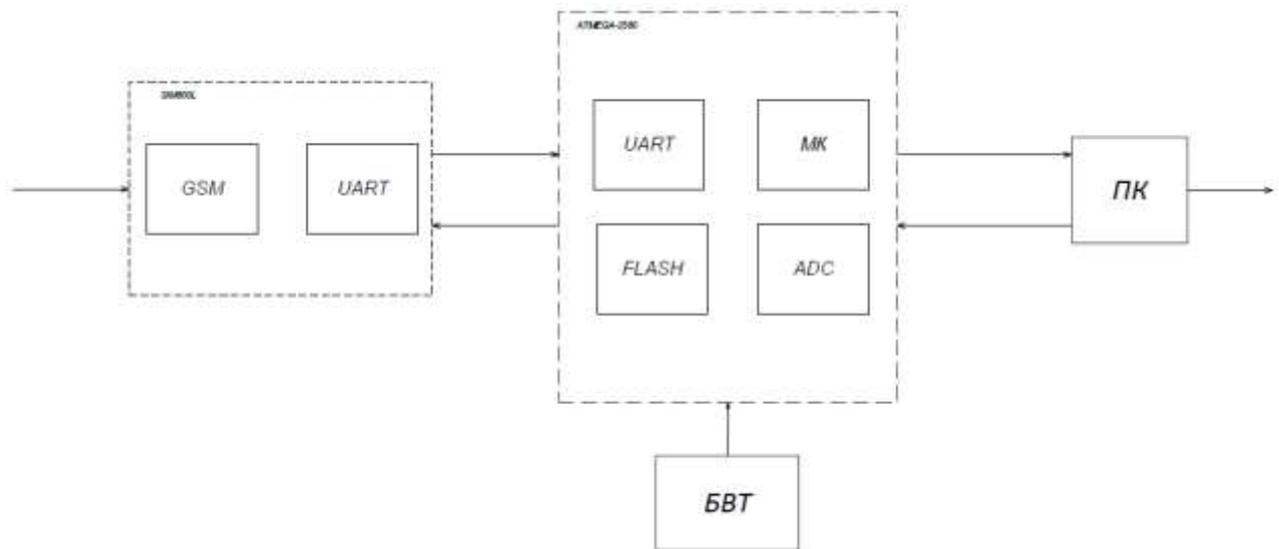


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних

На схемі позначено:

GSM – GSM модуль;

UART – універсальний асинхронний приймач/передавач;

FLASH – різновид пам'яті EEPROM;

MK – мікроконтролер;

ADC – аналогово-цифровий перетворювач;

БВТ – блок вимірювання температури;

ПК – персональний комп'ютер;

Система комплексу, спроектована за модульним принципом побудови, містить:

- модуль управління і обробки даних (ATMEGA-2560);
- персональний комп'ютер (ПК);
- GSM модуль SIM800L (SIM800L);
- БВТ – блок вимірювання температури.

Під час проведення метрологічних робіт за допомогою підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов повірник, через інтерфейс користувача, на персональному комп'ютері, задає номер телефону, за яким повинні бути здійснені дзвінки, їх тривалість та кількість наборів номеру.

Дзвінків може бути декілька. Ці дані передаються через канал зв'язку в мікроконтролер плати Arduino, який з GSM модулем є аналогом мобільного телефону. Мікроконтролер, за допомогою AT-команд управління GSM модулем, підключається до мережі стільникового зв'язку, здійснює дзвінок заданої тривалості та перериває виклик, при цьому інформація про дзвінки зберігається у файлах на комп'ютері для подальшої обробки.

Як тільки закінчиться заданий час дзвінка, мікроконтролер повинен відключити з'єднання та виклик перерветься. Це потрібно для того, щоб розділити сесії, за якими мобільний оператор надасть дані. Таким чином може бути здійснено будь-яку кількість дзвінків певної тривалості, яка задається на початку повірки.

У протоколі фіксується задана кількість часу для кожного дзвінка, а також час початку та кінця сесії. Після закінчення повірки, повірник запитує у мобільного оператора дані про сесію, час та тривалість дзвінків і розраховує похибки. Блок вимірювання температури призначений для того, щоб врахувати поправку на температурну залежність підсистеми повірки та СВТТР, що

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повіряється. Сполучення повірочної системи з комп'ютером надає можливість швидко отримувати, обробляти та зберігати для подальшого використання великі обсяги інформації. [20, 21]

Висновок до 2 розділу

Розроблена структурна схема відповідає вимогам технічного завдання, керуючись нею можна перейти до розробки функційної схеми підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов.

					<i>ВМ61.120004.001 ПЗ</i>	Аркуш
						34
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІЙНОЇ СХЕМИ

3.1 Опис функційної схеми

Функційна схема підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов розроблена відповідно до структурної схеми. Функційна схема приведена на (рис. 3.1).

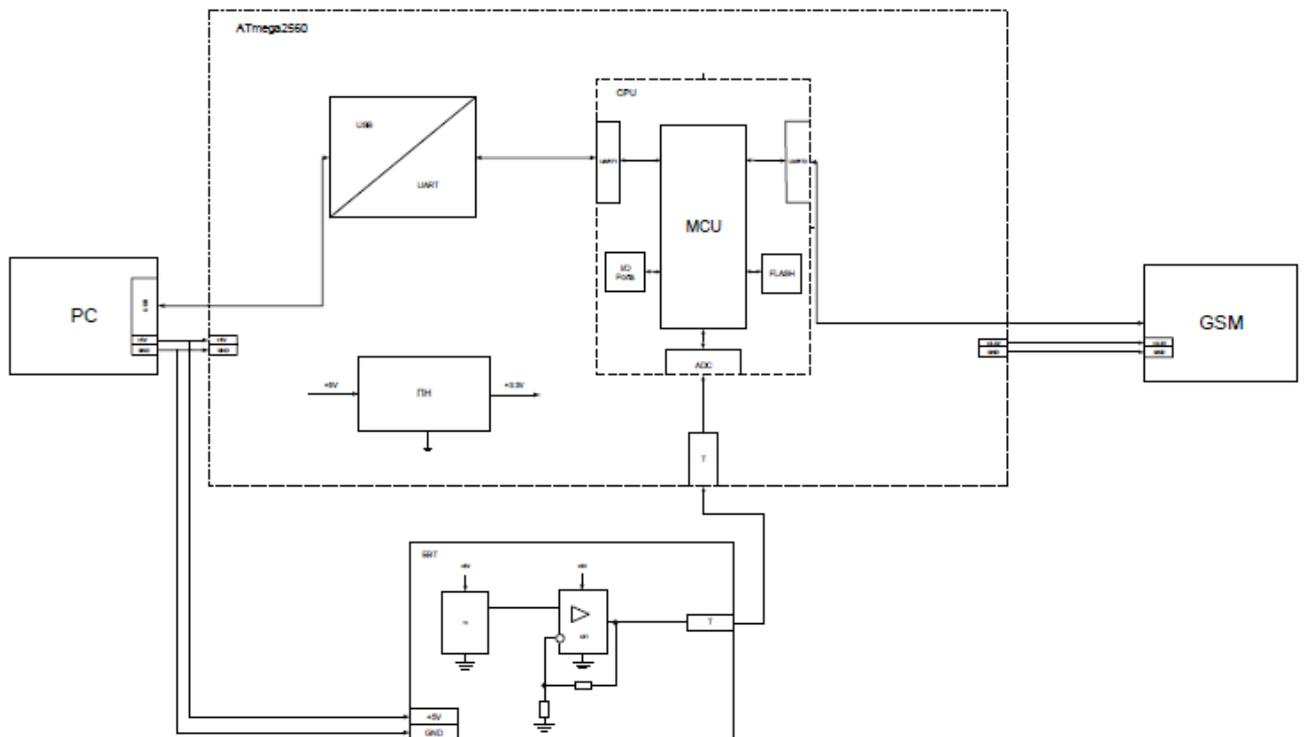


Рисунок 3.1 – Функційна схема підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов

Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов виконує наступні функції:

- здійснення визначеної кількості дзвінків заданої тривалості;
- збереження інформації про них на ПК для подальшої обробки результатів та розрахунку похибки;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

– вимірювання температури для врахування поправки на температурну залежність еталону (підсистеми) та ЗВТ, що повіряється.

Для керування системою було створено програмне забезпечення у середовищі розробки Visual Studio 2019 за допомогою мови програмування С#. Всі налаштування повірочного комплексу під час повірки виконуються за допомогою цього ПЗ через інтерфейс користувача на ПК.

Підсистема повірки складається з модуля управління і обробки даних (МУОК), до складу якого входить центральний процесор (MCU), розміщений на платі Arduino Mega2560 – Atmega2560, GSM модуля – SIM800L та ПК.

Параметри повірки, які задає повірник за допомогою інтерфейсу користувача, по послідовному інтерфейсу передаються на центральний процесор CPU плати Arduino Mega2560. Процесор отримує параметри повірки та через UART передає їх в GSM модуль. GSM модуль налаштовує з'єднання зі станцією зв'язку. Після налаштування зв'язку GSM модуль здійснює дзвінок певної тривалості, яку ввів користувач. Після того, як дзвінок розпочався, починається зворотній відлік часу, як тільки відлік доходить до нуля, дзвінок переривається, дані про стан GSM модуля повертаються через UART в центральний процесор та в інтерфейсі користувача відображається інформація про те, що дзвінок було здійснено успішно, а також його тривалість. Відповідно до того, скільки дзвінків необхідно здійснити, користувач вводить їх кількість в інтерфейсі користувача на ПК, і таким чином система проводить цю процедуру повторно, при цьому данні про кожен дзвінок зберігаються на комп'ютері повірника.

3.2 Опис технологій передачі інформації

Послідовний порт (COM порт) – двонаправлений послідовний (крізь нього інформація передається по одному біту) інтерфейс створений для обміну байтовою інформацією.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

UART (universal asynchronous receiver/transmitter – універсальний асинхронний приймач/передавач) – це тип асинхронного приймача-передавача, для складових комп'ютерів та пристроїв периферії, який передає дані між паралельною та послідовною формами.

Біти даних передаються за допомогою провідників або інших перехідників. Вартість дротів стає високою, якщо мова йде про великі відстані. Біти даних передають послідовно один за одним і використовують UART, щоб зменшити вартість довгих комунікацій, що переносять кілька біт паралельно, для перетворення паралельної форми на послідовну на кожному кінці лінії зв'язку. Кожен UART має зсувний регістр для перетворення між паралельними та послідовними формами, який є фундаментальним методом.

Центральний процесор (CPU) – функційна частина мікроконтролерного модуля, що призначена для відтворення команд.

ПК та мікроконтролерний модуль Arduino MEGA2560 працюють завдяки підключенню через інтерфейс USB. Інтерфейс дає можливість обмінюватися даними, а також забезпечувати електроживлення пристрою периферії, в нашому випадку, мікроконтролерний модуль, а від нього також і GSM модуль.

Кабель USB складається з 4 мідних провідників – 2 провідника живлення і 2 провідника даних в крученій парі, а також заземленого обплетення. Передача даних в розробленому повірочному комплексі проходить по протоколу TCP / IP.

