

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

Приладобудівний факультет  
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ІВТ

\_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище) **Володимир ЄРЕМЕНКО**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проект**  
**на здобуття ступеня бакалавра**  
за освітньо-професійною програмою  
**«Інформаційні вимірювальні технології та системи»**  
спеціальності **152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**  
на тему: **Пристрій для моніторингу стану людини**

Виконав (-ла): студент (-ка) **IV** курсу, групи **ВА-71**

\_\_\_\_\_  
Берега Влад Романович  
(прізвище, ім'я, по батькові) \_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник

ст. викладач **Козир Олег Васильович** \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(назва розділу) \_\_\_\_\_ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище ім'я по батькові) (підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 року

№ 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	BA71.010004.001 E1	Пристрій для моніторингу	1	
9			стану людини		
10			Схема електрична		
11			структурна		
12					
13					
14	A1	BA71.010004.001 E2	Пристрій для моніторингу	1	
15			стану людини		
16			Схема електрична		
17			функційна		
18					
19					
20	A1	BA71.010004.001 E3	Пристрій для моніторингу	1	
21			стану людини		
22			Схема електрична		
23			принципова		
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
					Аркуш
					2
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

BA71.010004.001 ОАП

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

Факультет (інститут) приладобудівний факультет  
(повна назва)

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій  
(повна назва)

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  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

Березові Владу Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Пристрій для моніторингу стану людини

керівник проєкту (роботи) Козир Олег Васильович, ст. викладач. \_\_\_\_\_ ,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «26» 05 2021 р. №1347-с

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) ТЗ. Вступ. Огляд існуючих технічних рішень. Розробка структурної, функціональної та принципової схем.

4. Перелік (ілюстративного) графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів тощо) Схема структурна. Схема функціональна.. Схема принципова..

## 5. Консультанти розділів проєкту (роботи)\*

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

6. Дата видачі завдання 11 лютого 2021 року

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	22.02.2021 р.	
2.	Огляд і аналіз існуючих технічних рішень	05.03.2021 р.	
3.	Проектування структурної схеми	13.03.2021 р.	
4.	Проектування функційної схеми	02.04.2021 р.	
5.	Проектування схеми електричної принципової вимірювальних каналів системи	14.04.2021 р.	
6.	Оформлення графічних матеріалів	01.06.2021 р.	
7.	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2021 р.	
8.	Попередній захист дипломного проєкту	09.06.2021 р.	
9.	Рецензування дипломного проєкту	до 14.06.2020 р.	
10.	Захист дипломного проєкту	до 18.06.2020 р.	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Берега Влад Романович  
(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Козир О.В.  
(ініціали, прізвище)

---

\* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту (роботи)

## АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті розроблено пристрій для моніторингу стану людини та проведений розрахунок принципової схеми.

Було розглянуто методи вимірювання температури та пульсу людини. Найбільш поширеним методом вимірювання температури є вимірювання ртутним термометром, а пульсу – метод пульсової оксиметрії.

В проєкті розроблена структурна, а також принципова схема пристрою.

Проведений опис контролерів, що використовуються у пристрою, а також описано принцип роботи АЦП та інтерфейсу USI. Розглянуті та описані способи запуску на ринок, розраховано приблизну вартість приладу.

## **SUMMARY**

The diploma project developed a device for monitoring the human condition and the calculation of the schematic diagram.

Methods of measuring human temperature and heart rate were considered. The most common method of measuring temperature is the measurement with a mercury thermometer, and the pulse is the method of pulse oximetry.

The project develops a structural and schematic diagram of the device.

A description of the controllers used in the device, as well as the principle of operation of the ADC and the USI interface. The methods of launching on the market are considered and described, the approximate cost of the device is calculated.

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

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ІВТ

\_\_\_\_\_ проф. Володимир ЄРЕМЕНКО

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт**

**«Пристрій для моніторингу стану людини»**

**ВА71.010004.001 ТЗ**

УЗГОДЖЕНО:

Керівник дипломного проєкту

\_\_\_\_\_ ст. викладач \_\_\_\_\_

(Посада)

\_\_\_\_\_ **Козир О.В.** \_\_\_\_\_

(Прізвище І.ПБ.)

Дипломник:

Ст. гр. ВА-71

\_\_\_\_\_ **Берега В.Р.** \_\_\_\_\_

(Прізвище І.ПБ.)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 р.

Залікова книжка \_\_\_\_\_ **ВА7101** \_\_\_\_\_

Київ 2021

## **1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ**

Розроблений пристрій для дистанційного моніторингу стану людини, реєстрація температури та пульсу. Використання в домашніх умовах та будь якого місця розташування.

## **2 ПІДСТАВИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРОБКИ**

Підставою для розробки є завдання на дипломний проєкт, видане і затверджене кафедрою інформаційно-вимірювальних технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

## **3 МЕТА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ**

Метою розробки є створення на сучасній елементній базі пристрій для моніторингу.

Використання пристрою дозволить:

- проводити вимірювання температури та пульсу разом;
- передавати дані за допомогою радіомодуля.
- зберігати отримані дані.

## **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, що визначають експлуатаційні характеристики, показники якості та метрологічні характеристики

5.1.1 Технічні характеристики, метрологічні характеристики і показники якості

5.1.1.1 Пристрій повинен виконувати вимірювання дистанційно.

5.1.1.3 Пристрій повинен мати наступні технічні характеристики:

5.1.1.3.1 Діапазон вимірювання: 30 - 210 уд / с – пульсу 35 - 45 °С - температури.

5.1.1.3.2 Точність вимірювання:  $\pm 0,1$  °С

5.1.1.3.2 Частота передачі 433 МГц

5.1.1.4 Пристрій повинен забезпечувати передачу результатів вимірювання по радіоканалі.

5.1.2 Вимоги до виду кліматичного виконання та вимоги до розробляемого пристрою частині видів впливових величин

5.1.2.1 Пристрій повинен зберігати свої параметри в межах норм, установлених технічним завданням протягом строків служби і зберігання після і (або) в процесі впливу кліматичних факторів, що відповідають ГОСТ 15150

5.1.2.2 По стійкості до кліматичних і механічних дій пристрій повинен відноситися до групи 3 ГОСТ 22261 – 94.

## **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	Розробка та узгодження технічного завдання	12.05.2021
2	Огляд аналогічних рішень	13.05.2021
3	Проектування схеми електричної структурної пристрою	15.05.2021
4	Проектування схеми електричної функціональної пристрою	20.05.2021
5	Проектування схеми електричної принципової пристрою	22.05.2021
6	Розрахунок похибок вимірювального каналу	25.05.2021
7	Розроблення питань охорони праці	28.05.2021
8	Розроблення програмного забезпечення дипломного проєкту	01.06.2021
9	Оформлення графічних матеріалів	02.06.2021
10	Оформлення пояснювальної записки	04.06.2021
11	Попередній захист дипломного проєкту	09.06.2021
12	Рецензування дипломного проєкту	до 14.06.2021
13	Захист дипломного проєкту	до 18.06.2021

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

№ рядка	Форма т	Познаки	Найменування	Аркушів	№Екз.	Примітки	
1			<u>Альбом 1</u>				
2			<u>Документація загальна</u>				
3			<u>Заново розроблена</u>				
4	A4	BA71.010004.001 ТП	Відомість технічного проекту	1	1		
5	A4	BA71.010004.002 ПЗ	Пояснювальна записка	70	1		
6	A4	BA71.010004.001 ТЗ	Технічне завдання	1	1		
7							
8							
9	A4	BA71.010004.003 ПЕЗ	Пристрій для моніторингу стану людини				
10			Перелік елементів	1	1		
11							
12							
13							
14							
15							
				BA71.01004.001 ТП			
Зм.	Арк.	Недокумента	Підп. Дата				
Розроб.		Берега В.Р.		Пристрій для моніторингу стану людини  Відомість технічного проекту	Літ.	Аркуш.	Аркушів
Перев.		Козир О.В.			Т		1 2
Н.Контр.		Богомазов С.А.			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ІВТ, гр. ВА-71		
Затвердж.		Єременко В.С.					

№ рядка	Форма т	Позначки	Найменування	Аркушів	№ Екз.	Примітки			
1			Альбом 2						
2									
3			Графічна документація						
4			Розроблена заново						
5	A1	BA71.01004.001 E1	Пристрій для моніторингу стану людини						
6			Схема електрична структурна	1	1				
7									
8	A1	BA71.01004.001 E2	Пристрій для моніторингу стану людини						
9			Схема електрична функціональна	1	1				
10									
11	A1	BA71.01004.001 E3	Пристрій для моніторингу стану людини						
12			Схема електрична принципова	1	1				
13									
14									
					BA71.01004.001 ТП				
Зм.	Арк.	Недокумента	Підп.	Дата					
Розроб.		Берега В.Р.			Пристрій для моніторингу стану людини  Відомість технічного проекту	Літ.	Аркуш.		Аркушів
Перев.		Козир О.В.				Т		2	2
Н.Контр.		Богомазов С.А.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ІВТ, гр. ВА-71			
Затвердж.		Єременко В.С.							

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту**

на тему: "Пристрій для моніторингу стану людини"

Київ – 2021 року

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 СЕРЦЕВІ СКОРОЧЕННЯ ТА ТЕМПЕРАТУРА ТІЛА</b> .....	6
1.1 Вимірювання температури тіла.....	6
1.2 Види термометрів .....	8
1.2.1 Манометричні термометри.....	8
1.2.2 Рідинні термометри.....	8
1.2.3 Терморезистивні датчики.....	8
1.2.4 Термоелектричні датчики(термометри опору) .....	9
1.2.5 П'єзоелектричні датчики.....	9
1.2.6 Цифрові термометри.....	10
1.2.7 Механічні термометри.....	10
1.2.8 Кварцові термометри.....	11
1.2.9 Газові термометри.....	11
1.2.10 Спиртові термометри.....	12
1.3 Пульс. Частота Серцевих Скорочень та Електрокардіографія .....	13
1.3.1 Методи вимірювання пульсу.....	13
1.3.1.1 Частота серцевих скорочень.....	14
1.3.1.2 Сфігмографія та сфігмограма.....	14
1.3.1.3 Електрокардіографія.....	17
1.4 Оптичний метод пульсової оксиметрії .....	20
1.4.1 Метод пульсової оксиметрії(пульсоксиметрія) .....	20
1.4.2 Принцип роботи пульсоксиметрії.....	21
1.4.3 Застосування пульсоксиметрії.....	22
1.5 Обмеження пульсоксиметрії .....	23
1.5.1 Недоліки пульсової оксиметрії.....	23
1.6 Висновок .....	24
<b>2. ОГЛЯД ПРИЛАДІВ АНАЛОГІВ ДИСТАНЦІЙНОГО І СТАЦІОНАРНОГО КОНТРОЛЮ</b>	
<b>ТЕМПЕРАТУРИ І ПУЛЬСУ ПАЦІЄНТА</b> .....	25
<b>3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b> .....	30

					BA71.010004.001 ПЗ											
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Пристрій для моніторингу стану людини					Літ.		Аркуш	Аркушів			
Розроб.	Береза В.Р.									о		2	74			
Перевір.	Козир О.В.															
Н. контр.	Богомазов									КПІ ім Ігоря Сікорського каф.ІВТ, гр. BA71						
Затв.	Єременко В															
					Пояснювальна записка											

3.1 Дослідження маркетингу .....	30
3.1.1 Технічні характеристики приладу.....	30
3.1.2 Споживач .....	31
3.1.3 Аналоги.....	31
3.1.4 Функціонал приладу .....	32
3.1.5 Гарантія та знос пристрою .....	32
3.1.6 Потенційний обсяг ринку .....	32
3.1.7 Життєвий цикл пристрою та темпи зросту .....	33
3.1.8 Реклама.....	34
3.2 Запуск в ринок .....	34
3.2.1 Розрахунок для запуску .....	34
3.3 Собівартість пристрою .....	35
3.4 Співпраця із існуючими постачальниками і партнерами .....	35
3.5 Висновок.....	37
<b>4. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЛАДУ .....</b>	<b>38</b>
4.1 Технічне завдання .....	38
4.2 Функційна та принципова схеми.....	39
4.2.1 Мікропроцесорний блок. Моніторинг температури та пульсу.....	41
<b>5. ПРИНЦИП РОБОТИ АЦП.....</b>	<b>46</b>
5.1 Функціонал АЦП .....	46
5.2 Регістри АЦП .....	46
5.3 Регістри інтерфейсу USI .....	48
5.3.1 Інтерфейс USI .....	49
5.4 Режим інтерфейсу USI .....	51
5.5 Датчик температури .....	52
5.6 Датчик пульсу .....	56
5.7 Стабілізатор напруги та блок приймача.....	60
5.8 Блок індикації та блок управління .....	68
<b>6. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....</b>	<b>70</b>
6.1 MatLab.....	70
6.2 LabVIEW.....	71
6.3 Virtual Reality.....	71
6.4 Proteus .....	72
6.5 MySQL Workbench.....	72
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>73</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>74</b>

## ВСТУП

Коли ми думаємо про медицину нам одразу спадає на думку температура і пульс людини. В першу чергу за допомогою пульсометрії і термометрії можна точно і якісно оцінити і виміряти ЧСС(частота серцевих скорочень) та температуру тіла людини.

Самостійно у дома, або в будь якому іншому місці, вимірювання і реєстрація температури тіла та пульсу є дуже важливим, оскільки допомагає стежити за станом нашого здоров'я.

Метою роботи є пристрій, який дистанційно допоможе нам виміряти ці показники, оскільки пульсометрія і термометрія – це стаціонарні методи. Тобто потрібно постійно бути поруч із людиною при вимірюванні і реєстрації.

Сьогодні подібних пристроїв або не має, або дуже маленька кількість. Тому це являється вагомою проблемою.

Принцип роботи його базується на тому, що він прикріплюється на внутрішній частині плеча, що дає змогу якомога точно і якісно здійснити вимірювання.

Метою роботи являється створення пристрою, що буде допомагати вимірювати і реєструвати як і температуру тіла, так і пульс дистанційно. Тобто не потрібно буде знаходитися поруч із людиною для того, щоб здійснити такі вимірювання. Щоб нам виконати цю роботу потрібно :

1. Описати та вибрати найкращий метод фіксування ЧСС і температури;
2. Подивитися які існують прилади-аналоги і вибрати подібні;
3. Опираючись на технічні вимоги створити принципову і структурну схеми;
4. Розповісти як краще і кому використовувати даний пристрій.

Дізнавшись про обсяг роботи і план, нам також потрібно, щоб пристрій був забезпечений радіомодулем. Він потрібен для того, щоб дозволити пристрою передавати інформацію на величезні відстані. Безпосередньо, мусять бути



сприятливі вимоги до електробезпеки, так як цей пристрій буде використовуватися не тільки в домашніх умовах, а й у медичних дослідженнях.

Тому, наше завдання – це створення пристрою, який дистанційно дасть змогу вимірювати і відслідковувати зміни основних фізіологічних показників людини, а саме пульсу і температури.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						5
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 СЕРЦЕВІ СКОРОЧЕННЯ ТА ТЕМПЕРАТУРА ТІЛА

## 1.1 Вимірювання температури людини

Температура тіла – показник стану усіх живих організмів. Він є найбільш важливим і основним, оскільки дає нам дізнатися про зміни в середині. Зміна температури відбувається протягом усього дня, тобто температура зранку буде відрізнятися від температури ввечері і навпаки. Звісно в більшості випадків такі зміни незначні, наприклад вони будуть складати  $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$ , але різниця температури внутрішніх органів, м'язів та шкіри набагато вища, вона складає  $5-10^{\circ}\text{C}$ , що в багатьох випадках робить складним вимірювання і визначення середньої температури всього організму. Коливання найчастіше виникають через: мікроби, психоосматичні чинники, травми, стрес, страхи, кошмари, перевантаження мозкової діяльності, перевантаження фізичної діяльності. Саме значення температури і знання її, дає нам змогу дізнатися про те, як вона змінюється протягом усього дня.

Тому, в медицині вже як аксіомою є вимірювання температури 2-3 рази на день. Оскільки саме так легше дізнатися про її коливання і визначити середню температуру. Прийнято робити вимірювання приблизно діапазоні 6-9 годинні ранку та 16-22 годинні вечору.

Ми звикли, що вимірювання температури відбувається у паховій западині. Але окрім цього є ще декілька способів вимірювання, такі як: в паховій западині, в паховій складці, в ротовій порожнині, в вушному каналі, в прямій кишці та у піхві. Але і тут не все так просто. Температура буде різною і в таких випадках. У ротовій порожнині температура – на  $0,5$  градусів нижче ректальної і на стільки ж вище температури тіла, що виміряна під пахвою, в вушному каналі температура однакова із ректальною, а в паховій складці однакова із температурою в порожнині рота.

Крім того, що ми звикли з тим, що у паховій ямці найпростіше вимірювати температуру, не потрібно забувати і те, що це не дуже точний

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						6
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

спосіб. Оскільки результати буду різнитися із тими, що були виміряні в інших ділянках.

Найпопулярніший спосіб вимірювання температури – вимірювання термометром. Термометр – прилад що дозволяє вимірювати температуру через перетворення тепла в покази, або в сигнали. Але, потрібно знати, що перед самим використанням термометра, слід протерти шкіру в місці вимірювання серветкою, що зменшує шанс охолодження градусника. Також, потрібно дивитися за тим, щоб повітря не потрапляло в пахову яму і термометр щільно прилягав до шкіри людини.