Основні робочі лінії на модулі Arduino – RXD і TXD, або просто RX і TX. Лінія TXD (Transmitted Data) передає інформацію, а порт RXD (Received Data) – приймає. По цим лініям передачі йде зв'язок між модулем Arduino та GSM модулем. Ніжка RX на модулі Arduino з'єднана з нішкою TX на GSM модулі і навпаки, ніжка RX на GSM модулі з'єднана з нішкою TX на модулі Arduino.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до 3 розділу

В даному розділі була описана функційна схема. Функційна схема відповідає вимогам технічного завдання, керуючись нею можна перейти до проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов.

					VM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

4 ПРОЄКТУВАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ

Схема електрична принципова підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов складена на основі функційної схеми.

4.1 Проєктування схеми електричної принципової вимірювального каналу для вимірювання тривалості телефонних розмов

Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов складається з модуля Arduino Mega [13], а також GSM/GPRS модуля SIMCom Wireless Solutions серії SIM800L [15].

Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC / DC чи аккумуляторної батареї.

Характеристики:

- мікроконтролер ATmega2560;
- робоча напруга 5 В;
- вхідна напруга (рекомендована) 7-12 В;
- вхідна напруга (гранична) 6-20 В;
- цифрові входи / виходи 54 (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ);
- аналогові входи 16;
- постійний струм через вхід / вихід 40 mA;
- постійний струм для виведення 3.3 В 50 mA;
- флеш-пам'ять 256 КВ (8 використовуються для завантажувача);
- ОЗУ 8 КВ;
- незалежна пам'ять 4 КВ;
- тактова частота 16 МГц.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Arduino Mega побудована на мікроконтролері ATmega2560 (рис. 4.1).

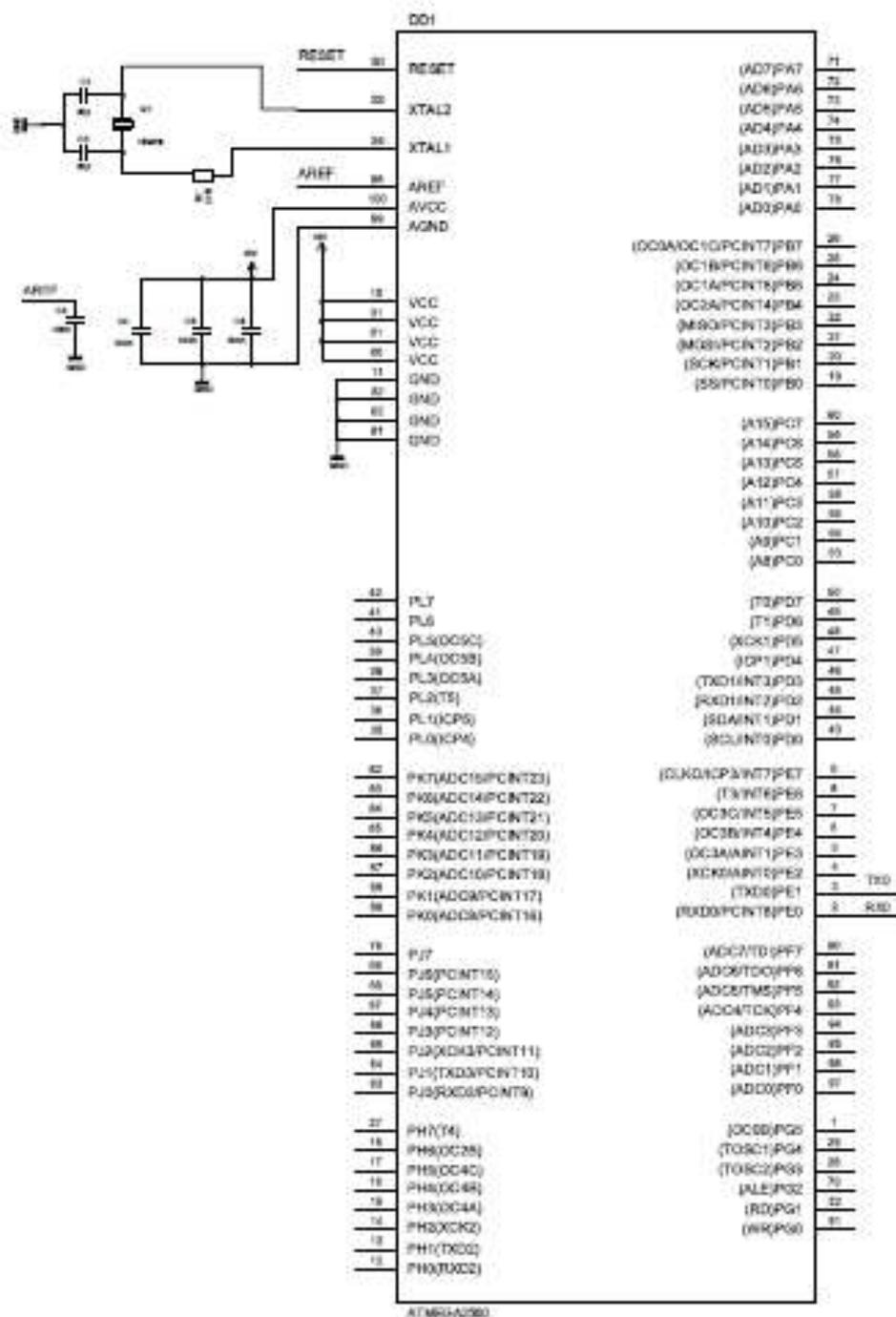


Рисунок 4.1 – Мікроконтролер ATmega2560

Платформа містить 54 цифрових входи / виходи (14 з яких можуть бути використані в режимі ШІМ (PWM)), роз'єм USB, 16 аналогових входів, кварцевий

генератор 16 МГц, 4 апаратних послідовних порти UART, роз'єм для зовнішнього живлення, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження.

4.2 Розрахунок подільника напруги

Для того, щоб вихідну напругу перетворити до необхідного рівня необхідно використовувати подільник напруги. Складається подільник з двох або більше елементів (резисторів, реактивних опорів).

Подільник напруги на резисторах може використовуватися як для постійної, так і для змінної напруги. Він не призначений для живлення потужних машин і застосовується для низької напруги. Найпростіший подільник складається з двох послідовно з'єднаних резисторів (рис. 4.2):

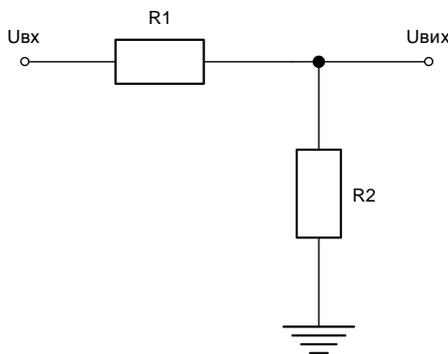


Рисунок 4.2 – Подільник напруги

Подільник напруги для узгодження з діапазоном вхідної напруги АЦП забезпечує необхідне зменшення вхідного сигналу.

Вихідні дані для розрахунку:

- максимальна вихідна напруга на виході датчика: 5 В;
- необхідна вихідна напруга для подачі на АЦП: 3,3 В.

Отже, необхідний коефіцієнт послаблення:

$$K = U_{вих} / U_{вх} = 3.3 \text{ В} / 5 \text{ В} = 0.66 \quad (4.1)$$

Коефіцієнт послаблення розраховується за формулою:

$$K = R2 / (R1 + R2) \quad (4.2)$$

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

З формули (4.2), співвідношення між резисторами $R1$ та $R2$ становить 1:4,7. З ряду E24 приймемо значення $R1=4,7$ кОм, $R2 = 10$ кОм.

4.3 Лінійний регулятор напруги

Arduino Mega отримує живлення через підключення до комп'ютера за допомогою USB або від зовнішнього джерела живлення.

В платі існує лінійний регулятор напруги (рис. 4.3).

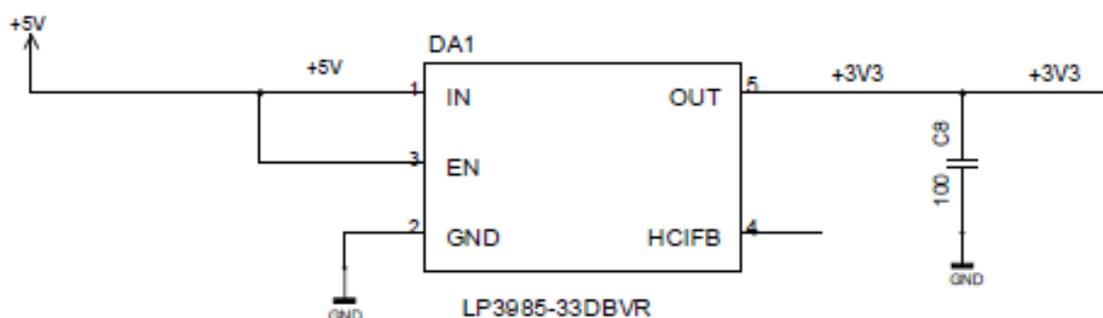


Рисунок 4.3 – Лінійний регулятор напруги

Зовнішнє живлення може подаватися через блок живлення або за допомогою акумуляторної батареї. Перетворювач напруги підключається до центрального позитивного полюса. Кабель від батареї підключається до виводів GND та IN - роз'єму живлення.

Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 - до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, вивод 5V може видавати менше 5 В, при цьому платформа буде працювати нестабільно.

При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Тому рекомендований діапазон напруги живлення від 7 - до 12 В.

									Аркуш
									42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Виводи живлення:

- IN. Вхід необхідний для подачі живлення від зовнішнього джерела (за відсутності 5 В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення).
Подача напруги живлення відбувається через даний вивід.

- EN. Регульоване джерело напруги, яке використовується для компонентів на платі і живлення мікроконтролера. Живлення може подаватися від виводу IN через регулятор напруги, або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В.

- OUT. Напруга на виводі 3.3 В, генерується мікросхемою на платформі. Максимальне споживання струму 50 мА.

- GND. Виводи заземлення.

Мікроконтролер ATmega2560 має: 256 КБ флеш-пам'яті для зберігання коду програми (з яких 8 КВ використовується для зберігання завантажувача), 8 КВ ОЗУ і 4 КВ EEPROM (яка читається і записується за допомогою бібліотеки EEPROM).

Кожен з 54 цифрових виходів ATmega2560 може налаштовуватися як вхід або вихід. Виводи працюють при напрузі 5 В. Кожен вивід має навантажувальний резистор 20-50 кОм і може пропускати до 40 мА. Деякі виводи мають особливі функції:

- Послідовна шина: 2 (RX) і 3 (TX); Послідовна шина 1: 12 (RX) і 13 (TX);
Послідовна шина 2: 45 (RX) і 46 (TX); Послідовна шина 3: 63 (RX) і 64 (TX).
Виводи використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних TTL.
Виводи 2 і 3 підключені до відповідних виводів мікросхеми послідовної шини FTDI USB-to-TTL.

- PWM: 0 до 13. Будь-який з виводів забезпечує ШІМ з роздільною здатністю 8 біт.

- SPI: 22 (MISO), 21 (MOSI), 20 (SCK), 19 (SS). За допомогою даних виводів здійснюється зв'язок SPI.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- LED: 13. Вбудований світлодіод (рис. 4.4), підключений до цифрового виводу 13. Якщо значення сигналу, що поступає на вивід, має високий потенціал, то світлодіод горить.

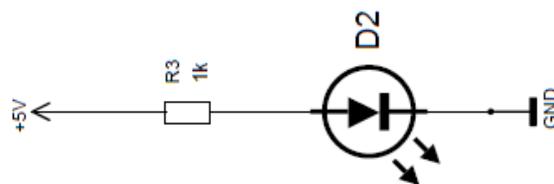


Рисунок 4.4 – Світлодіод

- I2C: 44 (SDA) і 43 (SCL). За допомогою цих виводів здійснюється зв'язок I2C (TWI). На платформі Mega встановлені 16 аналогових входів, кожен з роздільною здатністю 10 біт (тобто може приймати 1024 різних значення). Стандартно виводи мають діапазон вимірювання до 5 В, проте є можливість змінити верхню границю за допомогою виведення AREF.

Додаткова пара виводів платформи:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів.
- RESET. Низький рівень сигналу на виводі перезавантажує мікроконтролер.

Зазвичай використовується для підключення кнопки перезавантаження на платі розширення.

На платформі Arduino Mega встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером або іншими мікроконтроллерами. ATmega2560 підтримує 4 порти послідовної передачі даних UART для TTL. Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дозволяє отримувати і посилати текстові дані при підключенні до платформи.

Світлодіоди RX і TX на платформі будуть блимати при передачі даних через мікросхему або USB підключення (але не при використанні послідовної передачі через виводи 2 і 3).

З використанням бібліотеки SoftwareSerial можна створити послідовну передачу даних через будь-який з цифрових виводів Mega.

ATmega2560 підтримує інтерфейси I2C (TWI) і SPI. В Arduino включена бібліотека Wire для зручності використання шини I2C.

Платформа програмується за допомогою ПЗ Arduino через інтерфейс створений за допомогою мови програмування C#.

Мікроконтролер ATmega2560 поставляється з записаним завантажувачем, що полегшує запис нових програм без використання зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500.

Mega розроблена так, щоб перед записом нового коду перезавантаження здійснювалося самостійно програмою, замість натискання кнопки на платформі. Одна з ліній, необхідна для керування потоком даних, підключена до виводу перезавантаження мікроконтролера ATmega2560 так, щоб активація даної лінії, тобто подача сигналу низького рівня, перезавантажувала мікроконтролер.

Програма, використовуючи цю функцію, завантажує код одним натисканням кнопки Upload в самому середовищі програмування. Подача сигналу низького рівня по лінії DTR скоординована з початком запису коду, що скорочує таймаут завантажувача.

Також функція під час програмування реалізує затримку декількох перших байтів коду, щоб уникнути отримання платформою некоректних даних (будь-яких даних, крім коду нової програми).

Якщо проводиться разове налаштування скетчу, який записано в платформу, або введення будь-яких інших даних при першому запуску, необхідно переконатися, що програма на комп'ютері очікує протягом секунди перед передачею даних.

На платі є можливість відключити лінію автоматичного перезавантаження розривом відповідної лінії. Контакти мікросхем потім можуть бути з'єднані з обох кінців лінії з метою відновлення.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

UART (USART) – (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) – це послідовний порт, що може працювати як синхронний (по зовнішньому тактовому сигналу), так і як асинхронний (апаратно формувати послілки бітів по заданих інтервалах часу). Він необхідний для організації взаємодії з зовнішнім світом - щоб передати мікроконтролеру команди і отримати від нього дані.

Запуск USART зазвичай складається з наступних простих дій:

1. Створення буферу прийому і передачі (типу FIFO, зазвичай кільцеві).
2. Ініціалізація USART.
3. Обробка переривання прийому символу з USART.
4. Обробка передачі символу з USART.
5. Перенаправлення виводу printf в USART.

У ATmega2560 є 4 послідовних порти USART: USART0, USART1, USART2 і USART3, які фіксовано прив'язані до певних ніжок корпусу мікроконтролера (рис. 4.6).

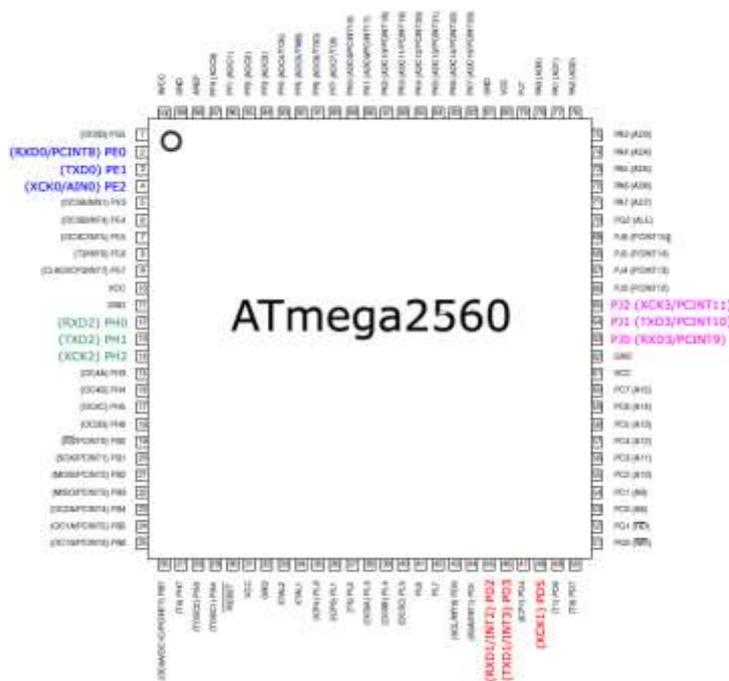


Рисунок 4.6 – Послідовні порти USART ATmega2560

Певний вивід мікроконтролера може працювати або просто як порт вводу / виводу, або як апаратний вхід або вихід інтерфейсу USART. Все залежить від програмної настройки - даних, які записуються в керуючі регістри мікроконтролера. Прив'язка апаратури USART до виводів мікроконтролера (табл. 1).

Таблиця 1 – Прив'язка апаратури USART до виводів мікроконтролера

Ім'я	Переривання	Регістри	Порти
USART0	UDRE0, TXC0, RXC0	UDR0, CSR0A, CSR0B, UCSR0C, BRR0L, UBRR0H	PE0, PE1, PE2
USART1	UDRE1, TXC1, RXC1	UDR1, CSR1A, CSR1B, UCSR1C, BRR1L, UBRR1H	PD2, PD3, PD5
USART2	UDRE2, TXC2, RXC2	UDR2, CSR2A, CSR2B, UCSR2C, BRR2L, UBRR2H	PH0, PH1, PH2
USART3	UDRE3, TXC3, RXC3	UDR3, CSR3A, CSR3B, UCSR3C, BRR3L, UBRR3H	PJ0, PJ1, PJ2

Порти USART мають такі основні властивості:

- підтримують повний дуплекс (мають незалежні апаратні буфери прийому і передачі);
- можуть працювати асинхронно і синхронно;
- у синхронному режимі можуть або створювати такти, або використовувати зовнішнє тактування;
- генератор швидкості передачі, що настраюється з високою точністю;
- підтримує розміри фрейма передачі з 5, 6, 7, 8 або 9 біт даних і 1 або 2 стопових біта;
- апаратна підтримка генерації і перевірки на непарність або парність;
- детектування втрати даних на прийомі;
- детектування помилок фрейма;
- фільтрація перешкод за допомогою цифрового формувача низьких частот (ФНЧ), що включає детектування помилкового стартового біта;
- 3 окремих переривання по подіям TX Complete, TX Data Register Empty і RX Complete;

- режим обміну з декількома процесорами;
- асинхронний режим з подвійною швидкістю.

Для зменшення загального енергоспоживання кристала непотрібні USARTn можуть бути повністю вимкнені за допомогою бітів управління регістрів PRR0 і PRR1.

Порт USART0 використовується в платах Arduino Mega 2560 під апаратний міст USB-UART, щоб забезпечити роботу завантажувача коду і підтримку відладки через Serial Monitor.

4.5 Таймери-лічильники у складі ATmega2560

У складі ATmega2560 є 6 апаратних таймерів-лічильників. З них два 8-бітні, інші 16-бітні. Таймери пов'язані з багатьма функціональними можливостями кристала. У (табл. 2) наведена загальна інформація по таймерам і їх функції.

Таблиця 2 – Прив'язка апаратури USART до виводів мікроконтролера

Ім'я	Біт	Асинхр	Передділ	PWM	Захват	Переривання	Регістри	Порти
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Timer/Counter0	8		Є	Так		TOV0, OCF0A, OCF0B	TCCR0A, TCCR0B, TCNT0, OCR0A, OCR0B, TIMSK0, TIFR0	PG5, PB7, PD7
Timer/Counter1	16		Є	Так	Так	TOV1, OCF1A,	TCCR1A, TCCR1B,	PB5, PB6, PD4,

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
						OCF1B, OCF1C, ICF1	TCCR1C, TCNT1H, TCNT1L, OCR1AH, OCR1AL, OCR1BH, OCR1BL, OCR1CH, OCR1CL, ICR1H, ICR1L, TIMSK1, TIFR1	PD6, PB7
Timer/ Counter2	8	Так	Є	Так		TOV2, OCF2A, OCF2B	TCCR2A, TCCR2B, TCNT2, OCR2A, OCR2B, ASSR, TIMSK2, TIFR2, GTCCR	PH6, PB4, PG3, PG4
Timer/ Counter3	16		Є	Так	Так	TOV3, OCF3A, OCF3B, OCF3C, ICF3	TCCR3A, TCCR3B, TCCR3C, TCNT3H, TCNT3L,	PE3, PE4, PE5, PE6, PE7

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BM61.120004.001 ПЗ

Аркуш

50

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
							OCR3AH, OCR3AL, OCR3BH, OCR3BL, OCR3CH, OCR3CL, ICR3H, ICR3L, TIMSK3, TIFR3	
Timer/ Counter4	16		Є	Так	Так	TOV4, OCF4A, OCF4B, OCF4C, ICF4	TCCR4A, TCCR4B, TCCR4C, TCNT4H, TCNT4L, OCR4AH, OCR4AL, OCR4BH, OCR4BL, OCR4CH, OCR4CL, ICR4H, ICR4L, TIMSK4, TIFR3	PH3, PH4, PH5, PH7, PL0
Timer/ Counter5	16		Є	Так	Так	TOV5, OCF5A,	TCCR5A, TCCR5B,	PL1, PL2, PL3, PL4,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

BM61.120004.001 ПЗ

Аркуш

51

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
						OCF5B, OCF5C, ICF5	TCCR5C, TCNT5H, TCNT5L, OCR5AH, OCR5AL, OCR5BH, OCR5BL, OCR5CH, OCR5CL, ICR5H, ICR5L, TIMSK5, TIFR5	PL5

Для чого потрібні таймери / лічильники:

- звільняють процесор мікроконтролера від зайвої роботи з вимірювання тривалості сигналів, генерування ШІМ і сигналу заданої частоти;
- спрощують генерацію тактових імпульсів, синтез сигналів довільної частоти і форми (звуків, наприклад);
- дозволяють точно виміряти частоту і тривалість імпульсів, реальний час;
- дозволяють підраховувати зовнішні події (кількість імпульсів, які прийшли);
- сигнали ШІМ можна сформувати лише на певних ніжках корпусу мікроконтролера.