Саме вимірювання відбувається продовж 1-3 хвилин, а при використанні ртутного термометра – не менше 10 хвилин.

Нормальною для людини температура – 36,3-36,8 градусів.

На даний момент відомо про доволі велику кількість видів термометрів: електронні термометри, цифрові, термометри опору, біметалічні термометри, інфрачервоні термометри, дистанційні термометри, електроконтактні термометри і також найбільш популярні в використанні - спиртові та ртутні термометри. Також, окрім самих термометрів, в продажі широко представлені: оправы до термометрів, манометричні термометри, портативні пірометри, гігрометри термометри, термометри барометри, тонометри термометри, термопари та інше обладнання.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

## 1.2 Види термометрів

### 1.2.1 Манометричні термометри

Манометричний термометр – пристрій, що складається з термобалону, гнучкого капіляру, що заповнений робочою речовиною та манометра. Принцип роботи: змінюється тиск газу, пари або рідини в замкнутому просторі, коли відбувається зміна температури. Вони діляться на такі види(в залежності від того, чим вони наповнені): газові, парорідинні, рідинні. Діапазон температур, яку вимірює такий термометр: від -60 до + 600 °С.

### 1.2.2 Рідинні термометри

Рідинний термометр – це пристрій який переважно повністю виготовлений зі скла. Принцип дії його простий: вся рідина в термометрі під дією температури, що змінюється навколо цієї рідини, зростає. Як правило, рідиною є або спирт, або ртуть.

Рідина зміщується лінійно по шкалі, що нанесена на поверхню капіляра при зміні температури. Чутливість залежить від: діаметра капіляра, зміни об'єму рідини і скла, обсягу резервуара.

Діапазон чутливості таких термометрів 0,2 ... 4 мм/°С (для особливих термометрів ця межа 90 ... 200 мм/°С).

### 1.2.3 Терморезистивні датчики

Терморезистивні термодатчики – вони засновані на принципі зміни електричного опору, при зміні температури. Основним елементом такого датчика є терморезистор. Він змінює свій опір залежно від температури навколишнього середовища.

Терморезистор зображено на рисунку 1.1

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

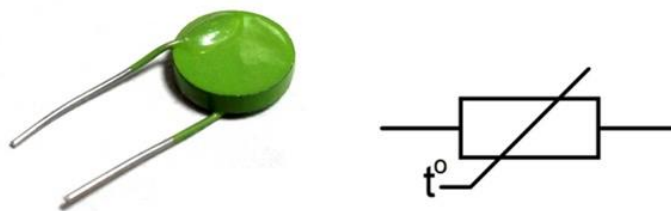


Рисунок 1.1 – Терморезистор

Перевагами такого датчика є: чутливість, довготривала стабільність та простота створення схем.

Діапазон вимірювання:  $-70 \dots +500$  °C.

#### 1.2.4 Термоелектричні датчики(термометр опору)

Принцип дії такої групи датчиків базується на тому, що в замкнутих контурах провідників або напівпровідників створюється електричний струм, якщо місця спаю розрізняються по температурі.

Щоб виміряти температуру, один кінець термопари поміщають в середовище вимірювання, а інший – він слугує для зняття значень вимірювання.

Головним недоліком таких датчиків є досить велика похибка. Це є неприпустимим для більшості технологічних процесів.

Граничне значення вимірюваної температури визначають саме матеріали з яких виготовлені термоелектроди: хромель-копель ( $600$  °C), хромель-алюмель ( $1000$  °C), платинородій-платина ( $1600$  °C) і вольфрамреній з 5% ренію- вольфрамреній з 20% ренію ( $2200$  °C).

Термопари встановлюють в захисних чохлах, на яких зазначений тип термопари.

#### 1.2.5 П'єзоелектричні датчики

Всі датчики такого типу працюють за допомогою кварцевого п'єзрезонатора. Суть роботи – прямий п'єзоефект. Тобто зміна лінійних розмірів під впливом

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						9
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

електричного струму. Частота коливань такого датчика залежить від температури. Самі ж коливання відбуваються при поперемінній подачі різнофазного струму із певною частотою.

Знаючи це, можна із легкістю перетворити дані про частоту коливань резонатора в температуру.

#### 1.2.6 Цифрові термометри

Цифровий термометр – пристрій для вимірювання температури. Переваги цифрового термометра:

- 1) Малі розміри;
- 2) Широкий діапазон вимірюваної температури (Цей діапазон залежить від використовуваних зовнішніх датчиків температури).

Термопари різних типів, термометри опору – можуть бути зовнішніми датчиками, що мають різні форми і сфери використання. Прикладом є зовнішні датчики температури для газоподібних, рідких і твердих тіл.

Цифрові термометри – насамперед високоточні і високошвидкісні пристрої. В його основі лежить аналого-цифровий перетворювач (АЦП), який працює по принципу модуляції.

Застосування цифрових термометрів доволі різноманітне: використовують в побутових цілях, для контролю технологічних процесів, в будівництві, в сільському господарстві, в таких галузях промисловості як деревообробна і харчова.

Декілька режимів спостереження, цифрові термометри мають через те, що мають пам'ять вимірювань.

#### 1.2.7 Механічний термометр

Принцип такого термометру такий же як і в рідинного. Різниця лише у тому, що датчиком тут слугує спіраль, яка виготовлена з металу, чи біметалу.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						1
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.2.8 Кварцові термометри

Основа кварцових термометрів лежить в температурній залежності резонансної частоти п'єзокварца. Датчиком являється кристалічний резонатор. Він виконаний в формі тонкого диску або у вигляді лінзи. Цей датчик поміщений у герметизуючий кожух, який заповнений гелієм, для кращої теплопровідності. Тиск там близько 0,1 мм.рт.ст.. Діаметр самого кожуха 7-10 мм. Схема термометра складається: датчик і частотомір.

Мінусами такого термометра є: інерційність, що складає кілька секунд і нестабільна робота при температурах вище 100°C.

### 1.2.9 Газові термометри

Термометр, які засновані на законі Шарля. Закон Шарля – закон що описує співвідношення тиску і температури для ідеального газу. У широких межах змін концентрацій газів і температур і малих тисках температурний коефіцієнт тиску різних газів приблизно однаковий, тому спосіб вимірювання температури за допомогою газового термометра виявляється малозалежним від властивостей конкретної речовини, що використовується в термометрі у якості робочого тіла.

Найбільш точні результати виходять, якщо в якості робочого тіла використовувати водень або гелій. Газовий термометр високої точності - досить складний пристрій. Необхідно враховувати не ідеальність газу, теплове розширення балона і сполучної трубки, зміна складу газу всередині балона (сорбцію і дифузію газів), зміна температури уздовж сполучної трубки. Переваги: шкала приладу практично рівномірна. Недоліки: порівняно велика інерційність і великі розміри термобаллона .

### 1.2.10 Спиртові термометри

Спиртові термометри належать до рідинних і є їх підвидом. Принцип дії таких термометрів оснований на зміні об'єму рідини і твердих тіл при вимірюванні температури.

Чутливість таких термометрів розміщена в зворотній залежності від площі поперечного перерізу капіляра і в прямій - від обсягу резервуара і від різниці коефіцієнта розширення рідини і скла.

Для вимірювання низьких температур за допомогою спиртових термометрів використовують етиловий спирт. Точність стандартного скляного спиртового термометра  $\pm 0,05^\circ \text{C}$ .

Помилки можуть бути пов'язані із: поступові необоротні зміни пружних властивостей скла, неправильне зчитування показів або коли термометр розміщений в тому місці, де температура не відповідає температурі повітря. Також можуть виникати помилки через сили зчеплення спирту і скляними стінками трубки. Крім того, спирт на світлі зменшує свій об'єм.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						12
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



### 1.3 Пульс. Частота Серцевих Скорочень та Електрокардіографія

Пульс – коливання стінок артерій, яке синхронне із діяльністю серця. Це коливання спричиняє вигнання крові в артеріальну систему. Пульс ділиться на: артеріальний(центральный та периферичний), венозний, капілярний.

Основними характеристиками є:

1. Ритмічність;
2. Частота;
3. Напруження;
4. Швидкість;
5. Рівномірність;
6. Парадоксальність;
7. Дефіцит;
8. Лабільність.

Дослідження пульсу називається пульсометрією.

Нормальними показниками пульсу є: частота 60-90 ударів/хвилину, правильний ритм(пульсова хвиля проходить однакові проміжки часу), повний пульс, середнє напруження.

Приступимо до оглядів відомих на сьогоднішній день вимірювання пульсу.

### 1.3.1 Методи вимірювання пульсу

#### 1.3.1.1 Частота серцевих скорочень

Серце – це м'яз. Як і усі м'язи його можна тренувати. Найкращим способом є кардіо навантаження.

Частота серцевих скорочень - кількість скорочень серця за одну хвилину. ЧСС є одною із важливих характеристик фізіологічного стану організму людини. Вона виявляється в ударах за хвилину.

ЧСС розраховують впродовж 6-10 секунд і відповідно домножують на 6-10, в залежності скільки часу відбувалося вимірювання. Але для більш точних значень краще все ж брати повну хвилину і відповідно домножувати на хвилину(60 секунд). Слід не забувати, що частоті характерна щосекундна зміна. Відповідно результати будуть коливатися і не відповідати один одному у повній мірі.

ЧСС дорослого чоловіка і жінки різні. У чоловіка він має 65-75 у/х, жінки ж він складає 80-85 у/х. Звісно, у новонароджених частота буде набагато більше, а саме 130-150 ударів.

Крім того, величина може значно змінюватися при таких чинниках: фізичні навантаження, захворюваність, емоційний стан, дефіцит гемоглобіну, зріст, вік, стать(як вже було сказано вище) та багато інших.

#### 1.3.1.2 Сфігмографія та сфігмограма

Сфігмографія – медичний інструментальний метод, для дослідження артеріального пульсу. Базується на реєстрації розширення ділянки артерії під час проходження по ньому пульсової хвилі. Популярності цей метод набув саме в 19-20 ст.

Сфігмографія визначає:

- 1.Визначення прохідності периферичних судин;
- 2.Властивості пульсу(частоту, ритмічність, наповнення, висоту);
- 3.Збільшення чи зменшення артеріального тиску відповідно до норми;
- 4.Зниження судинного опору;
5. Швидкість поширення пульсової хвилі;
- 6.Аортальний порок серця;
- 7.Ударний об'єм серця за методом Вецлера-Бегера, або Бремзеля-Ранке.

Сфігмаграми діляться на центрального і периферійного пульсу, а також пряму об'ємну сфігмографію.

З технічної сторони запис сфігмограми нескладний. Найчастіше накладається 2 або більше п'єзодатчика. Запис сфігмограми проводиться у горизонтальному положенні людини(на спині), з витягнутими руками. Датчик розміщують на пульсуючій артерії на рівні верхнього краю щитоподібного хряща. Дослідження спрямоване на те, що визначити швидкість поширення пульсової хвилі по судинах. Запис сфігмограми відбувається при швидкості руху механізму. Швидкість руху стрічки 40-90 мм/с. Сфігмограма, записані з артерій еластичного типу(легневий стовбур, аорта) характеризують саме центральний пульс. Записані із периферичних артерій м'язового типу характеризують периферичний пульс.

Морфологія кривої периферичного пульсу найменш складна, ніж центрального. Тут ми можемо виділити два коліна: висхідне і спадне. Висхідне коліно – анакорта «а» (раптовий підйомом тиску в артерії) з додатковою дикротичною хвилею «б».  
(рисунок 1.2)

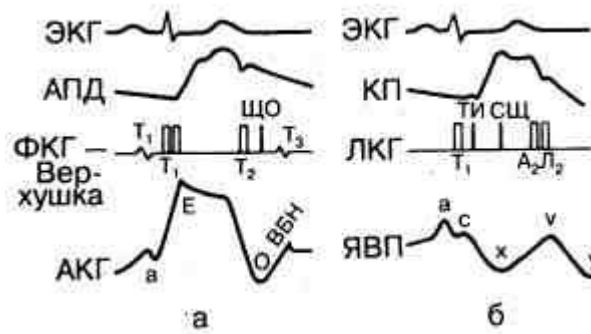


Рисунок 1.2 - Електрична характеристика роботи серця

Можна дізнатися про особливості потоку крові з лівого шлуночка при різних патологічних станах за допомогою морфології кривої. Підйом, що являється більший ніж нормальний, з висхідним плато характерний для підвищеного тиску в аорті, а ранній пік з низькою систолічною вершиною, яка переходить в доволі швидке пониження, відповідає низькому тиску.

Для обчислення та реєстрації швидкості поширення пульсової хвилі використовують синхронний запис. Саме запис сфігмограми сонної, стегневої та променевої артерій.

Для обчислення часу запізнення пульсу роблять лінійні вимірювання відстаней. А саме: 11 - між точками розташування датчика пульсу на сонній артерії і яремної вирізки грудини; 12 - від яремної вирізки грудини до пупка; 13 - від пупка до місця накладення датчика пульсу на стегновій артерії, 14 - від яремної вирізки грудини до місця фіксації датчика на променевої артерії при витягнутої під прямим кутом до тулуба руки. Запис самої сфігмограми лежить в основі аналізу швидкості поширення пульсової хвилі.

Щоб визначити з якою швидкістю поширюється пульсова хвиля у судинах м'язового типу використовують формулу:  $CM = 12 + 13 - 11 / t \text{ м.}$

Розрахунки роблять 5-10 раз і виводять середні величини (в см/с). Відношення швидкості поширення пульсової хвилі по судинах м'язового типу до швидкості поширення пульсової хвилі по судинах еластичного типу у здорових людей

знаходиться в межах 1,1-1,3. Ця швидкість змінюється з віком людини, що показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Залежність швидкості поширення пульсової хвилі від віку

Вік, років	Величина, см / с
15-19	470
20-24	520
25-35	620
36-44	785
45-54	930
55-56	1000

#### 1.3.1.3 Електрокардіографія

Електрокардіографія(ЕКГ) – це метод, який реєструє електричні явища, що виникають у серцевому м'язі під час діяльності. Сам процес реєстрації відбувається з допомогою електрокардіографів. ЕКГ – це запис електричних потенціалів дії з 12 відведень(однополюсні грудні відведення та підсилені відведення від кінцівок). Розташування однополюсних грудних відведень, куди найчастіше прикріплюються датчики, показано на рисунку 1.3.

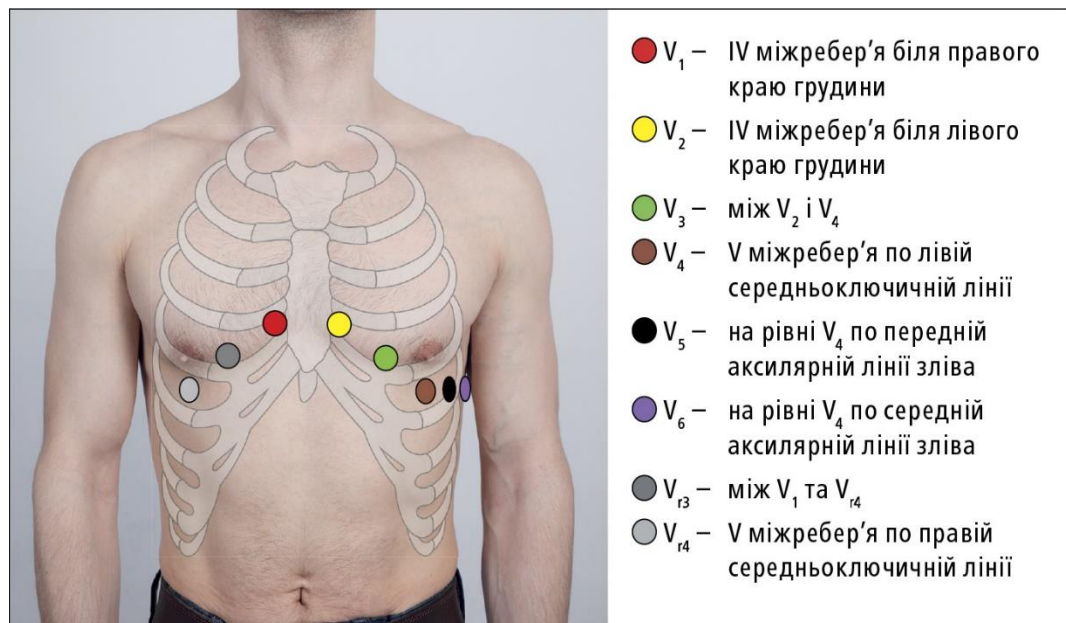


Рисунок 1.3 - Розташування датчиків ЕКГ

Цей метод дає змогу з дуже великою точністю і впевненістю стверджувати про локалізацію вогнищевих змін міокарда(поширеність, глибину і час).

Основа електрокардіографії базується на законах електродинаміки. Після того, як відбувається генерація імпульсу в синусовому вузлі то збудження поширюється на початку на праве, а потім через деякий час(0,02 с) і на ліве передсердя. Далі відбувається доволі мала затримка, яка відбувається в атріовентрикулярному вузлі. Воно переходить на перегородку і одночасно обіймає правий і лівий шлуночки серця, що провокує до скорочення серця. Усі клітини, що збуджуються, стають диполем. Збудження розповсюджується по усьому серцю, що провокує виникнення в тілі електричного поля. Електроди електрокардіографа ловлять зміни , які відбуваються за серцевий цикл різниці потенціалів в 2 точках цього електричного поля. Ці зміни реєструються у вигляді зубців ЕКГ, що прямують від ізоелектричної лінії вгору (позитивні зубці) або вниз (негативні зубці) в залежності від напрямку ЕРС між полюсами електродів.

Схема нормального запису ЕКГ показано на рисунку 1.4.

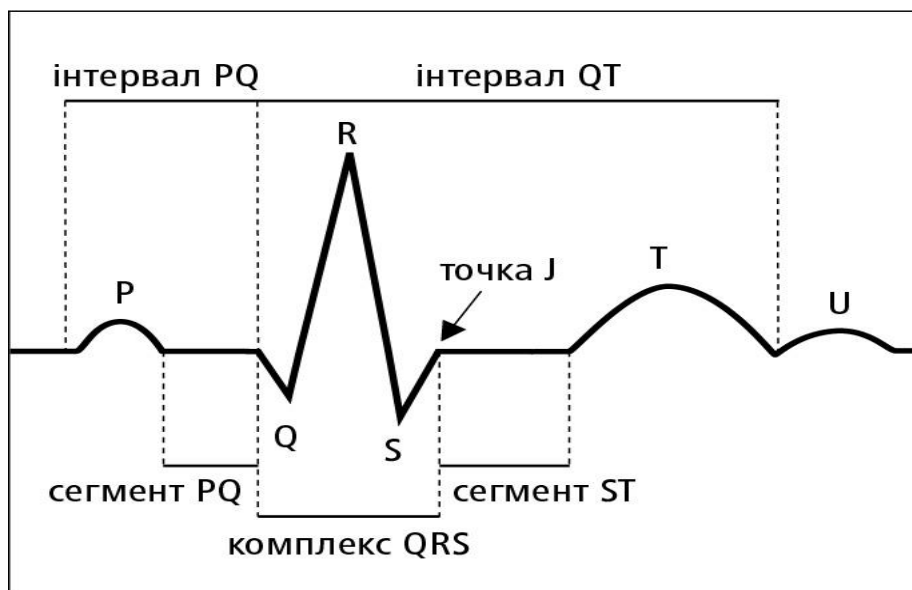


Рисунок 1.4 - Схема запису ЕКГ

ЕКГ реєструється на міліметровій сітці. Вона дає змогу виконати вимірювання ЧСС, тривалість та амплітуду окремих морфологічних елементів запису. Інтервал малої клітини в сітці складає 0,04 с, а великої клітини – 0,2 с. У стандартному запису ЕКГ висота інтервалу складає 1 см при 1 мВ.

## 1.4 Оптичний метод пульсової оксиметрії

### 1.4.1 Метод пульсової оксиметрії(пульсоксиметрія)

Пульсова оксиметрія(пульсоксиметрія) – неінвазивний метод визначення, наскільки насичена кров киснем. Крім того, цей метод є найдоступніший та найдешевшим при будь яких умовах. Ним користуються: в загальних відділеннях, в інтенсивній терапії, в палатах пробудження і під час анестезії. Він проводиться за допомогою пульсоксиметра.

На роботу пульсоксиметра впливають: зовнішній світ, вібрації, патологічний гемоглобін, частота і ритм пульсу, робота серця. Пульсоксиметр показує лише степінь оксигенації, яке може дати відчуття безпеки, що є помилковим.

Пульсоксиметр вимірює:

А) Насичення гемоглобіну артеріальної крові киснем. Дані показуються у вигляді відсотка насичення і звукового сигналу. У нормі, кисень становить 95-98%, а при кисневій терапії може досягати 99-100%.

Б) Частоту пульсу - удари в хвилину в середньому за 5-20 секунд.

Пульсоксиметр не дає нам дізнатися про про:

- вмісті кисню в крові;
- кількість розчиненого в крові кисню;
- частоту дихання;
- серцевий викид або артеріальний тиск.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						20
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



#### 1.4.2 Принципи роботи пульсоксиметрії

Принцип роботи пульсоксиметра полягає у диференційованому поглинанні світла з різною довжиною хвилі гемоглобіном в залежності від ступеня насичення киснем.

В основу методу покладено два явища. По-перше – поглинання гемоглобіном світла, двох різних по довжині хвиль, що змінюється внаслідок насичення його киснем. По-друге – світловий сигнал, проходячи через тканини, набуває пульсуючий характер. Це відбувається внаслідок зміни обсягу артеріального русла при серцевому скороченні. Ступінь поглинання залежить від того, наскільки гемоглобін крові насичений киснем. 1 молекула гемоглобіну переносить 4 молекули кисню і тоді вона буде насичена на всі 100%. Фотодетектор реєструє зміну кольору крові, який залежить від цього показника. Середнє значення показується на моніторі пульсоксиметра. Також є спеціальні пульсоксиметри, які призначені для вимірювання карбоксигемоглобіну та метгемоглобіну. Їх називають СО-оксиметр.

На сьогоднішній час існують новітні мікропроцесори у пульсоксиметрах, які здатні поменшити вплив розсіювання світла на роботу. Щоб усунути фоновий «шум» виконується багаторазовий поділ сигналу в часу (циклічна робота світлодіодів). Наприклад: включається червоний, потім інфрачервоний, потім обидва відключаються, і так багато разів в секунду. Червоний і інфрачервоний сигнали розділяються на фази, а потім знову комбінуються – це є новою можливістю мікропроцесорів – квадратичний багаторазовий поділ. Цей варіант допомагає усунути перешкоди від електромагнітного випромінювання, або від руху. Все через те, що вони не можуть виникати в одну і ту ж саму фазу одночасно в двох сигналів світлодіодів.

Значення сатурації, яке є нижчим 70% ненадійне.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						21
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.4.3 Застосування пульсоксиметрії

Пульсоксиметр – пристрій що складається із приладу-«прищіпки», і монітору. Прилад-«прищіпку» прикріплюють на палець, мочку вуха або пазуху носа. За допомогою нього відстежують сатурацію, частоту пульсу і регулярність ритму. Його також використовують для того, щоб діагностувати ціаноз, або при ендоскопії. Ним зручно користуватися при транспортуванні хворого.

Метод пульсоксиметрії потребує пульсуючого сигналу. Таким чином він допомагає дізнатися, чи отримує кінцівка кров.

Також він дає змогу обмежити у недоношених немовлят шанс розвитку ушкодження легенів і сітківки киснем (сатурацію підтримують на рівні 90%).

Коли одне із легень колабує, то це допомагає визначити ефективність оксигенації в іншій легені.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		??

## 1.5 Обмеження пульсоксиметрії

### 1.5.1 Недоліки пульсової оксиметрії

Головними недоліками пульсоксиметрії і самого пульсоксиметра є: малий діапазон точності, неефективність в умовах поганої перфузії та анемії, втручання карбоксигемоглобіну та метгемоглобіну, кольорові перешкоди, пігментація шкіри та чутливість руху. Безспірно, пульсоксиметрія дає нам доволі гарну оцінку і знання про ЧСС, сатурацію та регулярність ритму, але вони не можуть дати нам інформацію про прогресуючі порушення дихання. Ефективність мала у критично хворих.

У станах із низькою перфузією, наприклад шок, переохолодження, звуження судин, пристрій може зчитувати, що у людини нормальний рівень насичення гемоглобіну.

Карбоксигемоглобін – гемоглобін що на пряму зв'язаний із чадним газом. Чадний газ і гемоглобін перешкоджає зв'язуванню кисню у організмі. Метгемоглобін - це інший тип зміненого гемоглобіну, який виникає при застосуванні певних ліків та медичних захворювань.

Окрім того неточність у вимірах дають речовини, які знаходяться на тілі людини(барвники, лак).

Розміщення пульсоксиметра відбувається на пальцях рук і ніг. Для зменшення неточності вимірювання датчик прикріплюють до мочки вуха або, у дітей та маленьких людей, навколо зап'ястя.

Якщо людина, до якої прикріплено датчик буде швидко і енергійно рухати кінцівкою, то вона буде перешкоджати сигналам довжині хвилі. Це спричинить те, що пристрій покаже низький рівень кисню.

## ВИСНОВОК

Як результат даного розділу, можу сказати, що аналітика і огляд сучасних засобів потребує велику кількість хоча б базових знань.

Так як, прилад що розробляється мусить мати малу вагу і габаритні показники, також бути пристосованим до дітей, то для реалізації даного завдання потрібно використати оптичний метод реєстрації пульсу.

З усіх перелічених способів і приладів для вимірювання температури можна виділити лише: термометри опору, прицевійні датчики температури, та спиртові термометри.

Прицевійні датчики мають замалі габарити та точність, що незадовільняє медичні вимоги. Отже, ми будемо використовувати термометри опору.

При зміні температури, опір змінюється лінійно. Це зменшує кількість додаткових елементів для побудови схеми.

Ознайомившись із сучасними методами для реєстрації серцевих скорочень людини, принципами їх дій і недоліками ми можемо переходити до наступного розділу, у якому ми розглянемо аналоги пристроїв для вимірювання температури та пульсу.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						24
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ОГЛЯД ПРИЛАДІВ АНАЛОГІВ ДИСТАНЦІЙНОГО І СТАЦІОНАРНОГО КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ І ПУЛЬСУ ПАЦІЄНТА

Цифровий пальцевий пульсометр Oximetr фірми OXIMO. Вигляд самого пристрою показана на рисунку 2.1, а технічні характеристики в таблиці 2.1.



Рисунок 2.1 - Пульсометр Oximetr

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики пульсометра Oximetr

Точність вимірювання	Кисень $\pm 2-3\%$
Місце накладення датчика	Палець
Електроспоживання	Менше 40 мА (дві алканові батарейки AAA 15 В)
Габарити, мм	15 x 30 мм
Фірма-виробник	OXIMO
Країна виробництва	Китай
Ціна	220 грн

Пульсометр polar H10 ANT+ M-XXL показаний на рисунку 2.2, а в таблиці 2.2 продемонстровано його основні технічні характеристики, ціна і гарантія.



Рисунок 2.2 - Пульсометр PM15

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики пульсометра PM15

Тип	Кардіодатчик
Місце накладення датчика	Грудь, кість руки
Електроспоживання	Батарейка 3 В (30 мА)
Вага, г	28
Габарити, мм	34 x 65 x 10 мм
Фірма-виробник	<i>Polar</i>
Матеріал датчика	Пластик
Гарантія	1 рік
Ціна	2 614 грн

Цифровий градусник OMRON Flex Temp Smart. Зовнішній вигляд показано на рисунку 2.3. У таблиці 2.3 показано його основні технічні характеристики, ціна і гарантія.



Рисунок 2.3 - Цифровий градусник OMRON Flex Temp Smart

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики цифрового градусника OMRON Flex Temp Smart

тривалість вимірювання	10 сек
Точність вимірювання +/-	0.1 °C
Електроспоживання	3 В
Особливості	Вибір одиниць вимірювання: градуси чи фарингейти; Змінний елемент живлення.
Виробництво	Китай
Гарантія	2 роки
Ціна	432 грн

Цифровий градусник B.WELL WT-03 base. Вигляд наведено на рисунку 2.4, а в таблиці 2.4 показано його основні технічні характеристики пристрою, ціна і гарантія.



Рисунок 2.4 - Цифровий градусник B.WELL WT-03 base

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики цифрового градусника B.WELL WT-03 base

Тривалість вимірювання	2-3 хвилини
Точність вимірювання +/-	0.1 °C
Електроспоживання	3 В
Особливості	Попереджувальний сигнал при підвищеній температурі. Водонепроникний корпус. Відображення останнього вимірювання
Виробництво	Швейцарія
Гарантія	2 роки
Ціна	180 грн



Електронний термометр AND DT-635. Зовнішній вигляд зображено на рисунку 2.5, а його основні технічні характеристики, ціна і гарантія показано в таблиці 2.5.



Рисунок 2.5 - Електронний термометр AND DT-635

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики електронного термометра AND DT-635

Тривалість вимірювання	1 сек
Точність вимірювання +/-	0.3 °C
Електроспоживання	3 В
Особливості	Попереджувальний сигнал про закінчення. Інфрачервоний спосіб вимірювання. Годинники і календар. Перемикання між °C і °F. Запис останнього вимірювання. Водонепроникність.
виробництво	Японія
Гарантія	1 рік
Ціна	1 149 грн

## 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 3.1 Дослідження маркетингу

Важливу та провідну роль при проектуванні та створенні нового пристрою відіграє його необхідність на ринку. Кожного року створюється близько 20-25% нових виробів та пристроїв. Обґрунтувати такий високий зріст створення новинок можна так: швидкий розвиток технологій та старіння попередньо створених пристроїв, які не виконують функції, які потрібні сьогодні. Динамічність розвитку технологій змушує швидко перебудовувати виробництво на нові вироби. Тобто це зумовлює гнучкість, чітку організацію і структуру виробництва. Це дає змогу переходити на нові й нові моделі пристроїв у дуже короткі терміни, та витратити менше коштів на їх створення.

Високий рівень технічного потенціалу, швидкі темпи науково-технічного прогресу, великі масштаби виробництва, величезне число підприємств, які можуть випускати десятки тисяч різної продукції – це все характеризує сучасні етапи промисловості. Електроніка – це основа технічного прогресу. За допомогою неї забезпечується розвиток і створення все нових і нових галузей промисловості.

Щоб отримати прибутки від створення нових пристроїв, потрібно з самого початку пояснити навіщо взагалі створено цей пристрій, його необхідність та доступність. Щоб це зробити потрібно розрахувати витрати і майбутні доходи.

#### 3.1.1 Технічні характеристики приладу

Пристрій для віддаленого спостереження основних параметрів людини (ЧСС та температури) призначений для відстежування на великих дистанціях та змогу передавати зареєстровані дані на такі ж відстані. Система складається: пристрій що закріплюється на руці та здійснює виміри, та прилад що стежить за цими вимірами. Зручність такого пристрою полягає в тому, що він ефективно допомагає

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						30
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

контролювати показники людини. Найбільш ефективним він буде для лежачих хворих, дітей). Щоб вимірювати температуру, в пристрою використовується терморезистор, а для вимірювання пульсу – оптичний датчик. Живлення приладу виконується за допомогою батарейок по 3 В. Такий пристрій буде компактний, матиме малу вагу, автономність та дуже низьке енергоспоживання. Він зручний, надійний, точний і простий в використанні.

### 3.1.2 Споживач

Створений пристрій потрібен насамперед для людей які мають захворювання серцево судинної системи(ССС) та хворобами, яким характерні високі температури.

Причини захворюваності серцево судинної системи дуже різні. Наприклад: вік, спадковість, емоційне та психологічне перевантаження, стать, куріння, недостатність фізичного навантаження і багато різних. А прикладами причин підвищення температури є: захворювання що мають інфекційний та запальний характер, пухлини, несумісність організму із лікарськими препаратами та ін.

Проектований прилад – це універсальний пристрій, яким вільно можна користуватися у будь яких умовах. Наприклад: у дома, у санаторіях, у спортивних клубах, на відпочинку на природі або на морі, на прогулянці та у лікарні.

### 3.1.3 Аналоги

Схожими на проєктований пристрій є: цифрові пульсометри, цифрові термометри які створенні в Німеччині, Японії, Швейцарії. Нажаль в Україні подібних пристроїв немає. Їх не виробляють. Прилади, що були зазначені вище, показують такі самі показники, як і проєктований.

Але змога дистанційно реєструвати та передавати виміряні дані на відстані, виділяє наш прилад від аналогів.

### 3.1.4 Функціонал приладу

Головними властивості щодо функціоналу приладу, що створюється є: безперервне вимірювання температури, частоти серцевих скорочень, передача даних по радіоканалу на інший прилад, на дисплеї якого показуються виміри.

Перед початком вимірювання потрібно протерти місце накладення пристрою сухою серветкою, знежирити місце. Після того як пристрій буде закріплено, він готовий до використання.

### 3.1.5 Гарантія та знос пристрою

24-місячна гарантія роботи пристрою із сервісним обслуговуванням. При покупці, покупець мусить сам перевірити працездатність приладу та перевірити на зовнішні пошкодження. В покупці приладу разом із ним йде: приймач, вимірювач, ремінець(який можна буде замінювати), 6 батарейок, інструкція по використанню.

Ремонт по гарантії виконується безкоштовно.

Створений пристрій здатен працювати впродовж декількох років. Він буде працювати без перебоїв та похибок, але через 3-5 роки він застаріє, оскільки технології покращуються і розвиваються. Тому це треба враховувати, якщо ми плануємо отримати максимальний прибуток від продаж. Нам потрібно продати якомога більшу кількість пристроїв впродовж 3-4 років.

### 3.1.6 Потенційний обсяг ринку

В основному обсяг ринку визначають за розмірами географічних територій, досить протяжні тимчасові інтервали, встановлених рівнях цін.

Так як прилад також можна використовувати у домашніх умовах, на відпочинку, в спортивних центрах та ін. , то можна припустити, що в Миколаєві буде продано близько 90 приладів. Отже на території всієї України кількість проданих пристроїв буде рівна:

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$\frac{45963000 * 90}{380000} = 10886 \text{ шт.}$$

(1)

### 3.1.7 Життєвий цикл пристрою та темпи зросту

Життєвий цикл – це період від початку створення до закінчення виробництва пристрою.

Існує декілька етапів життєвого циклу пристрою. Для приладів електронної техніки – це 3 роки. Впродовж трьох років перед нами стоїть задача продати близько 9335 приладів (рисунок 3.1).