Наприклад, якщо тактова частота, на якій працює мікроконтролер ATmega2560, дорівнює 16 МГц, то можна апаратно отримати наступні сигнали:

- ШІМ з частотою від 0.1 Гц до 62.5 кГц;

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сигнал прямокутної форми (шпаруватість 50%) частотою від 0.1 Гц до 8 МГц;
- імпульси з частотою від 0.2 Гц до 16 МГц (частоту можна регулювати, причому плавне регулювання буде тільки в області низьких частот);
- до Timer / Counter2 є можливість підключити зовнішній часовий кварц і організувати точний підрахунок секунд, хвилин, і т. д.;
- всього є 6 каналів для формування ШІМ і частот, канали працюють незалежно один від одного.

4.6 Проектування схеми електричної принципової вимірювального каналу для вимірювання температури

Канал для вимірювання температури складається з датчика температури TMP35, операційного підсилювача ADA4528 та джерела опорної напруги REF3033.

Датчик температури TMP35 зображено на рисунку 4.7.

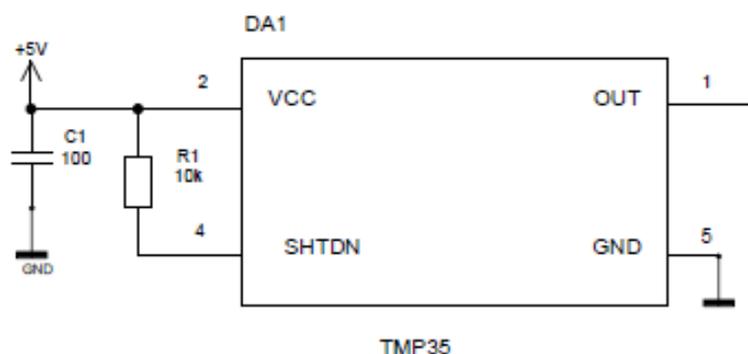


Рисунок 4.7 – Датчик температури TMP35

Основні характеристики датчику:

- низька напруга живлення 2,7 В ... 5,5 В;
- відкалібровані в градусах Цельсія;
- масштабний коефіцієнт 10 мВ / °С;

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

- точність вимірювання не гірше $\pm 2^\circ \text{C}$;
- нелінійність характеристики в межах $\pm 0,5^\circ \text{C}$;
- припускають роботу на ємнісне навантаження до 10 нФ;
- параметри гарантовані в діапазоні $-40^\circ \text{C} \dots +125^\circ \text{C}$, максимальна температура $+150^\circ \text{C}$;
- споживаний струм не більше 50 мкА, в неактивному режимі 0,5 мкА;
- низький рівень нагрівання.

Вихідна напруга температурного сенсора визначається за формулою:

$$V_t = K_t \cdot T \quad (4.3)$$

де K_t – коефіцієнт перетворення сенсора,

T – температура.

Операційний підсилювач ADA4528 зображений на рисунку 4.8.

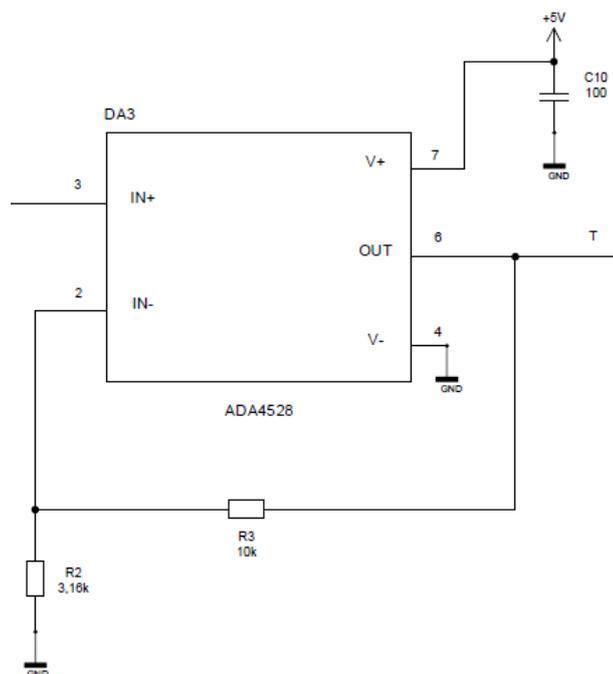


Рисунок 4.8 – Операційний підсилювач ADA4528

Технічні характеристики

- тип підсилювача – з нульовим дрейфом;
- кількість каналів – 2;

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- тип виходу – Rail-to-Rail;
- швидкість наростання вихідного сигналу – 0.5 В / мкс;
- частота одиничного посилення – 3.4 МГц;
- смуга пропускання – 3 дБ, МГц 6.5;
- токове зміщення на вході, нА – 0.125;
- напруга зсуву на вході, мкВ – 0.3;
- струм власного споживання, мА – 1.5;
- вихідний струм на канал, мА – 40;
- напруга живлення однополярної (+) / двуполярное (\pm), В – +2.2 ... 5.5, \pm 1.1 ... 2.75;
- робоча температура, °С -40 ... + 125.

Коефіцієнт перетворення схеми неінвертуючого включення операційного підсилювача розраховується за формулою:

$$V_{out} = V_{in} * K_{ОП} = V_{in} * \frac{R2 + R1}{R1}. \quad (4.4)$$

Вихідна напруга температурного сенсора в граничних умовах експлуатації (0°C - +70°C) становитиме від 0 В до 0.7 В.

Для підвищення точності вимірювання необхідно підсилити сигнал, щоб верхнє граничне значення вимірюваної напруги складало приблизно 90% від опорної напруги АЦП. Оскільки опорна напруга АЦП становить 3.3 В, необхідно підсилити сигнал таким чином, щоб на верхній границі діапазону значення напруги складало 3 В.

Значення $K_{ОП}$ визначається за формулою:

$$K_{ОП} = \frac{V_{ref}}{V_{in_max}} \cdot 0.9 = \frac{3.3}{0.7} \cdot 0.9 = 4.24, \quad (4.5)$$

де V_{ref} – опорна напруга АЦП,

V_{in_max} – максимальне значення температурного сенсора.

Для забезпечення значення коефіцієнта підсилення резистор $R1 = 3.16$ к, а $R2 = 10$ к.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином коефіцієнт перетворення дорівнюватиме:

$$K_t = \frac{R1 + R2}{R1} = \frac{10 + 3.16}{3.16} = 4.16. \quad (4.6)$$

Напруга на вході АЦП визначається за формулою:

$$V_{ADC} = \frac{N}{N_{nom}} \cdot V_{ref}, \quad (4.7)$$

де N_{nom} – максимальний код АЦП;

V_{ref} – опорна напруга.

Таким чином, оскільки $V_{OUT} = V_{ADC}$ і $V_{in} = V_t$, то значення температури можна визначити за формулою:

$$T = N \cdot \frac{V_{ref}}{N_{nom}} \cdot \frac{1}{K_t} \cdot K_{OP}, \quad (4.8)$$

Джерело опорної напруги REF3033 зображено на рисунку 4.9.

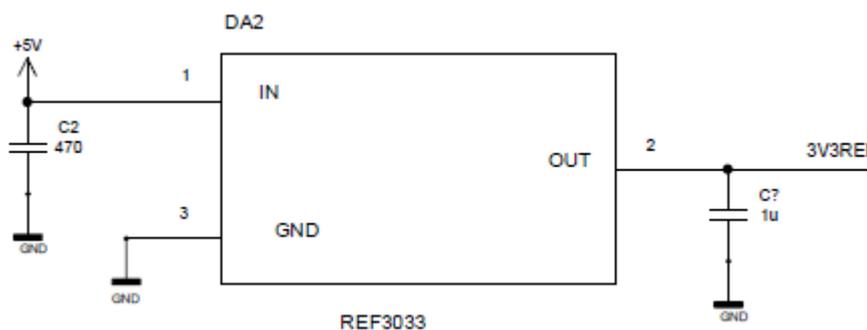


Рисунок 4.9 – Джерело опорної напруги REF3033

Основні характеристики джерела опорної напруги:

- джерело опорної напруги - 5V;
- температурний коефіцієнт - 50ppm / ° C;
- точність - ± 0.25%;
- темп. діапазон: -40 ... + 85 ° C;
- похибка вихідної напруги - 0.2%;
- номінальна вихідна напруга - 3.3V.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.7 GSM модуль

GSM модуль SIM800L потрібен для здійснення телефонних дзвінків, а також може використовуватись для відправки і отримання SMS-повідомлень, або для передачі і приймання даних GPRS (TCP / IP, HTTP тощо). Розміщується на платі з зовнішнім живленням від 5 В і антеною для забезпечення кращої якості зв'язку [13]. Головною керуючою частиною модуля SIM800L є чіп Mediatek ARM MT6261. За GSM / GPRS-зв'язок відповідає 4-діапазонний (GSM850 / GSM900 / DCS1800 / PCS1900) приймач RF7198.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення: 3.7 В ~ 4.4 В;
- Струм в режимі очікування: 0,7 мА;
- Граничний струм: 2 А;
- Швидкість UART: 1200 - 115200 бод;
- Формат SIM карти: microSIM;
- Робочий діапазон: EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900;
- Потужність передачі даних DCS1800, PCS1900: 1 Вт;
- Потужність передачі GSM850, EGSM900: 2 Вт;
- Режим мережі: 2G;
- Габарити: 25 мм x 24 мм x 4 мм.

На модулі SIM800L розташовано 12 контактів, які необхідні для зв'язку з мікроконтролером і підключення динаміка і мікрофона (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Контакти зв'язку з модулем SIM800L

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

З'єднання наступні:

- NET - Вивід для підключення спіральної антени;
- VCC – Вивід живлення, від 3,3 В до 4,4 В;
- RST (Reset) - Вивід скидання модуля;
- RxD (Receiver) - Вивід послідовного зв'язку;
- TxD (Transmitter) - Вивід послідовного зв'язку;
- GND - Вивід заземлення, повинен бути підключений до виводу GND

на платі;

- RING - Вивід індикатора дзвінка;
- DTR - Вивід активації / деактивації сплячого режиму;
- MIC ± - Мікрофонні виводи;
- SPK ± - Виводи динаміка.

Для стабільної роботи модуля SIM800L необхідне джерело живлення з вихідною напругою від 3,3 до 4,4 В з максимальним робочим струмом 2А. Як джерело живлення можна використовувати Li-ion акумулятор (1200mAh і вище) або стабілізатор напруги на LM2596.

Підключення модуля SIM800L до Arduino.

Необхідні деталі:

- Arduino UNO R3 x 1 шт.
- Макетна плата 400 контактів, breadboard x 1 шт.
- Резистори 0,128 Вт, 10 кОм, 4,7 кОм.
- Модуль GSM, GPRS на чіпі SIM800L x 1 шт.
- Провідник DuPont, 2,54 мм, 20 см, F-M (Female - Male) x 1 шт.
- Кабель USB 2.0 A-B x 1 шт.