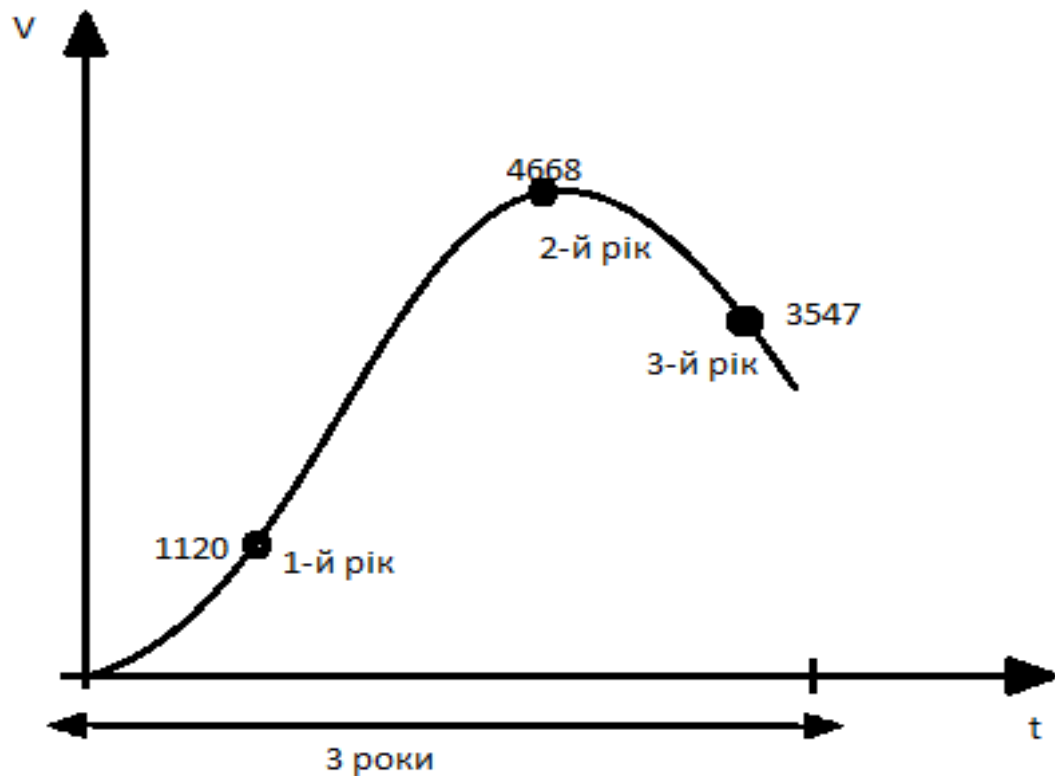


Рисунок 3.1 - етапи життєвого циклу пристрою

За перший рік продаж приладу складатиме 12% (1120 шт.), за другий рік – 50% (4668 шт.), за третій рік – 38% (3547 шт.).

Ріст ринку росте приблизно 5% в рік, тому за 3 роки обсяг продажу складатиме:

$$V_{\text{пр}} = 10886 * 1,07 * 1,07 * 1,07 = 13336 \text{ шт.} \quad (2)$$

до кінця третього року при 7% в рік.

Будемо враховувати ще фінансовий потенціал покупця (70%). Ми можемо розрахувати кількість пристроїв, що необхідно для випуску:

$$N_{\text{вип}} = 13336 * 0,7 = 9335 \text{ шт.} \quad (3)$$

### 3.1.8 Реклама

Найкращим способом рекламування нашого пристрою буде зовнішня реклама в спеціалізованих місцях. Тобто на територіях лікарень, поліклінік, санаторіїв, диспансерів, лепрозоріях. Також буде гарним способом реклами поліграфічна реклама. Тобто брошури, буклети, листівки, які можна розповсюджувати по кабінетах.

## 3.2 Запуск в ринок

### 3.2.1 Розрахунок для запуску

Після виконання маркетингових досліджень ми можемо розрахувати кількість пристроїв, що будуть розповсюджені на території України впродовж трьох років. Норму запуску в продаж ми розраховуємо по формулі:

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} * (1 + N_{\text{бр}} + 3) \quad (4)$$

Де:  $N_{\text{зап}}$  – норма запуску;

$N_{\text{вип}}$  – норма випуску;

$$N_{\text{вип}} = 9335$$

$N_{\text{бр}}$  – норма браку;

3 – зовнішній брак.  $3=0,09$

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$N_{\text{бр}} = 1 - 0,614 = 0,386 \quad (5)$$

Тоді:  $N_{\text{зап}} = 9335 * (1 + 0,386 + 0,09) = 13779$  шт.

### 3.3 Собівартість пристрою

Технологічні втрати ми можемо розрахувати за формулою:

$$N_{\text{бр}} = N_{\text{зап}} - N_{\text{вып}} \quad (6)$$

$$N_{\text{бр}} = 13779 - 9335 = 4444 \text{ шт.}$$

$$P = \frac{C}{N_{\text{зап}}} \cdot N_{\text{бр}} \quad (7)$$

де: P – технологічні втрати;

C – виробнича собівартість партії.

$$P = \frac{121664,37}{13779} \cdot 4444 = 37239,17 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати складають близько 1,1% від виробничої собівартості.

$$37239,17 * 0,02 = 784,8 \text{ грн.}$$

Повна собівартість складає:

$$37239,17 + 121664,37 + 784,8 = 159688,323$$

Собівартість одного пристрою складає: 759,56 грн.

### 3.4 Співпраця із існуючими постачальниками і партнерами

Для нашого пристрою найкращим партнером для співпраці буде компанія Atmel Corporation, яка розташована у Сан-Хосе, штат Каліфорнія, США. Саме ця компанія виробляє мікроконтролери ATiny 2313 та ATiny 24. Ціна на ринку даної продукції складає від 78,50 до 350 грн. за одну штуку.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Тоді для усієї нашої продукції потрібно закупити ці мікроконтролери на суму – 2952150,75 грн. (3 років). Але враховуючи фінансовий потенціал покупця (70%), і те що необхідно буде для випуску 9335 шт. даного приладу, то ми витратимо 2000023,75 грн.(3 роки).

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						36
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



## Висновок

В даному розділі нашої роботи ми розраховали економічну ефективність нашого пристрою. Розглянули маркетингові дослідження і на їх основі визначили програму випуску нашої продукції у кількості 9335 штук, а з урахуванням виробництва і зовнішнього браку було розраховано програму запуску у кількості 13779 штук.

Після усіх розрахунків було розраховано ціну нашого приладу. Собівартість склала – 759,59 грн., установлена ціна – 800 грн.

Виконані нами розрахунки і дослідження в сфері маркетингу дозволяють нам планувати запуск даного приладу у серійне виробництво.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 4 ПРОЄКТУВАННЯ ПРИЛАДУ

### 4.1 Технічне завдання

Основними фізіологічними показниками людини є температура та частота серцевих скорочень, тому метою нашого завдання є створення приладу, який дистанційно може вимірювати та передавати виміри даних показників на великі дистанції. Передавання буде здійснюватися по радіоканалу з одного приладу на інший.

Технічні показники продемонстровано у таблиці 4.1

Параметри	Необхідні величини
Габарити, мм (ДхШхВ)	45х40х8 (вимірювач), 55х45х25 (приймач)
Час роботи, днів	120
Частота передач, МГц	433
Діапазон вимірів:	30 - 210 уд / с - пульсу 35 - 45 °С - температури
Точність вимірювань	± 0,1 °С
Режим збирання даних	Автономний режим із передачею даних через радіоканал, або накопичення у вбудовану flash пам'ять
Швидкість передачі даних по радіоканалу	19200 Бод
Об'єм flash пам'яті	4-128

## 4.2 Функційна та принципова схеми

Склад схеми: два пристрої. Перший – вимірювач, другий – приймач.

Вимірювач призначений для вимірювання ЧСС та температури, приймач – для прийняття виміряних даних, та вивід на дисплей.

Функційна схема приймача та вимірювача показано на рисунку 4.1 та рисунку 4.2.

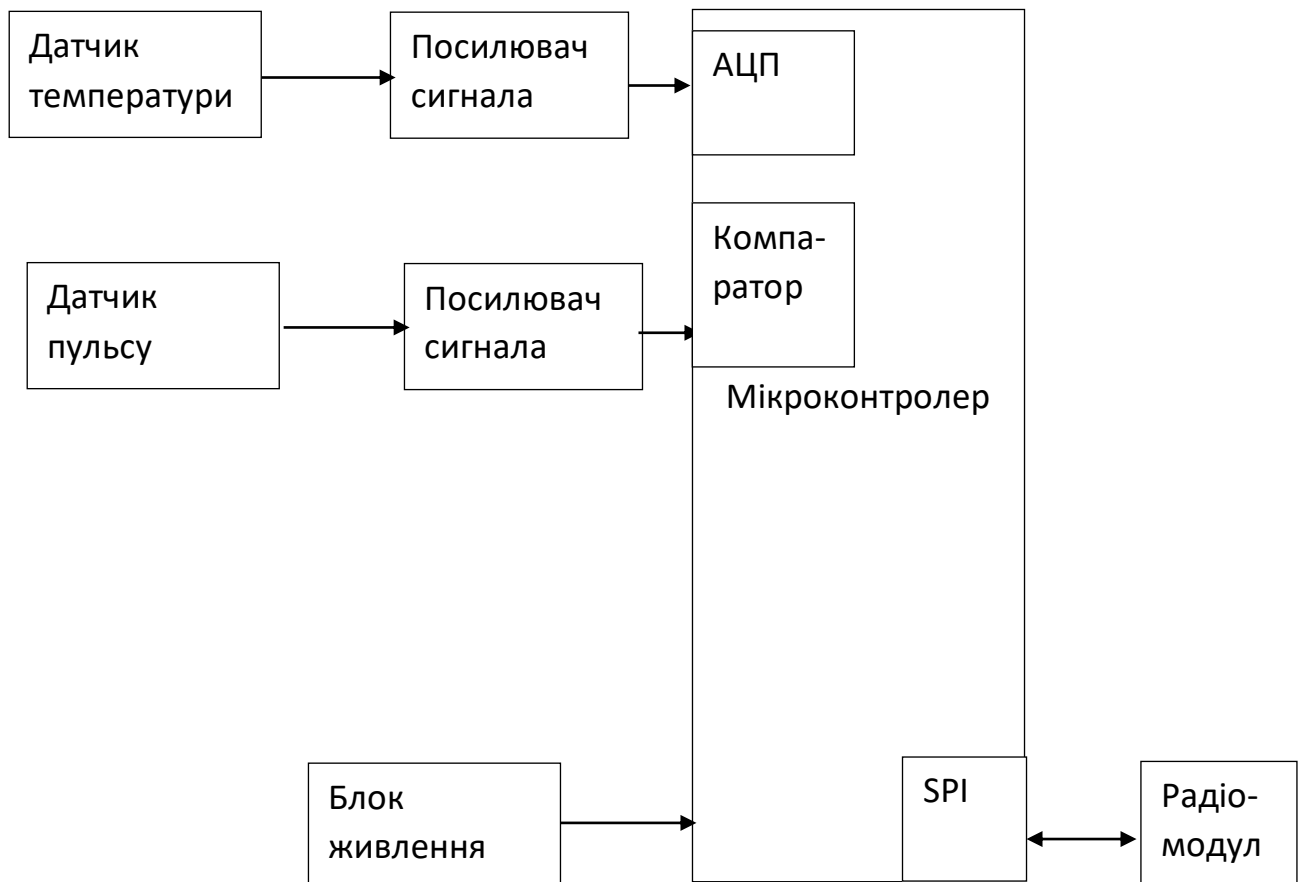


Рисунок 4.1 - Функційна схема вимірювача

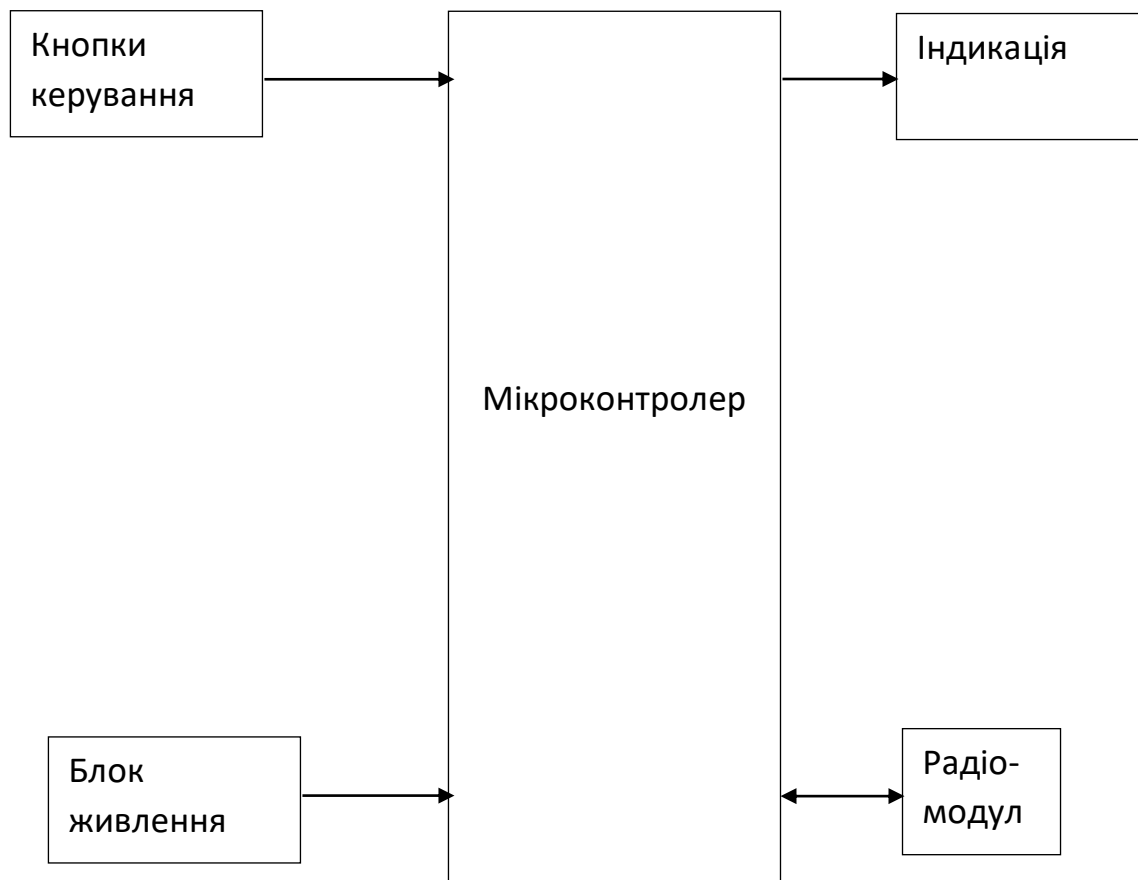


Рисунок 4.2 - Функційна схема приймача

Вимірювач складається: датчик(інфрачервоний), посилювач, фільтр. Датчик – реєструє серцеві скорочення, температуру. Він розташовується над артерією на руці. Посилювач – посилює сигнал з цього датчика. Сигнал, який посилюється, надходить на неінвертуючий вхід мікроконтролера. Вимірювання температури ж базується на термоопорі і підсилювачі. Принцип дії: на вхід АЦП надходить сигнал, всі виміряні дані реєструються і переносяться на пристрій-індикатор через радіомодуль. За допомогою SPI інтерфейсу це і відображається.

Зв'язок установити між цими пристроями допомагають кнопки управління. Блок живлення складається із: двох батарейок дискового виду та стабілізатору напруги. Обидві мають по 3 вольт.

Функційні схеми допомагають нам реалізувати побудову принципової (додаток А).

#### 4.2.1 Мікропроцесорний блок. Моніторинг температури та пульсу

Де ж сьогодні використовують мікроконтролер? За чисельними дослідженнями ми можемо замітити, що мікроконтролер використовують у якості пристрою управління саме в малогабаритних цифрових приладах.

Мікроконтролер – спеціалізований комп'ютер виконаний у вигляді мікросхеми. Він включає мікропроцесор, оперативну пам'ять та постійну, порти вводу-виводу та блоки із спец. функціями, такими як: лічильник, компаратор, АЦП та інші.

Головні параметри для вибору мікроконтролера є:

- 1)Швидкодія;
- 2)Енергоспоживання;
- 3)Ціна;
- 4)Вміст вбудованої пам'яті.

Слід не забувати і звертати свою увагу на наявність: транслятора, програматора та налагоджувача.

Розібравшись із параметрами та що таке мікроконтролер можемо приступати для вибору мікроконтролерів для наших пристроїв. Для нас буде гарним вибором ATiny 2313 та ATiny 24. Для схеми індикації використовуватимемо ATiny 2313, а для схеми вимірювача - ATiny 24. Відповідно контролер А і Б.

А) Контролер А: ATiny 2313 має такі параметри:

Вид монтажу: Through Hole

Упаковка / блок: PDIP-20

Ядро: AVR

Ширина шини даних: 8 bit

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						41
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальная тактовая частота: 20 MHz

Размер программной памяти: 2 kB

Размер ОЗУ данных: 128 В

Торговая марка: Atmel

Разрешение АЦП: No ADC

Рабочее напряжение питания: 2.7 V to 5.5 V

Максимальная рабочая температура: + 85 C

Серия процессора: tinyAVR

Упаковка: Tube

Тип ОЗУ данных: SRAM

Размер ПЗУ данных: 128 В

Тип ПЗУ данных: EEPROM

Тип интерфейса: SPI, UART, USI

Минимальная рабочая температура: - 40 C

Количество входов/выходов: 18 I/O

Количество таймеров/счетчиков: 2 Timer

Тип памяти программ: Flash

Серия: ATTINY 2313

Размер фабричной упаковки: 18

Напряжение питания - макс.: 5.5 V

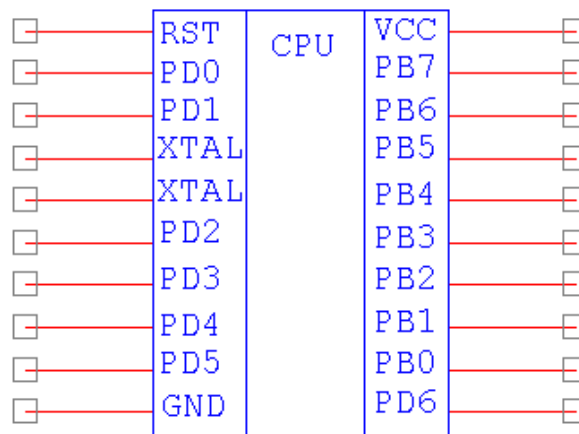
Напряжение питания - мин.: 2.7 V

Коммерческое обозначение: ATTINY

Вес изделия: 2,260 g

Розташування виводів та вигляд даного мікроконтролера зображено на  
рисунку 4.3 та 4.4 відповідно

					BA71.010004.001 ПЗ	Арк.
						42
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



ATtiny 2313

Рисунок 4.3 - Розташування виводів ATtiny 2313



Рисунок 4.4 - Вигляд ATtiny 2313

Б) Контролер Б: ATtiny 24 має такі параметри

Тип інтегральної мікросхеми: мікроконтролер AVR;

Об'єм пам'яті EEPROM: 128Б;

Об'єм пам'яті SRAM: 128Б;

Об'єм пам'яті Flash: 2кБ;

Корпус: DIP14;

Кількість каналів PWM: 4;

Кількість таймерів 8бит: 2;

Кількість таймерів 16 бітів: 1;

Монтаж: ТНТ;

Робоча температура: -40...85°C;

Робоча частота: 20МГц;

Напруга живлення: 1.8...5.5В;

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.010004.001 ПЗ

Арк.

43

Число зовнішніх переривань: 12;

Інтерфейс: debugWIRE, SPI, I2C;

Число каналів output compare: 4;

Кількість компараторів: 1;

Властивості інтегральних мікросхем: зміцнення входів ADC, внутрішній датчик температури;

Число каналів input capture: 1;

Кількість перетворювачів A/D 10 бітів: 8;

Кількість в упаковці: 25шт.;

Сімейство: ATtiny;

Число ємкісних каналів: 4;

Вид упаковки: туба;

Виробник: MICROCHIP (ATMEL);

Розташування виводів мікроконтролера та вигляд зображено на рисунку 4.5. та 4.6 відповідно

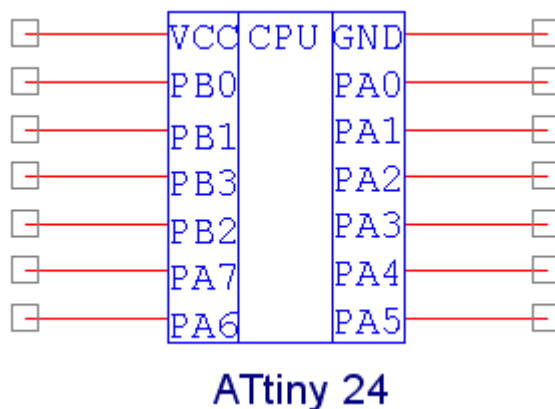


Рисунок 4.5 - Розташування виводів ATtiny 24



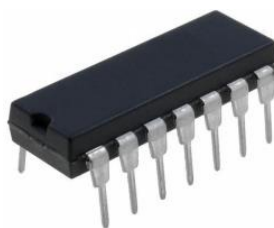


Рисунок 4.6 - Вигляд ATiny 24

Для чого ж тут використовується flash-пам'ять? Вона потрібна для зберігання програм. Організована вона як 1024 шістнадцяткових слів. Діапазон адресного простору – 0 - \$ 3FF.

Переривання відбувається за допомогою молодших адресів. Їх діапазон складає 0 - \$ 10. При включенні живлення, управління переходить на осередок пам'яті. Адрес його складає 0.

Головною відмінністю між пам'яттю даних і програм є: ділиться на декілька областей, має розрядність 8 біт.

Обслуговуванням усіх периферійних пристроїв мікроконтролера займаються регістри, які знаходяться в області пам'яті з адресами від \$ 20 до \$ 5F.

Для зберігання отриманих даних, використовують адреси, діапазон яких: \$ 60 - \$ DF. В цьому ж діапазоні знаходиться програмний стек.

## 5 ПРИНЦИП РОБОТИ АЦП

Наш мікроконтролер ATiny 24 складається із десяти розрядного восьми канального аналого-цифрового перетворювача. Час перетворення АЦП перебуває у діапазоні 65 – 260 мкс. (але ми у будь який момент можемо налаштувати та змінити цей діапазон).

### 5.1 Функціонал АЦП

Функціонування АЦП здійснюється у двох режимах:

1. Одноразове вимірювання;
2. Безперервне вимірювання.

На весь цикл одноразового вимірювання витрачається всього 14 внутрішніх тактів. Причому кожне перетворення ініціюється користувачем пристрою. А на весь цикл безперервного вимірювання витрачається менше тактів – 13. Причому постійно відбувається вимірювання напруги та самостійно замінює вихідний код, без втручання користувача пристрою. По закінченню вимірювання напруги вхідної записується результат у регістри ADCH та ADCL.

### 5.2 Регістри АЦП

За збереження вихідного коду АЦП відповідає регістр результату ADC. Оскільки розрядність нашого АЦП складає десять біт, то доступ до регістру результату виконується через пару молодшого та старшого байта. ADCL та ADCH відповідно.

Щоб можна було забезпечити відповідність результуючих даних рівно, що зчитується, використовують спеціальну логіку захисту. Працює вона так: при зчитуванні даних першим мусить бути зчитуваний регістр ADCL. Як тільки він буде зчитаним, блокується звернення АЦП до регістрів даних.

Отже, якщо після зчитування ADCL але до зчитування ADCH буде закінчено наступне перетворення то жоден з регістрів не буде перезаписано, доки результат не буде зчитано повністю.

Звертання АЦП до регістрів ADCH та ADCL дозволяється після завершення зчитування регістра ADCH.

АЦП також має восьми канальний аналоговий мультиплексор. Мультиплексор – це пристрій, що має декілька сигнальних входів, один чи більше керуючих входів та лише один вихід. Аналоговий мультиплексор – електронно з’єднують вибраний вхід із виходом. Їх також інколи називають ключами або комутаторами.

Для нашого ж АЦП входи цього мультиплексора з’єднані із портом А. Це здійснено при допомозі регістра ADMUX (ADC Multiplexer). Через цей регістр відбувається вибір вхідного каналу, оскільки він має 3 молодших значущих біта. Код, який записується в ADMUX, відповідає індексу обраної лінії порту А - PA0..PA7.

Регістр ADCSRA (ADC Control and Status Register A). Він призначений для керування роботою АЦП. Складається він із:

1. Керуючі біти;
2. Біти, за допомогою яких відбувається індиціювання стану АЦП.

Для покращення точності вимірювання вхідної напруги у АЦП передбачено спеціальний метод. Це – метод вимірювання в малошумному режимі. У ньому відбувається одночасно і запуск вимірювання, і перехід мікроконтролера у режим ADC Noise Reduction. Цей режим відповідає за зменшення шумів АЦП та таймер.

Щоб виконати нам це, потрібно:

1. Бути впевненим у тому, що АЦП не зайнятий, тобто не виконує поточні цикли перетворення і включений (ADEN = 1, ADSC = 0).
2. Впевнитися що обрано одноразове перетворення, або самому обрати це перетворення і також дати доступ до переривання (ADFR = 0, ADIE = 1).

3. Увійти в режим ADC Noise Reduction пониженого споживання. Це призведе до того, що відбудеться автоматичний старт.

Процесор виведе нам переривання, яке генерується по завершенню перетворення.

### 5.3 Регістри інтерфейсу USI

Для успішного управління інтерфейсом у нас є такі регістри:

- 1) USICR (USI Control Register)
- 2) USISR (USI Status Register)
- 3) USIDR (USI Data Register)
- 4) USIBR (USI Buffer Register)

USICR – регістр який відповідає за керування; USISR – регістр стану; USIDR – регістр даних; USIBR – це буферний регістр тільки для читання (відсутній в моделях AVR, типу tiny2313)

	7 bit	6 bit	5 bit	4 bit	3 bit	2 bit	1 bit	0 bit
USICR	USISIE	USIOIE	USIWM1	USIWM0	USICS1	USICS0	USICLK	USITC

Регістр даних USIDR являє собою стандартний регістр вводу-виводу. Особливістю його є те, що його зміст автоматом зсувається і видає значення старшого біта на відповідну ногу контролера.

	7 bit	6 bit	5 bit	4 bit	3 bit	2 bit	1 bit	0 bit
USIDR	MSB							LSB

Регістр USIBR – це можна сказати копія попереднього, але тільки призначений для читання. У ньому автоматично копіюється значення з USIDR після кожної операції зсуву.

	7 bit	6 bit	5 bit	4 bit	3 bit	2 bit	1 bit	0 bit
USIBR	MSB							LSB

Регістр стану USISR – це регістр вводу-виводу, який у старших 4-х розрядах має прапорці переривання по виявленню станів СТАРТ, СТОП, по переповненню 4-

х-бітного лічильника і з виявлення колізій при виведені даних, а в молодших 4-х розрядах містить 4-х бітний лічильник.

	7 bit	6 bit	5 bit	4 bit	3 bit	2 bit	1 bit	0 bit
USISR	USISIF	USIOIF	USIPF	USIDC	USICNT3	USICNT2	USICNT1	USICNT0

### 5.3.1 Інтерфейс USI

USI інтерфейс - універсальний послідовний інтерфейс. Ми його використовуємо через те, що на потрібно реалізувати при дуже малому ПЗ апаратне послідовне з'єднання. Цей інтерфейс дасть змогу реалізувати швидкий обмін даними, який буде синхронний. Структурна схема такого інтерфейсу показано на рисунку 5.1

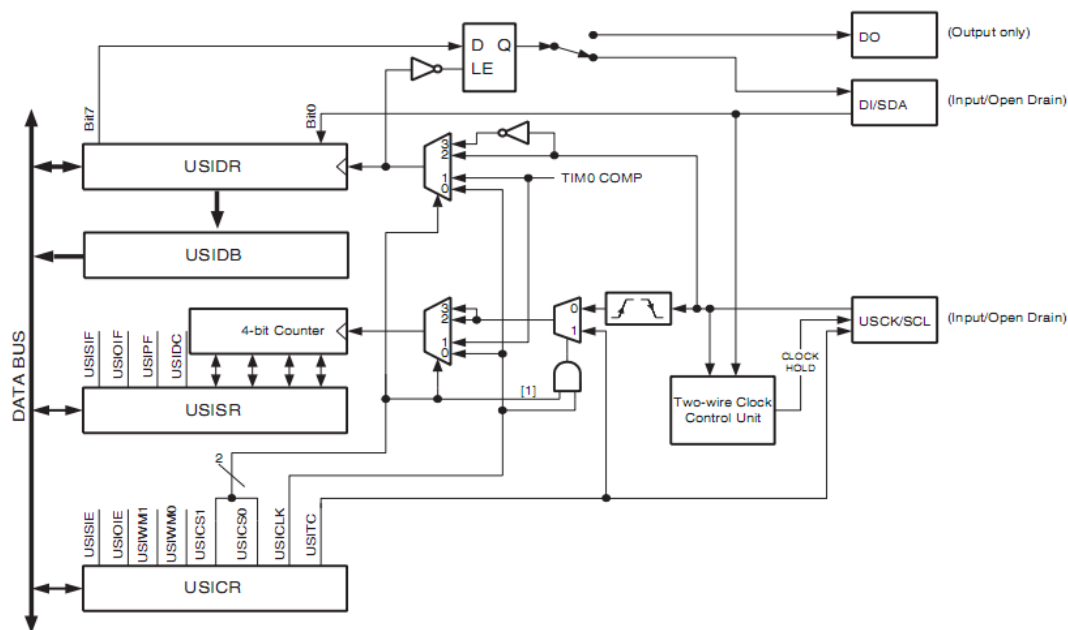


Рисунок 5.1 - Структурна схема USI

Для того, щоб наш процесор менше завантажувався, передбачено переривання по старту передачі самих даних та також при заповненні приймача.

Дані для відправки даних та їх прийняття містить регістр USI Data Register. Дані з цього регістра доступні напряму, при цьому копія даних може бути знайдена регістрі USIBR. Даний регістр використовується одночасно для прийому і передачі інформації. Але щоб ми не втратили дані, нам потрібно якомога швидше прочитати їх із цього регістру.

Приклад цього регістру продемонстровано на рисунку 5.2

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x0F (0x2F)	MSB							LSB	USIDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 5.2 - регістр USIDR

## 5.4 Режим інтерфейсу USI

Наш інтерфейс має режим «трьох проводів». Роботу інтерфейсу у такому режимі показано на рисунку 5.3

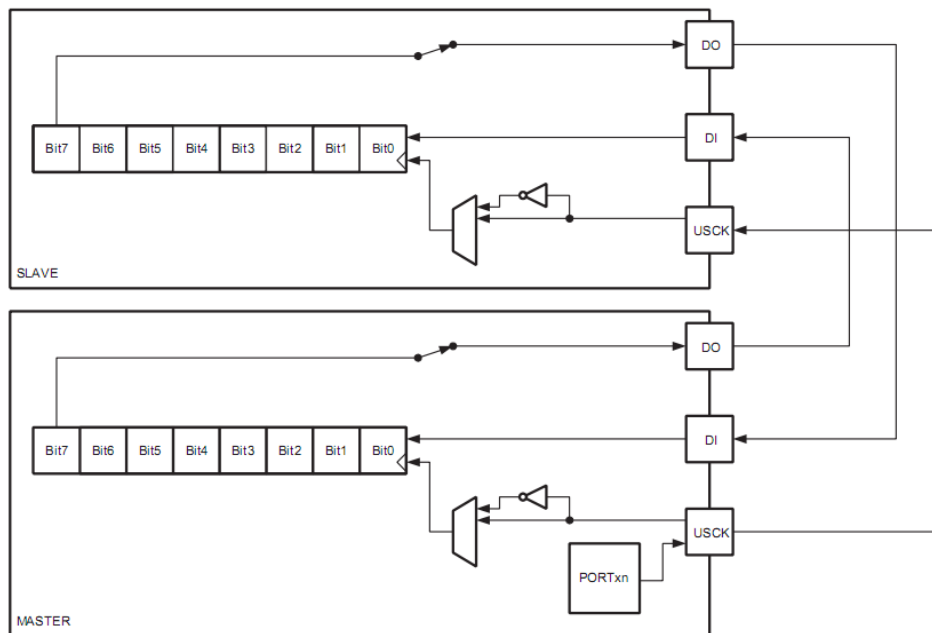


Рисунок 5.3 - Трьохпроводна передача

На шині є Master і Slave – провідне і ведене. Це пристрої, які обмінюються даними своїх регістрів USIDR побітово. При цьому пристрій Master задає тактування. Інтерфейс складається з трьох ліній: DO(data output), DI(data input), USCK(USI clock).

На кожному такті USCK з регістра USIDR одного пристрою «видавлюється» один старший біт. Він записується у молодший розряд аналогічно регістру іншого пристрою.

Отже, через вісім тактів виявляється, що пристрої обмінялися даними. І виставляється відповідний прапорець, а якщо і хочете, то і переривання.

Data Output тут потрібно для з'єднання із Data Input та навпаки. Контакти USCK об'єднуються між собою.

## 5.5 Датчик температури

Основою схеми реєстрації пульсу є використання термометру опору. Опір такого термометру змінюється лінійно при зміні температури.

На рисунку 5.4 наведено залежність опору від температури.