Підключення:

Спочатку необхідно припаяти антену або встановити виносну, після чого встановити SIM-карту в роз'єм. Потім потрібно підключити вивід Tx на модулі до виводу Rx контролера. Вивід Rx не можна підключати безпосередньо, оскільки цифровий вивід контролера використовує 5В, а модуль SIM800L - 3,3 В.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Необхідно сигнал Tx, що надходить від контролера, знизити до 3,3 В, щоб не пошкодити модуль SIM800L. Найпростіший спосіб – це скористатися дільником напруги на резисторах. Підключаємо резистор на 4,7 кОм між виводом Rx (SIM800L) і виводом Tx (контролера) і другий резистор на 10 кОм між виводом Rx (SIM800L) і GND. Після цього необхідно лише підключити живлення модуля.

Система команд модуля SIM800L.

Для відправки AT-команд і зв'язку з модулем SIM800L можна використовувати вікно «Моніторинг порту».

Протестувати роботу GSM-модуля за допомогою AT-команд можна за допомогою наступного лістинга:

Лістинг:

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial (3, 2); // Виводи SIM800L Tx & Rx підключені до
виводів контролера Rx і Tx
void setup ()
{
    Serial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з контролером
і Serial Monitor
    mySerial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з
контролером і SIM800L
    Serial.println ( "Initializing ..."); // Друк тексту
    delay (1000); // Затримка 1с
    mySerial.println ( "AT"); // Відправка команди AT
    updateSerial ();
    mySerial.println ( "AT + CSQ"); // Перевірка якості сигналу, діапазон
значень 0-31, 31 - кращий
    updateSerial ();
    mySerial.println ( "AT + CCID"); // Читання інформації про SIM-карту
    updateSerial ();
    mySerial.println ( "AT + CREG?"); // Перевірка реєстрації в мережі
    updateSerial ();
}
void loop ()
{
    updateSerial ();
}
```

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

```

void updateSerial ()
{
    delay (500); // Пауза 500 мс
    while (Serial.available ())
    {
        mySerial.write (Serial.read ()); // Переадресація з послідовного порту
SIM800L на послідовний порт контролера
    }
    while (mySerial.available ())
    {
        Serial.write (mySerial.read ()); // Переадресація з контролера на
послідовний порт SIM800L
    }
}

```

Скетч починається з підключення бібліотеки «SoftwareSerial.h» і оголошення виводів до яких підключені Tx і Rx модуля SIM800L.

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial (3, 2);

```

У функції void setup (), ініціалізується послідовний зв'язок між контролером і модулем SIM800L на швидкості 9600 бод.

```

Serial.begin (9600);
mySerial.begin (9600);

```

Далі, йде відправка серій AT-команд:

AT - це найголовніша команда AT. Якщо все працює, у відповідь отримуємо, символ AT, а потім ОК, повідомляючи, що все працює правильно.

AT + CSQ - перевірка рівня сигналу в дБ, має бути вище 5.

AT + CCID - отримання номера SIM-карти.

AT + CREG? - перевірка реєстрації в мережі.

```

mySerial.println ( "AT");
updateSerial ();
mySerial.println ( "AT + CSQ");
updateSerial ();
mySerial.println ( "AT + CCID");
updateSerial ();
mySerial.println ( "AT + CREG?");
updateSerial ();

```

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У функції `void loop ()` викликається функція `updateSerial ()`, яка перенаправляє дані від послідовного порту і відправляє їх в модуль SIM800L, через вивід RX, так само і навпаки, перенаправляє дані від виводу TX на послідовний порт .

```
void updateSerial ()
{
    delay (500);
    while (Serial.available ())
    {
        mySerial.write (Serial.read ());
    }
    while (mySerial.available ())
    {
        Serial.write (mySerial.read ());
    }
}
```

Після цього можна відправити команди через вікно «Моніторинг порту», для отримання додаткової інформації про мережеве підключення і стан батареї.

АТІ - отримати назву модуля і ревізію

АТ + COPS? - перевірка реєстрації в мережі (MTS)

АТ + COPS =? - список операторів в мережі.

АТ + CVC - стан батареї

- значення «0» вказує, що модуль живиться від батареї
- значення «72» показує, відсоток заряду батареї в% (72%)
- значення «3983» показує напругу в мВ (3,311 В).

Зовнішній вигляд GSM/GPRS модуля SIMCom Wireless Solutions серії SIM800L на принциповій схемі (рис. 4.11).

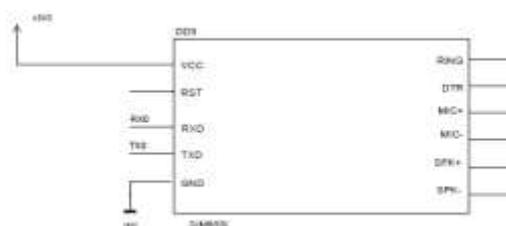


Рисунок 4.11 – GSM/GPRS модуль SIM800L на принциповій схемі

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Роз'єм MicroUSB (рис. 4.12) слугує для зв'язку GSM модуля з ПК.

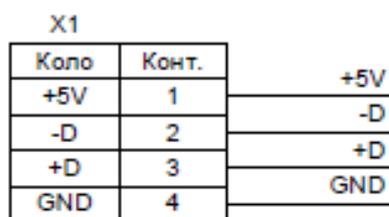


Рисунок 4.12 – Роз'єм MicroUSB

Висновок до 4 розділу

В даному розділі була спроектована принципова схема вимірювального каналу для вимірювання тривалості телефонних розмов. Описані та обгрунтовані основні елементи принципової схеми, з яких складається підсистема перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов.

5 АНАЛІЗ ПОХИБОК

Для того, аби кількісно оцінити переваги та недоліки розробленої підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов необхідно провести аналіз похибок вимірювання даної підсистеми, оскільки безпосередньою її перевагою є саме точність вимірювання тривалості телефонних розмов.

5.1 Похибка вимірювання часу

Вимірювання часу відбувається шляхом визначення кількості імпульсів заданої частоти у заданому проміжку.

Початком відліку слугує мітка початку виклику. Кінцем відліку слугує мітка про завершення виклику. Для досягнення більшої точності вимірювання часу використовується кварцовий резонатор. Вимірювання часового інтервалу виконується шляхом формування переривань 16-бітного таймера-лічильника CPU, що відбувається кожну 1 мкс.

Отже, до складу похибки вимірювання часового інтервалу входить мультиплікативна складова похибки – це відносна похибка джерела тактування таймера, викликана похибкою частоти кварцового резонатора на платі, а також адитивна складова похибки – це похибка викликана тим, що не відомий точний час, коли встановилося з'єднання після набору номера.

Для того, аби дізнатись, встановилося з'єднання чи ні, необхідно відправити команду AT + CPAS, після чого GSM-модуль за допомогою передачі даних по UART повинен повернути відповідь. Для отримання коректної відповіді необхідно провести ряд обчислень.

Рівняння вимірювання:

$$T_{зв} = N \cdot t_{sys} \cdot (1 + \delta_{t_{sys}}) + \Delta_{yc}, \quad (5.1)$$

де $T_{зв}$ – це час дзвінка;

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N – кількість тактів таймеру;

t_{sys} – це період джерела тактування таймера в складі MCU;

$\delta_{t_{sys}}$ – відносна похибка джерела тактування таймера;

Δ_{yc} – абсолютна похибка часу встановлення з'єднання.

За умови, що контролер працює при частоті 16 МГц, кількість тактів таймера за одну секунду буде дорівнювати 16 000 000.

Період джерела тактування таймера в складі MCU при частоті 16 МГц складає 1 мкс.

Відносна похибка джерела тактування таймера дорівнює 0.005 %.

Під час роботи системи від контролера до GSM-модуля відправляється 8 біт інформації, і відповідно у зворотньому напрямку, а швидкість передачі даних, яку ми налаштовуємо для роботи з модулем дорівнює 9600 біт/с.

При цьому час передачі даних по UART як до GSM-модулю, так і від нього розраховується за формулою:

$$t_{UART} = t_{GSM} = (10 \cdot n_b) / V = (10 \cdot 8) / 9600 = 0.008, \quad (5.2)$$

де t_{UART} – це час відправлення команди від контролера GSM-модулю по UART;

t_{GSM} – час передачі відповіді по UART від GSM;

n_b – це кількість біт, які передаються;

V – швидкість передачі даних контролером.

Абсолютна похибка часу встановлення з'єднання розраховується за формулою:

$$\Delta_{yc} = (t_{UART} + t_{GSM}) \cdot n = (0.008 + 0.008) \cdot 1, \quad (5.3)$$

де n – кількість запитів на встановлення з'єднання.

Тож провівши необхідні розрахунки отримане значення абсолютної похибки часу встановлення з'єднання (Δ_{yc}) дорівнює 16 мс.

Відносна аддитивна похибка дорівнюватиме:

$$\gamma_{yc} = \frac{\Delta_{yc}}{T_{3б}} = \frac{16}{60000} = 0.00027. \quad (5.4)$$

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За умови, що час дзвінка ($T_{3\theta}$) дорівнює 1 хв.

Сумарна відносна похибка дорівнюватиме:

$$\delta_{\Sigma} = \pm\delta_{t_{sys}} + \gamma_{yc} = 0.005 + 0.00027 = 0.00527. \quad (5.5)$$

5.2 Похибка вимірювання температури

Складові похибки.

Відносні мультиплікативні: похибка джерела опорної напруги $\delta_{V_{ref}}$, похибка температурного сенсора δ_{K_t} , похибка коефіцієнта перетворення каскаду на операційному підсилювачі $\delta_{K_{OP}}$.

Абсолютні адитивні: похибка зміщення операційного підсилювача Δ_{3M} , похибка температурного сенсора Δ_T .

Коефіцієнт перетворення каскаду на операційному підсилювачі:

$$K_{OP} = \frac{R2 + R1}{R1} = \frac{10 + 3.16}{3.16} = 4.16. \quad (5.6)$$

Похибка $\delta_{K_{OP}}$ визначається відхиленням значень опору резисторів від номінальних. Для визначення похибки каскаду на операційному підсилювачі виконаємо лінійаризацію.

Відносна похибка викликана відхиленням номіналу резистора $R2$ від номіналу визначається за формулою:

$$\delta_{K_{OPR2}} = \left| \frac{\partial K_{OP}}{\partial R2} \right| \cdot \Delta_{R2} = \frac{1}{3.16} \cdot 0.1 = 0.0316, \quad (5.7)$$

де

$$\Delta_{R2} = \delta_{R2} \cdot R2 = 0.01 \cdot 10 = 0.1, \quad (5.8)$$

де $\delta_{R2} = 1\%$ – відносна похибка відхилення значення опору резистора $R2$ від номінального значення.

Відносна похибка викликана відхиленням номіналу резистора $R2$ від номіналу визначається за формулою:

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{K_{OПR1}} = \left| \frac{\partial K_{OП}}{\partial R1} \right| \cdot \Delta_{R1} = \frac{1}{3.16} - \frac{10+3.16}{3.16} = 0.1316, \quad (5.9)$$

де $\Delta_{R1} = \delta_{R1} \cdot R1 = 0.01 \cdot 3.16 = 0.0316$,

де $\delta_{R1} = 1\%$ – відносна похибка відхилення значення опору резистора $R1$ від номінального значення.