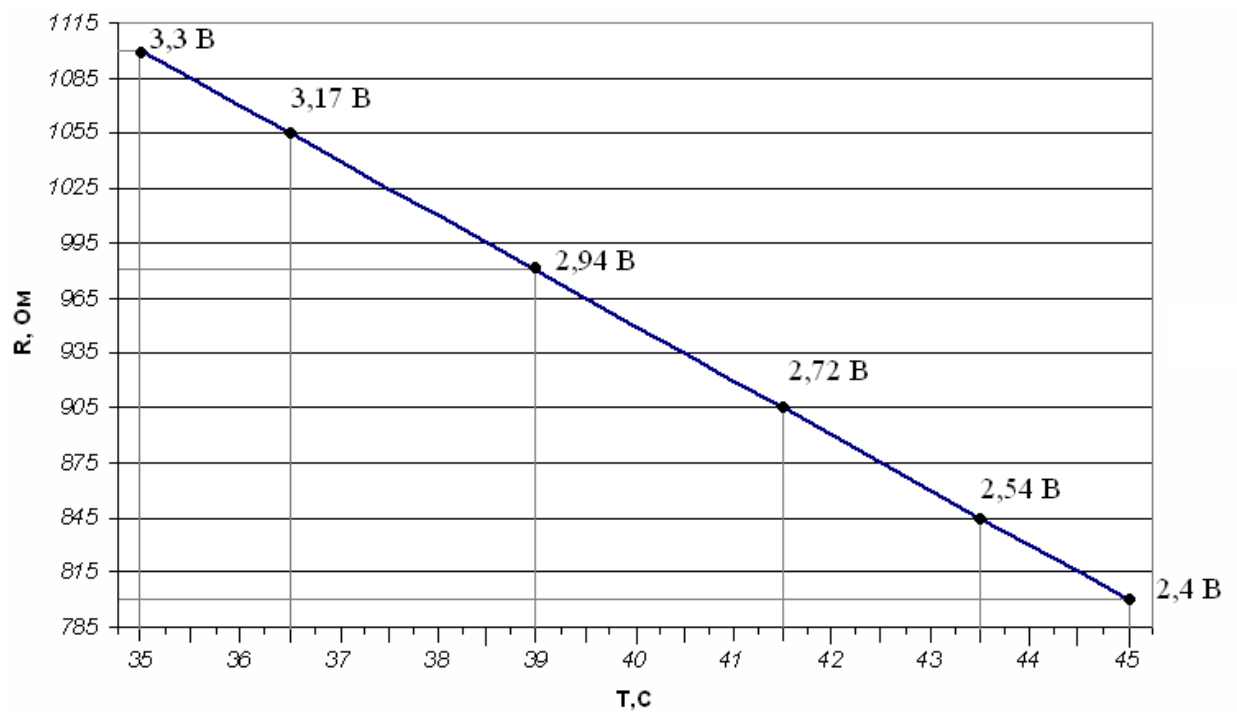


Рисунок 5.4 - Залежність опору від температури

Схема вимірювання температури тіла, показана на рисунку 5.5.



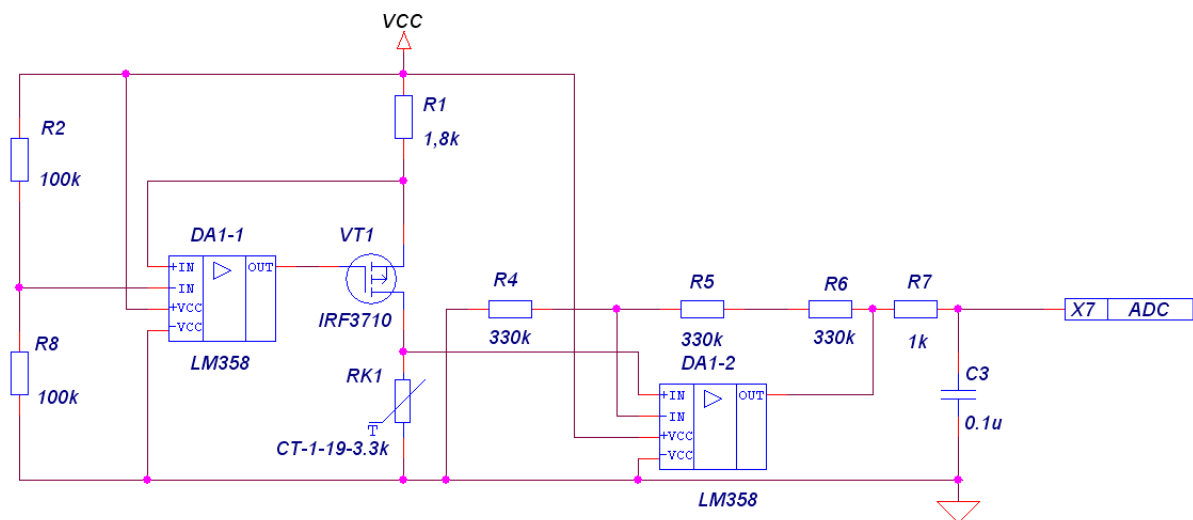


Рисунок 5.5 - Схема вимірювання температури тіла

Вона складається: джерела струму і підсилювача. Джерело струму задає струм на терморезисторі, а підсилювач – підсилює падіння напруги на терморезисторі. Щоб фільтрувати вхідну напругу АЦП, на виході такого підсилювача зібрано пасивний фільтр.

Джерело струму:

Схема джерела струму з заземленим навантаженням показано на рисунку 5.6

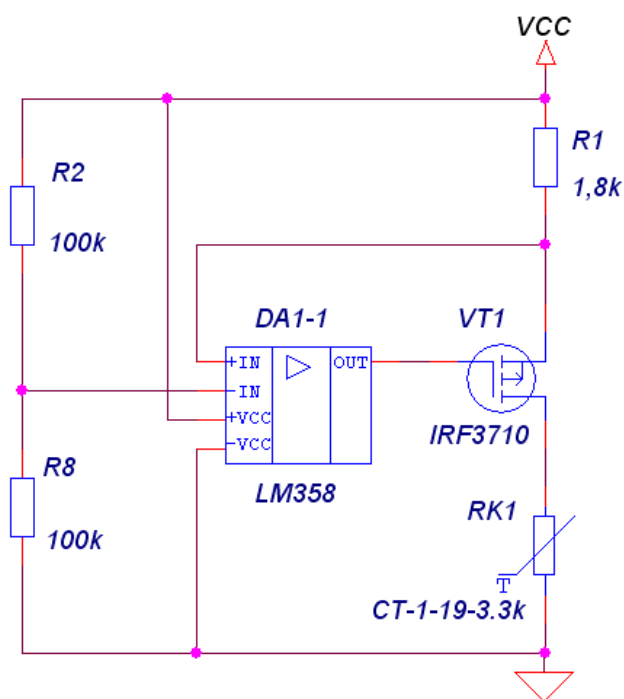


Рисунок 5.6 - Схема джерела струму з заземленим навантаженням

Резистори R3 і R8 являються резистивними дільниками.

Щоб розрахувати напругу в точці А роблять:

$$U_A = U_{in} \cdot k;$$
$$k = \frac{R8}{R2 + R8} = \frac{100 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^3} = 0,5;$$

$$U_A = 3,6 \cdot 0,5 = 1,8 \text{ В.}$$

Зворотній зв'язок на резисторі R4 формує падіння напруги. Воно дорівнює  $U_{\pi} - U_A$ . Воно ж у свою чергу задає струм на навантаженні, що рівний:

$$I_H = \frac{(U_{\pi} - U_A)}{R1};$$

$$I_H = \frac{(3,6 - 1,8)}{1,8 \cdot 10^3} = 1 \text{ мА.}$$

Неінвертуючим підсилювачем на ОП є підсилювач. Коефіцієнт підсилення схеми дорівнює:

$$K_y = \frac{R6 + R5}{R4} + 1;$$

$$K_y = 3.$$

Отже напруга на АЦП МК дорівнює:

$$I_H \cdot R_t \cdot K_y = U_{adc}.$$

де:  $R_t$  визначається за рисунком 5.4.

За рисунком 5.4 можна зрозуміти, що залежність лінійна. А це означає, що рівняння прямої для такого графіка буде дорівнювати:

(4)

$$R_t = k \cdot T + b$$

Формула для визначення температури буде дорівнювати:

(5)

$$T = \frac{U_{adc} - b \cdot I_H \cdot K_y}{I_H \cdot K_y \cdot k}.$$

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						54
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Щоб спростити обчислення значень температури, ми будемо використовувати табличний метод переходу вимірюної напруги в значення температури.

В пакеті Work Bench ми промодельовали роботу самої схеми. Результат – наведено на рисунку 4.11. Симуляція виконувалася за мінімальної температури(35°C), та опору 1,1 кОм.

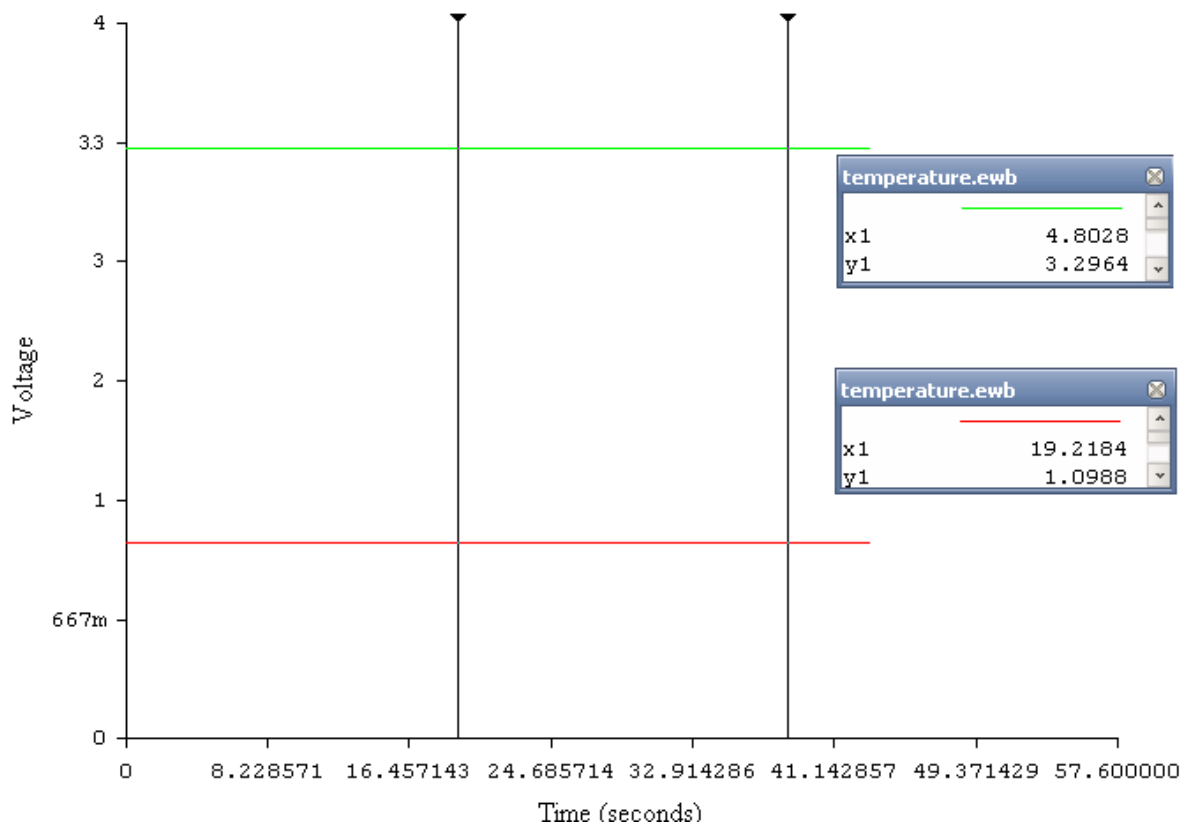


Рисунок 5.7 - Результат роботи схеми вимірювання температури

$$T = \frac{3,29 - 2150 \cdot 0,001 \cdot 3}{0,001 \cdot 3 \cdot (-30)} = 35$$

При температури 36,6 °C, опір буде рівний 1052 Ом.

Отже, ми знаємо струм(1мА), опір(1052), коефіцієнт підсилення(3). За допомогою них, ми отримаємо напругу на АЦП, яка дорівнює 3,15В.

Підставивши усі значення у формулу (5), ми отримаємо:

$$T = \frac{3,15 - 2150 \cdot 0,001 \cdot 3}{0,001 \cdot 3 \cdot (-30)} = 36,6.$$

Калібрування приладу полягає в наступному: ми поміщаємо термометр в місце із фіксованою температурою. Цій температурі відповідає розрахована напруга на вході АЦП. Отримане значення виміру термометра в цьому середовищі буде відмінне від розрахованого. Результатом цього буде коефіцієнт для вимірювання АЦП. Отриманий поправочний коефіцієнт буде враховуватися при кожному наступному вимірюванню.

## 5.6 Датчик пульсу

Наступним головним елементом нашої схеми є датчик відбиття. Він виготовлений фірмою HoneyWell HLC-1395-002. Складається наш датчик із: інфрачервоного світлодіоду та інфрачервоного фототранзистора. Об'єднанні вони в одному корпусі, де катод світлодіоду та емітер фототранзистору з'єднані в загальний провід.

Щоб ми уникали світла від світлодіоду, фототранзистор відділений світлонепроникною перегородкою.

Схема датчика показана на рисунку 5.8

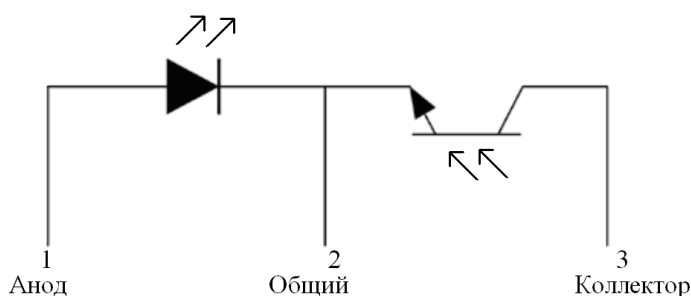


Рисунок 5.8 - схема датчика HLC 1395-002

Операційний підсилювач в схемі - LM358D. В такій мікросхемі є два підсилювача. Вони розроблені так, щоб працювати лише від одного джерела живлення(в широких діапазонах напруги).

Схема блоку реєстрації пульсу показана на рисунку 5.9



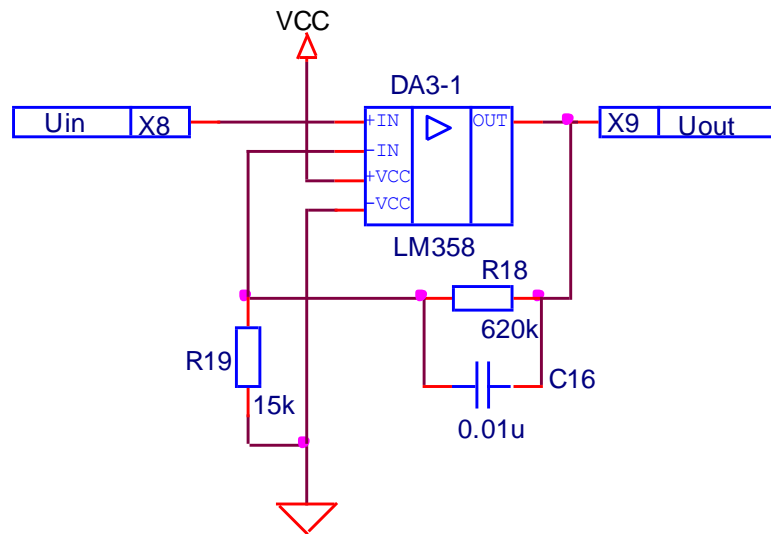


Рисунок 5.10 - ФНЧ з неінвертуючого включенням ОУ

Вхідний сигнал подається на неінвертуючий вхід ОП, напруга негативного зворотного зв'язку створюється резистивним дільником R12 і R9 з виходу ОП.

Коефіцієнт посилення схеми по напрузі:

$$k = \frac{R18 \parallel Zc16}{R19} + 1.$$

Коефіцієнт посилення схеми:

$$k0 = \frac{R18}{R19} = \frac{620 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^3} = 41,3;$$

$$k = \frac{R18}{R19} * \frac{Zc16}{R18 + Zc16} + 1 = k0 * \frac{1}{j * 2 * \pi * F * R18 * C16 + 1} + 1.$$

АЧХ без комплексного уявлення, буде тоді, коли візьмемо модуль k:

$$km = \sqrt{\frac{k0^2 + 2 * k0}{4 * \pi^2 * F^2 * \tau^2 + 1}} + 1;$$

$$\tau = R18 \cdot C16.$$

Частота зрізу:

$$F_{cp} = \frac{1}{2 * \pi * \tau} = \frac{1}{2 * \pi * R18 * C16} = \frac{0.16}{\tau} \approx 25 \text{ Гц.}$$

В напівлогарифмічному масштабі будується АЧХ фільтрів, частоту в логарифмічному, а коефіцієнт передачі – в лінійному. Але в більшості, коефіцієнт передачі перераховують в децибели. Це робиться по формулі:

$$КдБ = 20 * \log (U_{\text{вих}} / U_{\text{вх}}).$$

Частотний діапазон дає нам змогу визначити смугу пропускання фільтра. Частота зрізу – частота вище або нижче якої потужність вихідного сигналу деякого лінійного частотно-залежного об'єкта зменшується в два рази від потужності у смузі пропускання при впливі на вхід незмінного по амплітуді сигналу.

В середовищі Mathcad ми промодельовали дану схему. Результатом був графік АЧХ. Частота зрізу, яка становить 25 Гц продемонстрована синьою лінією. На такій частоті, коефіцієнт передачі зменшується на 3дБ.

На виході схеми в точці В ми отримуємо меандр. Щоб дізнатися пульс нам достатньо виміряти кількість прямокутників. Це продемонстровано на рисунку 5.11.

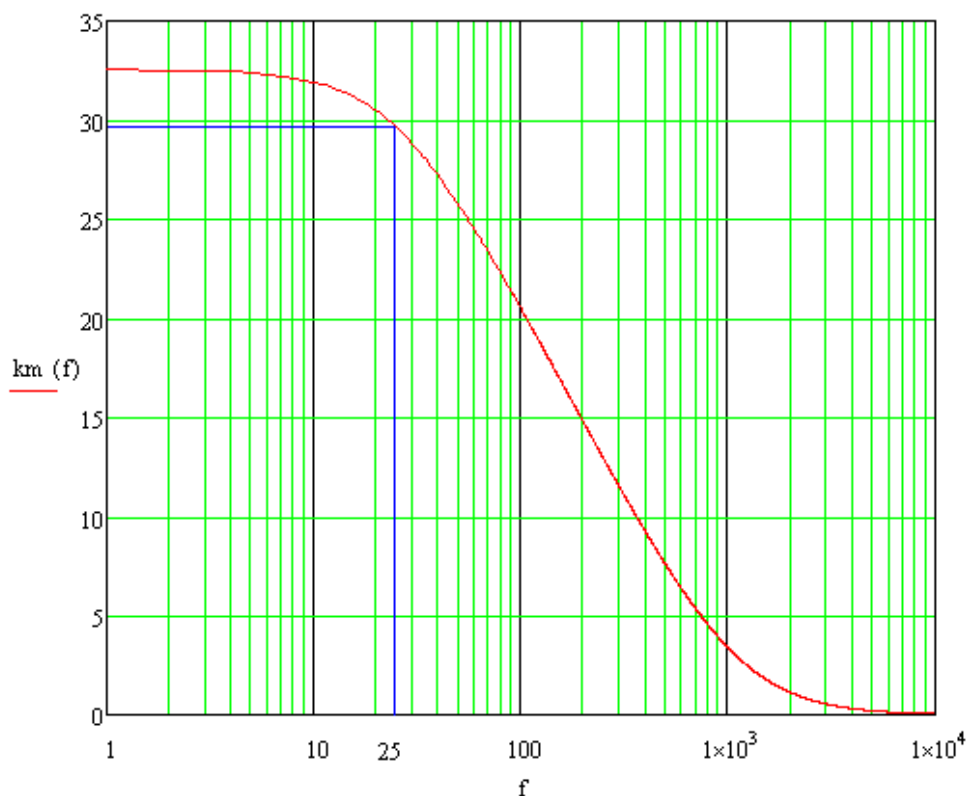


Рисунок 5.11 - Амплітудно-частотна характеристика ФНЧ на ОП

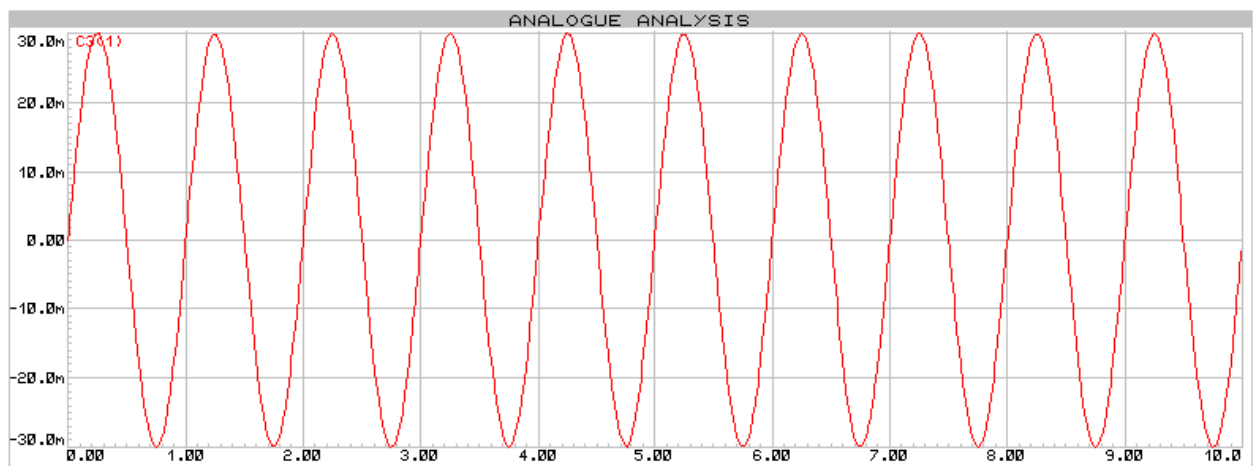


Рисунок 5.12 - Вхідний сигнал в точці А

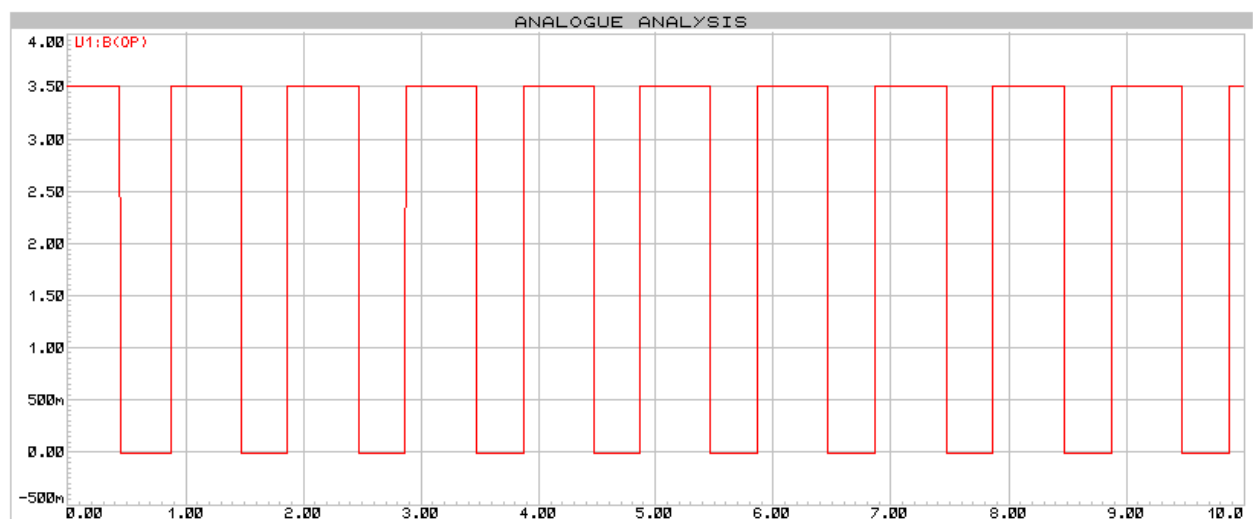


Рисунок 5.13 - Вихідний сигнал схеми, точка В

### 5.7 Стабілізатор напруги та блок приймача

Стабілізатор напруги має мікросхему LT-1086-3.6. Вона гарантує стабілізацію напруги рівну 3.6 В, при вхідній напрузі 4.5-18 В, похибка на виході складатиме  $\pm 0.037\text{В}$ .

Включення стабілізатора показано на схемі на рисунку 5.14.

Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

BA71.010004.001 ПЗ

Арк.

60



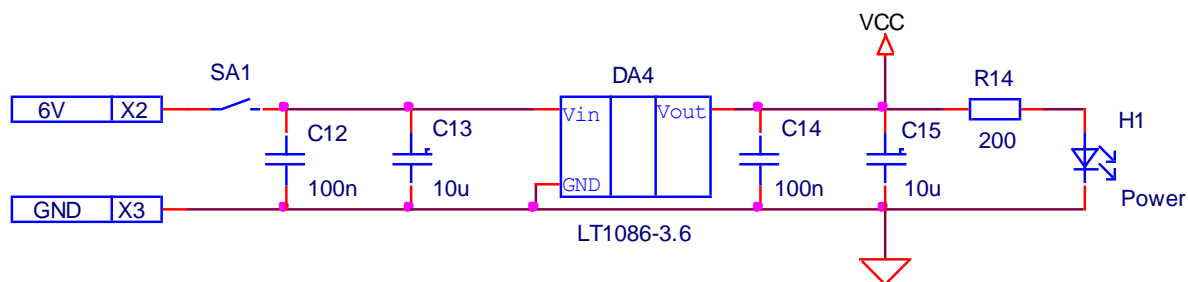


Рисунок 5.14 - Схема стабілізатора напруги на 3.6 В

*TRC102* - багатоканальний, маловикористовуючий радіочастотний приймач, що є інтегрований в одну мікросхему. Приймач підходить для додатків бездротового зв'язку з двостороннім обміном в неліцензований полосі частот 400 ..... 1000 МГц. Щоб мінімізувати кількість зовнішніх компонентів, було інтегровано в мікросхему усі необхідні радіочастотні функції(кварц на 10МГц та мікроконтролер). Щоб зробити загальне споживання і цим же подовжити час роботи і життя батареї, у *TRC102* передбачено багато різних режимів сну.

Характеристика приймача *TRC102*:

- Межі частот: 400 - 1000 МГц;
- Чутливість: -112 дБ / м;
- Швидкість передачі даних: до 256 Кбіт / с;
- Споживання струму в режимі прийому: ~ 11 мА;
- Діапазон робочої напруги: 2.2 - 3.8 В;
- Струм в режимі очікування: 0.3 мкА;
- Можливість програмно задавати значення синхробайта;
- Вбудовані схеми ФАПЧ (PLL), ПЧ (IF), немодульованої передачі (Baseband);
- Автопідстроювання частоти (підстроювання частот прийому / передачі);
- Можливість вибору аналогового / цифрового фільтра немодульованої передачі;
- Програмована вихідна потужність;
- Програмоване посилення вхідного малошумного підсилювача (LNA);
- Вбудовано розпізнавання достовірності даних;
- FIFO-буфер для прийому / передачі;

- Стандартний інтерфейс SPI;
- Лінії введення / виводу, сумісні з ТТЛ / КМОП;
- Програмований вихід тактової частоти, для тактування провідного процесора.
- Автоматичне налаштування антенного контуру;
- Можливість застосовувати звичайний кварцовий резонатор на 10 МГц;
- Вбудований програмований детектор виявлення розрядки батареї;
- Таймер пробудження з можливістю налаштування;
- Можливість вибору аналогової / цифрової індикації рівня сигналу (RSSI);
- Вбудований кварцовий генератор;
- Вивод переривання зовнішнього процесора;
- Програмована швидкість передачі даних;
- Вбудовано відновлення тактової синхронізації і даних;
- Відключення для збереження енергії;

Ним користуються за для: зняття даних з лічильників, домашня механізація і промислова механізація, системи охорони довкілля і життя, відкриття дверей на відстані, блокувач для авто, медичне обладнання, системи віддаленого вимірювання, бездротові модулі.

Приклад того, як розташовуються виводи та сам зовнішній вигляд показано на рисунку 5.15:

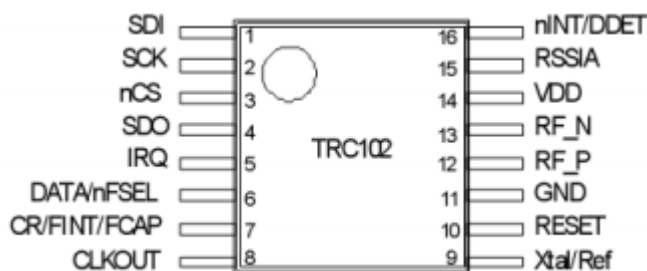


Рисунок 5.15 - Зовнішній вигляд TRC102

Головні характеристики:

- Діапазон частот: 400-1000 МГц
- Висока чутливість: (-112 дБм)

- Висока швидкість передачі даних: до 256 кбіт / с
- Низьке споживання струму (RX струм ~ 11 мА)
- Робоча напруга живлення: від 2,2 до 3,8 В
- Низький струм в режимі очікування (0,3 мкА)
- Програмований байт синхронізації
- Інтегрована PLL, IF, схема смуги частот
- Автоматичне регулювання частоти (вирівнювання частоти TX / RX)
- Програмований аналоговий / цифровий фільтр базової смуги
- Програмована вихідна потужність ВЧ
- Програмований вхід LNA Gain
- Внутрішнє розпізнавання дійсних даних
- Передача / отримання FIFO
- Стандартний інтерфейс SPI
- TTL / CMOS-сумісні штифти вводу-виводу
- Програмована частота вихідних сигналів CLK
- Автоматична схема налаштування антени
- Недорога загальна довідка Xtal 10 МГц
- Вбудований, програмований детектор низької напруги акумулятора
- Програмований таймер пробудження з програмованим робочим циклом
- Вбудований вибір аналогового / цифрового RSSI
- Вбудований кристалічний генератор
- Зовнішній штифт переривання процесора
- Програмована ємність кристалічного навантаження

					BA71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

- Програмована швидкість передачі даних
- Інтегроване відновлення годинника та даних
- Програмована полярність відхилення FSK
- Зовнішні події пробудження
- Підтримка декількох каналів:
  - 1) [433 діапазони] 95 каналів (100 кГц)
  - 2) [868 діапазон] 190 каналів (100 кГц)
  - 3) [Діапазон 915] 285 каналів (100 кГц)
- Енергозбереження
- Дуже мало вимог до зовнішніх компонентів
- Пластмасова упаковка невеликого розміру: 16-контактний TSSOP
- Стандартна 13-дюймова котушка, 2000 штук.

Функціональні можливості:

- синтезатор ФАПЧ;
- підсилювач потужності;
- малошумний підсилювач (LNA);
- I / Q-мікшери;
- I / Q-демодулятори;
- фільтри немодульованої передачі;
- підсилювачі немодульованої передачі;
- індикація рівня сигналу;
- детектор розряду батареї;
- режим таймера пробудження / робочого циклу;
- виявлення дійсних даних / якості даних
- Автоматичне зчитування лічильника
- Автоматизація дому та промисловості

					BA71.010004.001 ПЗ	Арк.
						64
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- Системи безпеки
- Двосторонній віддалений вхід без ключа
- Автомобільні іммобілайзери
- Спорт та моніторинг результатів
- Бездротові іграшки
- Медичне обладнання
- Двосторонні телеметричні системи низької потужності
- Бездротові сітчасті датчики
- Бездротові модулі

#### Опис виводів:

- SDI – Вхід даних;
- SCK – Синхронізація даних SPI;
- nCS – Вхід вибору мікросхеми. Вибирає мікросхему з якою буде виконувати обмін даними по лініям SPI;
- SDO – Вихід даних SPI;
- nIRQ – Вихід запиту переривання. При наступних подіях приймач генерує на даному виводі активний низький рівень запиту переривання для зовнішнього мікроконтролера.
- Data/nFSel – Вхід даних. Якщо внутрішній передаваний регістр не використовується, цей вивід можна задіяти для «ручного» модулювання даних зовнішнім провідним процесором. Вихід даних - якщо внутрішній FIFO-буфер не використовується, цей вивід використовується в сукупності з виводом 7 (відновлена Тактова синхронізація (RecoveredClock)) для прийому даних. Вибір FIFO - при читанні приймального FIFO-буфера цей висновок вибирає використання FIFO, причому перший біт даних з'являється при наступному тактовому імпульсі. Використовуйте цей висновок в сукупності з виводом 7.
- CR/FINT/FCAP – Вихід відновленої тактової синхронізації – якщо використовується цифровий фільтр, а FIFO вимкнений то на цей вивід подається відновлена частота від вхідних даних. Переривання від FIFO – якщо включений

					BA71.010004.001 ПЗ	Арк.
						65
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішній FIFO-буфер, цей вивід працює як вихід переривання щодо заповнення FIFO, вказуючи, що FIFO-буфер заповнився до заданої межі. Зовнішній конденсатор фільтру даних – якщо використовується аналоговий фільтр, то на цей вивід видаються необроблені дані немодульованої передачі, які можуть використовуватися провідним процесором для відновлення даних.

- ClkOut – Додатковий вихід тактової частоти для провідного процесора.
- Xtal/Ref – Xtal – вивід для підключення кварцевого резонатору з частотою 10 МГц, або зовнішнього генератора. Ext Ref – в якості опорного джерела частоти можна підключити зовнішній генератор. Підключати рекомендовано через конденсатор номіналом 0.01 мкФ.
- nRESET – Вхід скидання – після 100 мс після подачі живлення стає входом скидання пристрою з активним низьким рівнем.
- GND – Загальний мінус.
- RF\_P – Диференційний радіочастотний вивід вводу/виводу.
- RF\_N – Диференційний радіочастотний вивід вводу/виводу.
- VDD – Напруга живлення.
- RSSIA – Вихід аналогової індикації рівня сигналу що приймається – для визначення фактичної сили сигналу можна використовувати аналогову індикацію рівня сигналу що приймається.
- nINT/DDet – nINT – цей вивід можна налаштувати як зовнішнє переривання з низьким рівнем. Вихід детектора дійсних даних – цей вивід можна налаштувати на активність при виявленні дійсних даних. Коли схема розпізнавання шаблону синхронізації вказує на потенційно справжні вхідні дані.