Відносна мультиплікативна похибка коефіцієнта перетворення визначається за формулою:

$$\delta_{K_{OП}} = \sqrt{\delta_{K_{OПR1}}^2 + \delta_{K_{OПR2}}^2} = \sqrt{0.1316^2 + 0.0316^2} = 0.1353, \quad (5.10)$$

Рівняння перетворення каналу вимірювання температури, має вигляд:

$$T = N \cdot \frac{V_{ref}}{N_{nom}} \cdot \frac{1}{K_t} \cdot K_{OП}. \quad (5.11)$$

Відносна мультиплікативна похибка визначається за формулою:

$$\delta_T = \sqrt{\delta_{K_{OП}}^2 + \delta_{V_{ref}}^2 + \delta_{K_t}^2} = \sqrt{0.1353^2 + 0.002^2 + 0.01^2} = 0.1354, \quad (5.12)$$

де $\delta_{V_{ref}} = 0.2\%$; $\delta_{K_t} = 1\%$.

Абсолютна адитивна похибка викликана зміщенням нуля операційного підсилювача $\Delta_{OП}$ визначається за формулою:

$$\Delta_{OП} = V_{3M} \cdot K_{OП} = 0.0025 \cdot 4.16 = 0.0104, \quad (5.13)$$

де V_{3M} – напруга зміщення операційного підсилювача, що дорівнює 2.5 uV.

Відносна адитивна похибка викликана зміщенням 0 операційного підсилювача $\gamma_{OП}$ визначається за формулою:

$$\gamma_{OП} = \frac{\Delta_{OП}}{V_{in\ max}} = \frac{0.0104}{0.7} = 0.0149, \quad (5.14)$$

де $V_{in\ max}$ – максимальне значення вихідної напруги температурного сенсора дорівнює 0.7 В.

Відносна адитивна похибка температурного сенсора визначається за формулою:

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\gamma_T = \frac{\Delta_T}{T_{max}} = \frac{1}{70} = 0.0143, \quad (5.15)$$

де T_{max} – максимальне значення вимірюваної температури дорівнює 70 °С;

Δ_T дорівнює 1 °С.

Сумарна відносна похибка вимірювання температури визначається за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_T^2 + \gamma_{OP}^2 + \gamma_T^2} = \sqrt{0.1354^2 + 0.0149^2 + 0.0143^2} = 0.1371, \quad (5.16)$$

Таким чином можна зробити висновок, що проаналізовані похибки відповідають вимогам ТЗ. В якості додаткової інформації можна сказати, що під час повірки СВТТР визначається абсолютна похибка часу встановлення з'єднання та температури.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

6.1 Розробка алгоритму функціонування підсистеми перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов

Підсистема перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов має власне розроблене ПЗ, яке призначене для керування. Всі налаштування повірочного комплексу загалом та розробленої підсистеми у його складі, зокрема, під час перевірки виконуються за допомогою цього ПЗ.

З метою здійснення перевірки системи вимірювання тривалості телефонних розмов, згідно методики перевірки [16], повірник, за допомогою інтерфейсу користувача, вводить номер телефону для здійснення дзвінку, кількість дзвінків, які необхідно зробити, і їх тривалість.

Після цього обирається режим роботи системи: А-В(А) – режим, при якому дзвінок здійснюється із модуля SIM800 на модуль SIM900, SIM900 приймає дзвінок і з цього моменту починається відлік введеного часу, по проходженню цього часу, модуль SIM800 повинен відключити з'єднання і телефонна розмова завершується; А-В(В) – режим, при якому дзвінок здійснюється із модуля SIM800 на модуль SIM900, SIM900 приймає дзвінок і з цього моменту починається відлік введеного часу, по завершенні якого модуль SIM900 повинен відключити з'єднання і телефонна розмова завершується.

Мікроконтролер працює в якості GSM модему та за допомогою АТ-команд управління GSM модулем підключається до мережі стільникового зв'язку, при цьому відбувається передача даних за допомогою каналу зв'язку мікроконтролера. Необхідно для кожної телефонної розмови створювати окрему сесію, оскільки основне завдання полягає у повірці телефонних розмов певної тривалості. Час початку та кінця сесії зазначається у протоколі.

Одразу після закінчення перевірки повірник робить запит даних про сесію у мобільного оператора, що надає можливість розрахувати похибку часу. Оскільки

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повірочний комплекс сполучений з комп'ютером, це надає можливість швидко отримувати великі об'єми інформації, обробляти її і зберігати для подальшого використання.

6.2 Організація інтерфейсу користувача

Загальний вигляд інтерфейсу користувача повірочного комплексу для систем обліку кількості інформації представлено на рисунку 6.1.

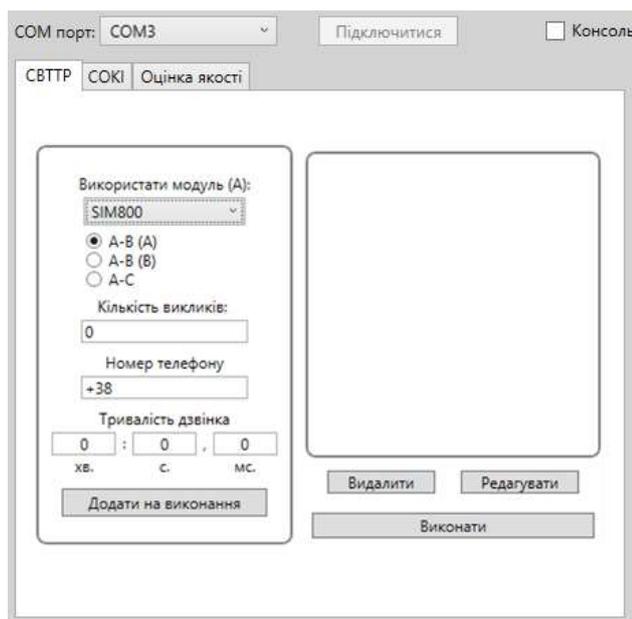


Рисунок 6.1 – Інтерфейс користувача

При запуску програмного забезпечення повірник має можливість ознайомитись з меню, яке складається з двох вкладинок: СВТТР, СООІ.

Вкладка СВТТР призначена для введення відповідних даних для виконання процедури повірки СВТТР – вибір режиму роботи, введення номеру телефону, кількості наборів, тривалості дзвінка та запуску процедури повірки (кнопка Виконати).

Також над вкладками передбачена наявність розгортаємого списку з наявними портами для підключення плати Arduino та кнопка для підключення до обраного порту.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок-схема алгоритму функціонування АПК для СВТТР наведена на рисунку 6.2.

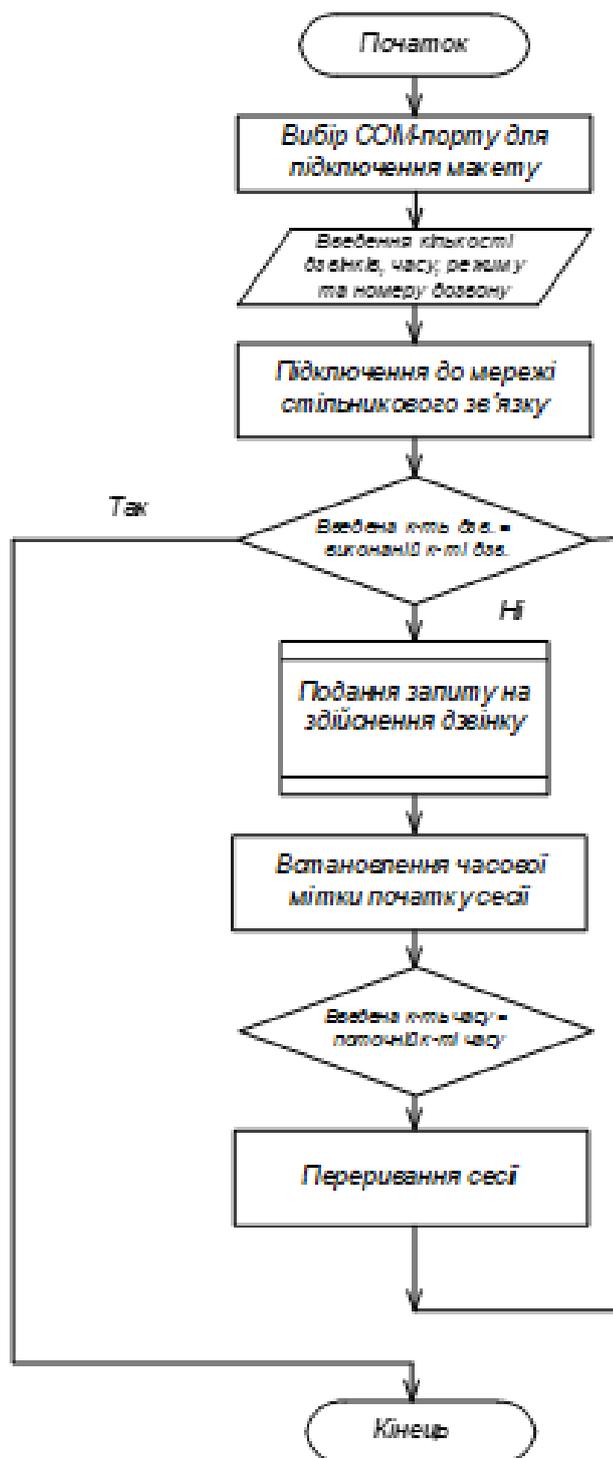


Рисунок 6.2 – Блок-схема алгоритму функціонування підсистеми перевірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Код, наведений у лістингу 1, дозволяє провести процедуру повірки тривалості телефонних дзвінків.

Лістинг 1

```
using System;
using System.IO.Ports;
using System.Collections.Generic;
using System.Collections.ObjectModel;
using System.ComponentModel;
using System.Threading;
using System.Windows;
using System.Windows.Threading;
using System.Threading.Tasks;
using System.Diagnostics;
using PC_Application.Model;
namespace PC_Application.ViewModel
{
    class PCApplicationViewModel : INotifyPropertyChanged
    {
        public event PropertyChangedEventHandler PropertyChanged;
        DispatcherTimer timer = new DispatcherTimer();
        Stopwatch sw = new Stopwatch();
        private int _seconds = 0;
        private int _minutes = 0;
        public bool IsEnabled { get; private set; }
        public bool IsEnabledConnect { get; private set; } = false;
        public string PortName { get; set; }
        public int BaudRate { get; set; } = 9600;
        public Parity Parity { get; set; } = Parity.None;
        public int DataBits { get; set; } = 8;
        public StopBits StopBits { get; set; } = StopBits.One;
        public List<string> ComPorts { get; private set; }
        public List<string> Operators { get; private set; } = new
List<string>() { "SIM800", "SIM900" };
        public ObservableCollection<string> CallSettingsList { get; private
set; } = new ObservableCollection<string>();
        public string InterconnectionMode { get; set; }
        public string CurrentCallTime { get; private set; }
        public string LastCallTime { get; private set; }
        public string CallFrom { get; set; }
        public string PhoneNumber { get; set; } = "+38";
        public int NumberOfCallsScheduled { get; set; }
        public int Minutes { get; set; }
        public int Seconds { get; set; }
        public string ConnectStatus { get; private set; } = "Подключиться";
        public string DataReceived { get; private set; }
        public string ATCommand { get; set; }
        public string SIM900PhoneNumber { get; private set; }
        private GSM _gsm;
        public PCApplicationViewModel()
        {
            UpdateComPorts();
            _gsm = new GSM(DataReceivedHandler);
            IsEnabled = _gsm.ConnectionStatus;
            CurrentCallTime = _minutes.ToString("D2") + ":" +
_seconds.ToString("D2");
            LastCallTime = CurrentCallTime;
            timer.Tick += new EventHandler(TimerTick);
            timer.Interval = new TimeSpan(0, 0, 1);
        }
        private void TimerTick(object sender, EventArgs e)
```

									Аркуш
									71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

BM61.120004.001 ПЗ

```

        {
            ++_seconds;
            if (_seconds == 60)
            {
                _minutes++;
                _seconds = 0;
            }
            CurrentCallTime = _minutes.ToString("D2") + ":" +
            _seconds.ToString("D2");
            OnPropertyChanged("CurrentCallTime");
        }
        public void ConnectOrDisconnect()
        {
            if (!_gsm.ConnectionStatus)
            {
                StopBits);
                _gsm.Connect(PortName, BaudRate, Parity, DataBits,

                IsEnabled = _gsm.ConnectionStatus;
                ConnectStatus = "Отключится";
                OnPropertyChanged("IsEnabled", "ConnectStatus");
            }
            else
            {
                _gsm.Disconnect();
                IsEnabled = _gsm.ConnectionStatus;
                ConnectStatus = "Подключится";
                OnPropertyChanged("IsEnabled", "ConnectStatus");
            }
        }
        public void AddSettingsToCallSettingsList()
        {
            CallSettingsList.Add($"#{CallSettingsList.Count},
            {InterconnectionMode}, {NumberOfCallsScheduled}, " +
            $"{PhoneNumber}, {Minutes}:{Seconds}");
            OnPropertyChanged("CallSettingsList");
        }
        public void SendCommand()
        {
            _gsm.SendCommand(ATCommand);
            ATCommand = "";
            OnPropertyChanged("ATCommand");
        }
        public void SendCommand(string command)
        {
            _gsm.SendCommand(command);
            ATCommand = "";
            OnPropertyChanged("ATCommand");
        }
        public void SendCommand(string command, string gsmModel)
        {
            _gsm.SendCommand(command, gsmModel, true);
        }
        public void Call()
        {
            if (Minutes != 0 || Seconds != 0)
            {
                if (PhoneNumber.Length == 13)
                    SendCommand("ATD" + PhoneNumber + ";;", "a");
                else
                    MessageBox.Show("Enter number", "Number error");
            }
            else
        }
    }

```

						<i>Аркуш</i>
					BM61.120004.001 ПЗ	72
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Метод, що забезпечує відлік часу роботи програми під час здійснення дзвінка:

```
private void TimerTick(object sender, EventArgs e)
{
    ++_seconds;
    if (_seconds == 60)
    {
        _minutes++;
        _seconds = 0;
    }
    CurrentCallTime = _minutes.ToString("D2") + ":" +
    _seconds.ToString("D2");
    OnPropertyChanged("CurrentCallTime");
}
```

Для того, аби перевірити налаштування GSM-модуля та для виконання підключення до мережі використовується метод:

```
public void ConnectOrDisconnect()
{
    if (!_gsm.ConnectionStatus)
    {
        _gsm.Connect(PortName, BaudRate, Parity, DataBits,
StopBits);

        IsEnabled = _gsm.ConnectionStatus;
        ConnectStatus = "Отключится";
        OnPropertyChanged("IsEnabled", "ConnectStatus");
    }
    else
    {
        _gsm.Disconnect();
        IsEnabled = _gsm.ConnectionStatus;
        ConnectStatus = "Подключится";
        OnPropertyChanged("IsEnabled", "ConnectStatus");
    }
}
```

Щоб встановити налаштування для здійснення дзвінка (номер телефону, час) використовується метод:

```
public void AddSettingsToCallSettingsList()
{
    CallSettingsList.Add($"#{CallSettingsList.Count},
{InterconnectionMode}, {NumberOfCallsScheduled}, " +
    $"{PhoneNumber}, {Minutes}:{Seconds}");
    OnPropertyChanged("CallSettingsList");
}
```

Метод який посилає тестову AT-команду «AT» для перевірки роботоспроможності системи:

```
public void SendCommand()
{
    _gsm.SendCommand(ATCommand);
    ATCommand = "";
    OnPropertyChanged("ATCommand");
}
```

									Аркуш
									74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для того, аби відправляти модулю необхідні команди для роботи з ним використовується метод:

```
public void SendCommand(string command)
{
    _gsm.SendCommand(command);
    ATCommand = "";
    OnPropertyChanged("ATCommand");
}
public void SendCommand(string command, string gsmModel)
{
    _gsm.SendCommand(command, gsmModel, true);
}
```

Метод, який створений безпосередньо для здійснення дзвінка :

```
public void Call()
{
    if (Minutes != 0 || Seconds != 0)
    {
        if (PhoneNumber.Length == 13)
            SendCommand("ATD" + PhoneNumber + ";", "a");
        else
            MessageBox.Show("Enter number", "Number error");
    }
    else
        MessageBox.Show("Enter min and sec, pls", "Zero min and sec");
}
```

Метод, який створений для перевірки підключення системи до COM-порту:

```
public void UpdateComPorts()
{
    ComPorts = new List<string>();
    foreach (var port in SerialPort.GetPortNames())
    {
        ComPorts.Add(port);
    }
    IsEnabledConnect = true;
    if (ComPorts.Count < 1)
    {
        ComPorts.Add("No ports");
        IsEnabledConnect = false;
    }
    OnPropertyChanged("ComPorts", "IsEnabledConnect");
}
```

Метод, який забезпечує обмін інформацією між Serial Port та GSM-модулем:

```
private void DataReceivedHandler(object sender,
SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    SerialPort sp = (SerialPort)sender;
    string inData = sp.ReadLine();
    string[] s = inData.Split(new char[] { '\n', '\r', ',' });
    DataReceived += inData;
    OnPropertyChanged("DataReceived");
    if (s[0]=="RING")
    {
        LastCallTime = CurrentCallTime;
    }
}
```

									Аркуш
									75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

```

        OnPropertyChanged("LastCallTime");
        _seconds = _minutes = 0;
        SendCommand("ATA", "b");
        timer.Start();
        Thread.Sleep((Minutes * 60 + Seconds) * 1000);
        timer.Stop();
        SendCommand("ATH", "b");
        break;
    }
}
}
}
}

```

Код, наведений у лістингу 2, дозволяє налаштувати з'єднання та обмінюватися командами із СОМ-портом.

Лістинг 2

```

using System;
using System.IO.Ports;
using System.Windows;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
namespace PC_Application.Model
{
    public delegate void DataReceivedHandlerDelegate(object sender,
SerialDataReceivedEventArgs e);
    class GSM
    {
        private SerialPort _comPort = new SerialPort();
        public bool ConnectionStatus { get; private set; } = false;
        public GSM(DataReceivedHandlerDelegate dataReceivedHandler)
        {
            _comPort.DataReceived += new
SerialDataReceivedEventHandler(dataReceivedHandler);
        }
        public void Connect(string portName, int baudRate, Parity parity, int
dataBits, StopBits stopBits)
        {
            bool error = false;
            if (!_comPort.IsOpen)
            {
                _comPort.PortName = portName;
                _comPort.BaudRate = baudRate;
                _comPort.Parity = parity;
                _comPort.DataBits = dataBits;
                _comPort.StopBits = stopBits;
                try
                {
                    _comPort.Open();
                    ConnectionStatus = !ConnectionStatus;
                }
                catch (UnauthorizedAccessException) { error = true; }
                catch (System.IO.IOException) { error = true; }
                catch (ArgumentException) { error = true; }
                if (error)
                {
                    MessageBox.Show("Could not open the COM port. Most " + "likely it is already
in use, has been removed, or is unavailable.", "COM Port " + "unavailable");
                    ConnectionStatus = false;
                }
            }
        }
    }
}

```

					<i>Аркуш</i>
					76
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	BM61.120004.001 ПЗ

```

    }
    }
    }
    public void Disconnect()
    {
    if (_comPort.IsOpen)
    {
    _comPort.Close();
    ConnectionStatus = !ConnectionStatus;
    }
    }
    public async void SendCommand(string command, string gsm = "8", bool clear =
false)
    {
    if (clear)
    {
    _comPort.WriteLine(command);
    _comPort.WriteLine(gsm);
    await Task.Delay(1000);
    _comPort.WriteLine("7");
    }
    else
    {
    _comPort.WriteLine(command);
    }
    }
    }

```

Ще одна реалізація дозвону за допомогою модуля SIM800L наведена у лістингу 3:

Лістинг 3:

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial (3, 2); // Виводи SIM800L Tx Rx підключені до
виводів Rx Tx контролера

void setup ()
{
    Serial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з Arduino і
Arduino IDE (Serial Monitor)
    mySerial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з Arduino і
SIM800L
    Serial.println ( "Initializing ..."); // Друк тексту
    delay (1000); // Затримка 1 с

    mySerial.println ( "AT"); // Відправка команди AT
    updateSerial ();

    mySerial.println ( "ATD + + 7xxxxxxxxxxxx;"); // Номер телефону для виклику
    updateSerial ();
    delay (20000);
    mySerial.println ( "ATH"); // Покласти трубку
    updateSerial ();
}

void loop ()
{
    updateSerial ();
}

void updateSerial ()
{

```

						<i>Аркуш</i>
					BM61.120004.001 ПЗ	77
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

```

delay (500); // Затримка 500 мс
while (Serial.available ())
{
  mySerial.write (Serial.read ()); // Переадресація з послідовного порту
SIM800L на послідовний порт Arduino IDE
}
while (mySerial.available ())
{
  Serial.write (mySerial.read ()); // Переадресація с Arduino IDE на
послідовний порт SIM800L
}
}

```

Для здійснення виклику використовуються наступні АТ-команди:

ATD + + 7xxxxxxx; - Набирає вказаний номер.

ATH - закінчити дзвінок

```

mySerial.println ("ATD + + Zxxxxxxxx;");
updateSerial ();
delay (20000);
mySerial.println ("ATH");
updateSerial ();

```

На рисунку 6.3 показано дзвінок з GSM-модуля SIM800L.



Рисунок 6.3 – Дзвінок з GSM-модуля SIM800L

У лістингу 4 наведено код програми, яка дозволяє, приймати дзвінок, для цього необхідно постійно зчитувати дані з модуля SIM800L:

Лістинг 3:

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial mySerial (3, 2); // Виводи SIM800L Tx Rx підключені до
виводів Rx Tx контролера

void setup ()
{
  Serial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з Arduino і
Arduino IDE (Serial Monitor)
  mySerial.begin (19200); // Ініціалізація послідовного зв'язку з Arduino і
SIM800L

```

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

```

    Serial.println ( "Initializing ..."); // Друк тексту
}

void loop ()
{
    updateSerial ();
}

void updateSerial ()
{
    delay (500); // Затримка 500 мс
    while (Serial.available ())
    {
        mySerial.write (Serial.read ()); // Переадресація з послідовного порту
SIM800L на послідовний порт Arduino IDE
    }
    while (mySerial.available ())
    {
        Serial.write (mySerial.read ()); // Переадресація с Arduino IDE на
послідовний порт SIM800L
    }
}

```

Вхідний дзвінок зазвичай позначається як «RING» на послідовному моніторі, за яким слідує номер телефону та ідентифікатор абонента. Щоб прийняти / повісити дзвінок, використовуються наступні AT-команди:

ATA - прийняти дзвінок.