Принципова та структурна схеми показано на рисунках 5.16 і 5.17 відповідно

					<b>BA71.010004.001 ПЗ</b>	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

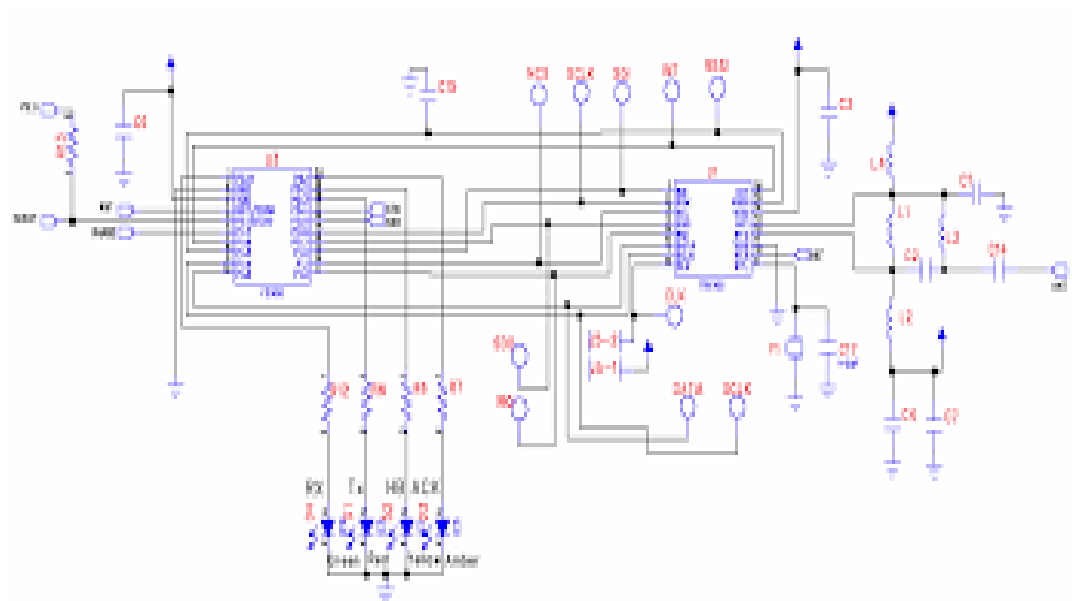


Рисунок 5.16 - Принципова схема TRC102

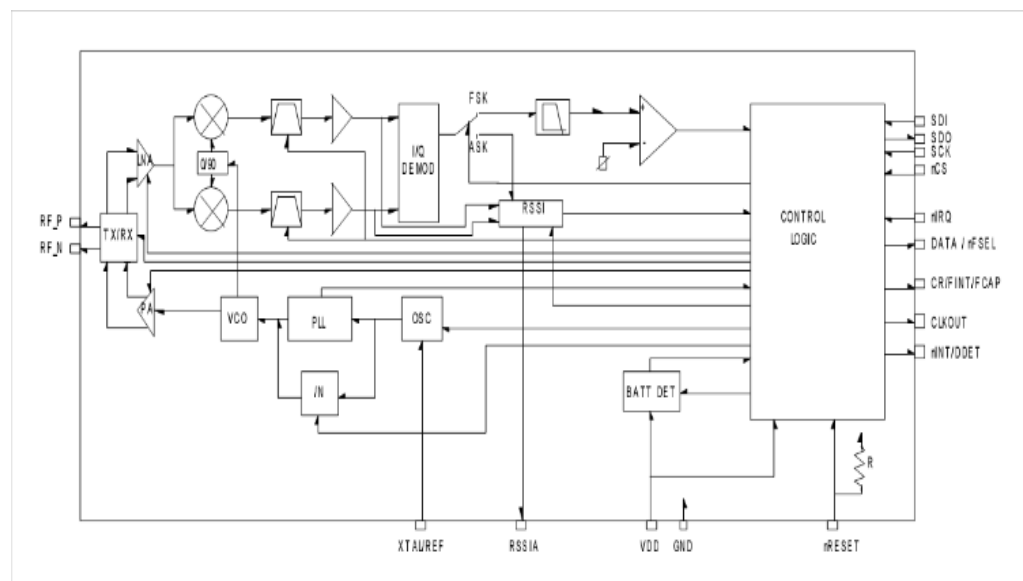


Рисунок 5.17 - Структурна схема TRC102

## 5.8 Блок індикації та блок управління

Для індикації, використовується: звукова і візуальна індикації. Звукова – це динамік, візуальна – ЖК-дисплей. Щоб контролювати показники людини, і тримати їх у нормі використовується звукова індикація. Вона спрацьовує у тому випадку, коли хоча б один із показників людини перевищує норму, або менше норми. Схема включення динаміка показано на рисунку 5.18.

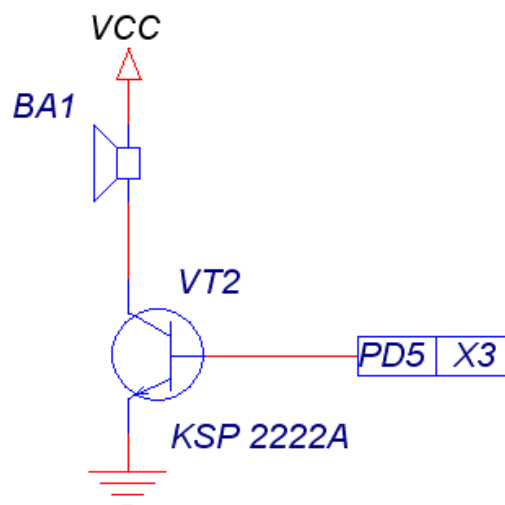


Рисунок 5.18 - Схема включення динаміка

Значення показників людини будуть показуватися на РК-дисплей. У цьому пристрої використовується знакосинтезуючий ЖК-дисплей. Він виготовлений фірмою Winstar, де 2 рядки по 8 символів в кожній.

Характеристики LCD дисплея:

- Інтерфейсна мікросхема: PCF8574AT/T
- Інтерфейс: I2C
- Діапазон адрес I2C:
  - PCF8574T - 0x20-0x27
  - PCF8574AT - 0x38-0x3f
- Максимальна кількість під'єднаних однотипних модулів: 8
- Напруга живлення: 5 В
- Розмір: 5.2 x 1.8 x 1.4 см



- Сумісність: РКІ 1602 и 2004

Схема під'єднання дисплея показано на рисунку 5.19.

Управління ЖК-дисплеєм планується по чотирьохбітній шині даних. Це забезпечує «економію» вільних виводів мікроконтролера.

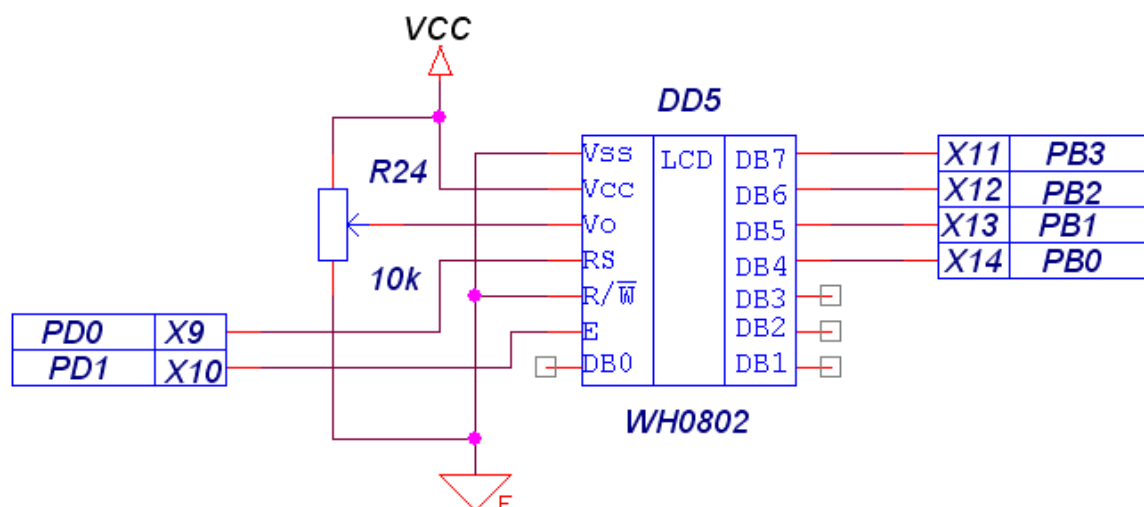


Рисунок 5.19 - Схема підключення LCD дисплея

На дисплеї мусить показуватися інформація про пульс і температуру людини.

Проекція інформації, яка буде показана продемонстровано на рисунку 5.20.

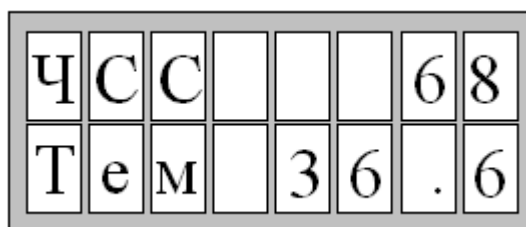


Рисунок 5.20 - Виведена інформація на дисплей

## 6 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

На сьогоднішній день дуже багато методів реабілітації. Лікарі та реабілітологи у цих методах використовують як традиційні методи закладені ще з далекого минулого, так і інноваційні методи та технології, флатер-терапію, реабілітаційні масажі, засоби інформаційно-хвильової терапії та апаратні методи, які допомагають підвищити ефективність реабілітаційних заходів.

Комп'ютерні системи та засоби реабілітації складніші і більш трудомісткі порівняно із тими, якими звикли користуватися.

У таких системах є різні типи інформації про апаратне та програмне забезпечення, які використовуються в якості основних елементів та мостів зв'язку для реабілітації та лікування людини.

Комп'ютерні програми, що використовуються для реабілітаційних систем та лікування:

- 1) MatLab;
- 2) LabVIEW;
- 3) Virtual Reality;
- 4) Proteus;
- 5) MySQL Workbench.

Розглянемо детальніше кожен із них.

### 6.1 MatLab

Це пакет прикладних програм для числового аналізу. Усі функції у даній програмі написані на загально відкритій мові MatLab. Це дає змогу усім користувачам слідкувати за виконанням алгоритмів та контролювати їх. Наприклад: отриманий для нас оцифрований ЕКГ-сигнал піддавали в системі комп'ютерної математики MatLab дискретному Вейвлет-перетворенню й обчислювали

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
						70
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

середньоквадратичні відхилення апроксимуючих Вейвлет-коефіцієнтів на різних масштабах.

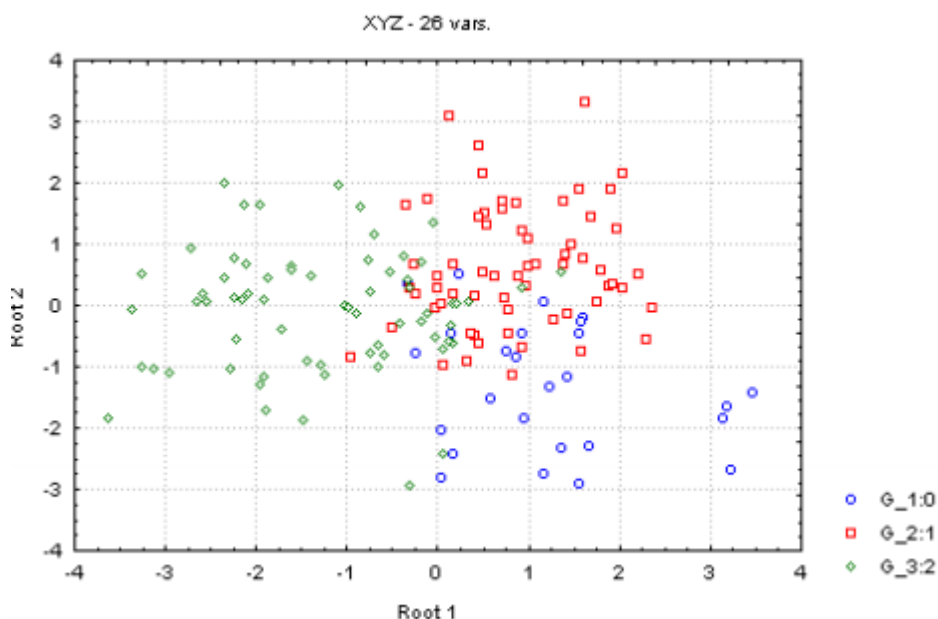


Рисунок 6.1 - Результат Вейвлет-перетворення в електрокардіографії для трьох груп людей G\_1:0 – здорові люди до 30 років; G\_2:1 – здорові люди – після 30 років; G\_3:2 – хворі ішемічною хворобою серця

## 6.2 LabVIEW

Це програма яка використовується для запису та перезапису цифрових каналів передачі даних у приладах для медичного застосування і системах, у яких використовується мікропроцесорне управління. Наприклад: пульсоксиметр або цифровий тонометр.

## 6.3 Virtual Reality

На сьогоднішній день це широко відомі технології у ігровій індустрії. Але також доволі нове у реабілітаційній медицині. Його використовують для комп'ютерного моделювання тривимірного зображення, з яким людина вільно може взаємодіяти. Прикладом є: шолом із екраном зсередини, або електронні віртуальні рукавички, які імітують кісті пацієнта. Спеціальні датчики, які знаходяться усередині рукавичок, можуть включати датчик кров'яного тиску, датчик дихання та

серцевого ритму. Дані які отримують рукавички, відправляються на спеціальний гаджет для показу результатів.

#### 6.4 Proteus

Це пакет програм для автоматизованого проєктування електронних схем. Вона представляє з себе систему моделювання, яка базується на основі моделей електронних компонентів. Головною особливістю цієї програми є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорів, DSP та ін. Причому в Proteus повністю реалізована концепція наскрізного проєктування, коли наприклад інженер змінює щось в логіці роботи схемотехніки і програмний пакет тут же «підхоплює» дані зміни в системі трасування. Бібліотека компонентів містить довідкові дані. Додатково в пакет PROTEUS VSM входить система проєктування друкованих плат. Пакет Proteus складається з двох частин, двох підпрограм: ISIS - програма синтезу та моделювання безпосередньо електронних схем і ARES - програма розробки друкованих плат. Разом з програмою встановлюється набір демонстраційних проєктів для ознайомлення.

#### 6.5 MySQL Workbench

Це інструмент для візуального проєктування баз даних, що інтегрує проєктування, моделювання, створення й експлуатацію БД в єдине безкоштовне оточення для системи баз даних.

Головними можливостями програми є:

- Наочно представити модель баз даних в графічному вигляду;
- Наочний і функціональний механізм установки зв'язків між таблицями;
- Можливість редагувати дані у таблиці в візуальному режимі;
- Reverse Engineering — відновлення структури таблиць з вже існуючої на сервері БД (зв'язки відновлюються в InnoDB, при використанні MyISAM зв'язки необхідно встановлювати вручну);
- Зручний редактор SQL запитів, що дозволяє відразу ж відправляти їх серверові і отримати відповідь у вигляді таблиці.

## ВИСНОВКИ

При опрацюванні та роботі над дипломним проектом на затверджену кафедрою інформаційно-вимірювальних технологій тему: «Пристрій для моніторингу стану людини» використовувалися знання, що були отримані під час навчання в університеті, був здійснений огляд сучасних технологій та велика кількість наукових джерел інформації та здійснені маркетингові дослідження.

Оглянув та проаналізував сучасні методи вимірювання та реєстрації пульсу та температури тіла людини, оскільки саме ці показники є основними в організмі.

Було проведено розробку структурної та принципової схем для приладу. Ці схеми наведені вище у розділах.

Також було оцінено ринок, обчислено можливу ціну продажу та кількість створення пристрою на 3 роки. Оцінений ринок говорить про те, що в Україні на даний момент немає даного приладу для користування усім жителям, тому він буде доволі цінний та важливий через свої можливості та якості.

Здійснив огляд мікроконтролерів та зробив опис і їх характеристики.

					ВА71.010004.001 ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		73

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2646-94: Плати друковані. Терміни та визначення: – [Чинний від 01.07.1995]. – К. : Держспоживстандарт України, 1994. – 24 с. – (Національні стандарти України)
2. ГОСТ 10317-79:Платы печатные. Основные размеры– [Чинний від 01.01.1980 зі змінами від 01.12.1981 та 02.02.1985]. – М. : Госстандарт СССР, 1979. – 3 с.
3. Леухін В.М. Проектування радіоелектронних вузлів: Навчальний посібник. - Йошкар-Ола: Періодика Марій Ел, 2006.
4. Сайт про мікроконтролери та їх характеристики – Режим доступу до ресурсу URL: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/attiny2313.htm>
5. Мережа магазині радіодеталей – Режим доступу до ресурсу URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/TRC102.html>
6. LCD дисплей ( Вікіпедія ) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкокристаллический\\_дисплей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Жидкокристаллический_дисплей)
7. Використання інтерфейсу USI – Режим доступу до ресурсу URL: <http://easyelectronics.ru/ispolzovanie-interfejsa-usi-v-rezhime-mastera-twi.html>
8. Недоліки пульсоксиметрії – Режим доступу до ресурсу URL: <https://uk.kenkosokushin.com/244285-disadvantages-of-pulse-oximetry-12416>
9. Біофізика – Режим доступу до ресурсу URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28227/1/Biofizyka\\_praktykum.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28227/1/Biofizyka_praktykum.pdf)
- 10.Лекція про мікропроцесор – Режим доступу до ресурсу URL: [http://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2017/02/Konspekt\\_lekciy.pdf](http://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2017/02/Konspekt_lekciy.pdf)
- 11.Конспект лекцій « Розподілені мікропроцесорні системи » – Режим доступу до ресурсу URL: [http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/12/Конспект\\_лекций-ПМС-в1.pdf](http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/12/Конспект_лекций-ПМС-в1.pdf)
12. Спеціалізовані мікроконтролерні системи. Теорія і практика – Режим доступу до ресурсу URL: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/asm/wp-content/uploads/sites/20/2018/11/Spets-mikrokontrollernye-sistemy.-Teoriya-i-praktika.pdf>
13. Газовий термометр – Режим доступу до ресурсу URL: <http://um.co.ua/1/1-1/1-134001.html>