ATH - відмова від дзвінка.

На рисунку 6.4 на послідовному моніторі показує виклик, отриманий GSM-модулем SIM800L.

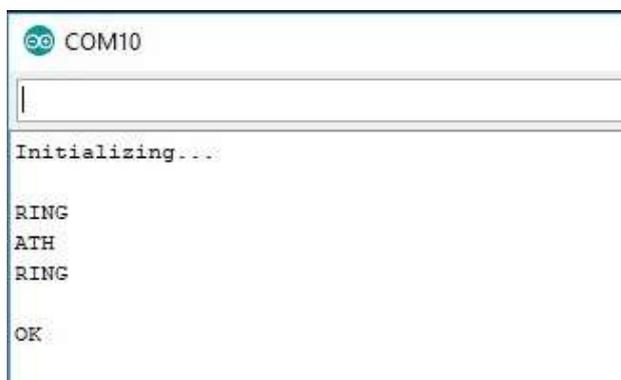


Рисунок 6.4 – Виклик, отриманий GSM-модулем SIM800L

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

На рисунку 6.5 зображений зовнішній вигляд підсистеми.

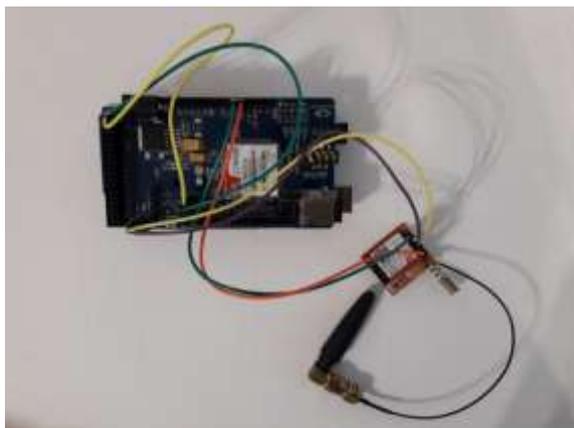


Рисунок 6.5 – Апаратна реалізація підсистеми повірки засобів вимірювальної техніки для вимірювання тривалості телефонних розмов

Висновки до розділу 6:

Розроблено алгоритм функціонування підсистеми повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов, на його основі побудовано блок-схему алгоритму, створено програмне забезпечення та макет повірочного комплексу.

					VM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломного проєкту розроблено підсистему повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов. Зроблений огляд комплексів та обладнання аналогічного призначення, а також складових для його створення, було вибрано сучасні комплектуючі для побудови даної підсистеми. Підсистема повірки дозволяє проводити вимірювання тривалості телефонних розмов для проведення подальших метрологічних робіт.

У дипломному проєкті представлений та обґрунтований вибір структурної схеми комплексу, на її основі розроблена функційна схема. З урахуванням структурної та функційної схем, розроблена електрична принципова схема. Проаналізовані похибки. Розроблено алгоритм, програмне забезпечення та макет.

					<i>ВМ61.120004.001 ПЗ</i>	Аркуш
						81
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці». – від 04.05.2015. – № 374. – 7 стор.

2. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки». – від 13.01.2016. – № 94. – 56 стор.

3. Формирователи телефонных соединений ПРИЗМА [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://td-str.ru/file.aspx?id=577> – Дата доступу: 20.03.20 – ПРИЗМА.

4. Калибратор интервалов времени КИВ-3М [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.microluch.com/opis_pkv.pdf – Дата доступу: 20.03.20 – КИВ-3М.

5. Вимірювальна система «Система тестування параметрів якості обслуговування мереж мобільного зв'язку». Паспорт – 2018. – С. 1–45.

6. Метрология: Решения «СИГМА» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sotsbi.ru/products/metrology/> – Дата доступу: 20.03.20 – Решения «СИГМА».

7. Системы измерений длительности соединений SI3000 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kip-guide.ru/info/50055-12> – Дата доступу: 22.04.20 – Системы измерений длительности соединений SI3000.

8. Система измерений длительности соединений СИДС «Протон-ССС» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://proton-sss.com/pdf/SIDS%20measuring%20system%20description.pdf> – Дата доступу: 22.04.20 – СИДС «Протон-ССС».

9. Dipti B. Fuzzy control based solar tracker using Arduino Uno / B. Dipti, C. Y. Patil. // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). – 2013. – №12. – С. 179–187.

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. What is Arduino? [Електронний ресурс] // Arduino Documentation. – 2015.
– Режим доступу до ресурсу:
web.csulb.edu/~hill/.../02%20Intro%20to%20Arduino.pdf – Дата доступу: 05.04.20 –
Arduino Documentation.

11. Datasheet Arduino UNO // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=ARDUINO%20UNO.html –
Дата доступу: 15.04.20 – Datasheet Arduino UNO.

12. Datasheet Arduino Nano // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=ARDUINO%20nano.html – Дата
доступу: 15.04.20 – Datasheet Arduino Nano.

13. Datasheet Arduino MEGA // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=ARDUINO%20Mega.html –
Дата доступу: 15.04.20 – Datasheet Arduino MEGA.

14. Datasheet GSM GPRS SIM900 // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20%20SIM900.
html – Дата доступу: 15.04.17 – Datasheet GSM GPRS SIM900.

15. Datasheet GSM GPRS SIM800L // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20%20
SIM800L.html – Дата доступу: 15.04.17 – Datasheet GSM GPRS SIM800L.

16. Datasheet GSM GPRS A6 // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20%20A6.html
– Дата доступу: 15.04.17 – Datasheet GSM GPRS A6.

17. Datasheet GSM GPRS A7 // – Режим доступу:
http://category.alldatasheet.com/index.jsp?sSearchword=GSM/GPRS%20%20A7.html
– Дата доступу: 15.04.17 – Datasheet GSM GPRS A7.

18. Повірочний комплекс для систем обліку кількості інформації та
вимірювання тривалості телефонних розмов / С.М. Курсін, М.С. Шевкун,
Д.А. Бурлака, М.П. Коваленко // Всеукраїнська наук.-тех. конф. молодих вчених у

					ВМ61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

царині метрології «TUM – 2018»: зб. тез доп. уч. (ел.), 13-18 лютого 2018 р., м. Славське, 2018. – С. 31-33.

19. Автоматизований повірочний комплекс для систем обліку кількості інформації та вимірювання тривалості телефонних розмов / Д.А. Бурлака, С.М. Курсін, М.П. Коваленко, М.В. Добролюбова // XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень в приладобудуванні», 04-05 грудня 2018 р., 2018. – С. 382-385.

20. Мікропроцесорна підсистема синхронізації модуля годинника реального часу в рамках повірочного комплексу / Д.А. Бурлака, С.М. Курсін, М.П. Коваленко, М.В. Добролюбова // Всеукраїнська наук.-тех. конф. молодих вчених у царині метрології «TUM – 2019»: зб. тез доп. уч. (ел.), 29 січня-2 лютого 2019 р., м. Славське, 2019. – С. 74-77.

21. Оцінка якості послуг мобільного зв'язку / Д.А. Невгод, М.П. Коваленко, М.В. Добролюбова // XIII Науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 13-14 травня 2019 р., 2019. – С. 382-386.

					BM61.120004.001 ПЗ	Аркуш
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Акт впровадження

МІНЕКОНОМІКИ

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ВИРОБНИЧИЙ ЦЕНТР
СТАНДАРТИЗАЦІЇ, МЕТРОЛОГІЇ, СЕРТИФІКАЦІЇ ТА ЗАХИСТУ ПРАВ СПОЖИВАЧІВ»
(ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»)

вул. Метрологічна, 4, м. Київ, 03143; тел: (044) 526-52-29, факс: (044) 526-42-60, Код ЄДРПОУ 02568182
e-mail: ukresm@ukresm.kiev.ua, web: http://www.ukresm.kiev.ua

10.06.2020 № 3-02/02-2020

На № _____

Завідувачу кафедри інформаційно-
вимірювальних технологій
КПІ ім. Ігоря Сікорського
д.т.н., проф. Єременко В.С.

АКТ

впровадження результатів дипломного проекту на здобуття ступеня бакалавра
Невгод Діни Анатоліївни

Повідомляємо, що результати наукових досліджень, викладені в дипломному проекті Невгод Діни Анатоліївни, виконаному за темою «Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов», використовуються в ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» для вдосконалення і оптимізації процесу повірки СВТТР. Розробка має високу теоретичну і практичну цінність, сприяє підвищенню продуктивності повірки, зменшенню вартості еталонних комплексів (систем) та собівартості метрологічних робіт.

Заступник генерального директора з метрології
оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки
та наукової діяльності, к.т.н.



Ю.В. Кузьменко

019546

ДОДАТОК А

Список публікацій

Перше викор.	Поз. позн.	Найменування			Кіл.	Примітка		
		Конденсатори						
	C1, C11	100F 0603			2			
	C2	470F 0603			1			
	C5, C6,	22pF K10-17			4			
	C13, C14							
	C7...C12,	100nF 0603			8			
	C15, C17							
	C3, C16	1uF 50V ECR 5x11mm (ECR010M50B-Hitano)			2			
		Мікросхеми						
DA1	TMP35			1				
DA2	REF3033			1				
DA3	ADA4528			1				
DA4	LP3985-33DBVR			1				
DD1	ATMEGA2560			1				
DD2	ATMEGA8U2-MU			1				
DD3	SIM800L			1				
	Резистори							
R1, R3, R5	10 kOhm 0603			5				
R7, R12								
R2	3.16 kOhm 0603			1				
R4, R9	27 Ohm 0603			2				
R6	4.7 kOhm 0603			1				
R8	1 kOhm 0603			5				
R13...R16								
R10, R11	22 Ohm 0603			2				
Підпис і дата					BM61.120004.001 ПЕЗ			
Інв. № дубл.					Підсистема повірки ЗВТ для вимірювання тривалості телефонних розмов Перелік елементів			
Взам. інв. №					Літ Маса Масшт			
Підпис і дата					Аркуш 1 Аркушів 2			
Інв. № підп.	Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	КПІ ім. Ігоря Сікорського ПБФ, гр. BM-61-2		
	Розроб.	Невгод Д.А.						
	Перев.	Добролюбова М.В.						
	Т. конт.	Добролюбова М.В.						
	Н. конт.			Богомазов С.А.				
	Затвер.			Єременко В.С.				

