

Міністерство освіти і науки України  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки  
(повна назва кафедри)

Слюсарчук Денис Дмитрович  
Slyusarchuk Denys

УДК 004:681.5

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота  
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Апаратно-програмний комплекс вимірювання температури на основі  
мікроконтролера Atmega  
Measuring hardware and software complex of thermometer based on Atmega  
family of microcontrollers

Науковий керівник:

д. фіз.-мат. н., доц. Мандзюк В.І.

Рецензент:

Гарпуль О.З. к. ф.-м. н., доц.

кафедри інформаційних  
технологій

Івано-Франківськ

2020

Форм.	Зона	Поз.	Позначення			Найменування	К-ть	Прим.
			123. УДК 004:681.5			Пояснювальна записка	1	
			123. УДК 004:681.5			Блох-схема цифрового термометра	1	
			123. УДК 004:681.5			Структурна схема	1	
						123. УДК 004:681.5		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
Разробив		Слюсарчук Д.Д.			Специфікація	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>
Перевірів		Мандзюк В.І.					2	
Н. Конт.								
Затвердив								

## АНОТАЦІЯ

Даний проект являє собою термометр, реалізований на мікроконтролері AVR. Пристрій може виконувати наступні дії:

- визначення температури навколишнього середовища;
- відображення температури навколишнього середовища на LCD-дисплеї;
- відображення температури навколишнього середовища в com-порт;
- своєчасне реагування на зміну температури, реалізоване за допомогою встановлюваної за бажанням затримки опитування.

При проектуванні мікроконтролерів доводиться дотримувати рівновагу між розмірами і вартістю з одного боку та гнучкістю і продуктивністю з іншого. Для різних застосувань знаходяться різні оптимальні співвідношення цих параметрів. Тому існує широкий вибір мікроконтролерів які відрізняються між собою: архітектурою процесора, розміром і типом вбудованої пам'яті, набором периферійних пристроїв і типом корпусу.

Алгоритм роботи нашого приладу досить примітивний. Після налаштування ліній портів, опису знаків, налаштування АЦП, таймерів та дозволу переривань головна програма зациклюється на команді переходу з міткою. Далі код з регістра ADCH пересилається у робочий регістр. Наступним кроком зчитується відповідне значення температури, після цього визначається модуль прийнятого числа, а саме: сотні, десятки, одиниці. Потім ці числа замінюються відповідними образами та засилаються у порт який зв'язаний з індикатором. Крім того, аналізується відхилення температури від заданого значення і видається відповідний код на світлодіоди.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Слюсарчук Д.Д.			Анотація	Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевірив		Мандзюк В.І.					3	1
Н. Контр.								
Затвердив								

## ABSTRACT

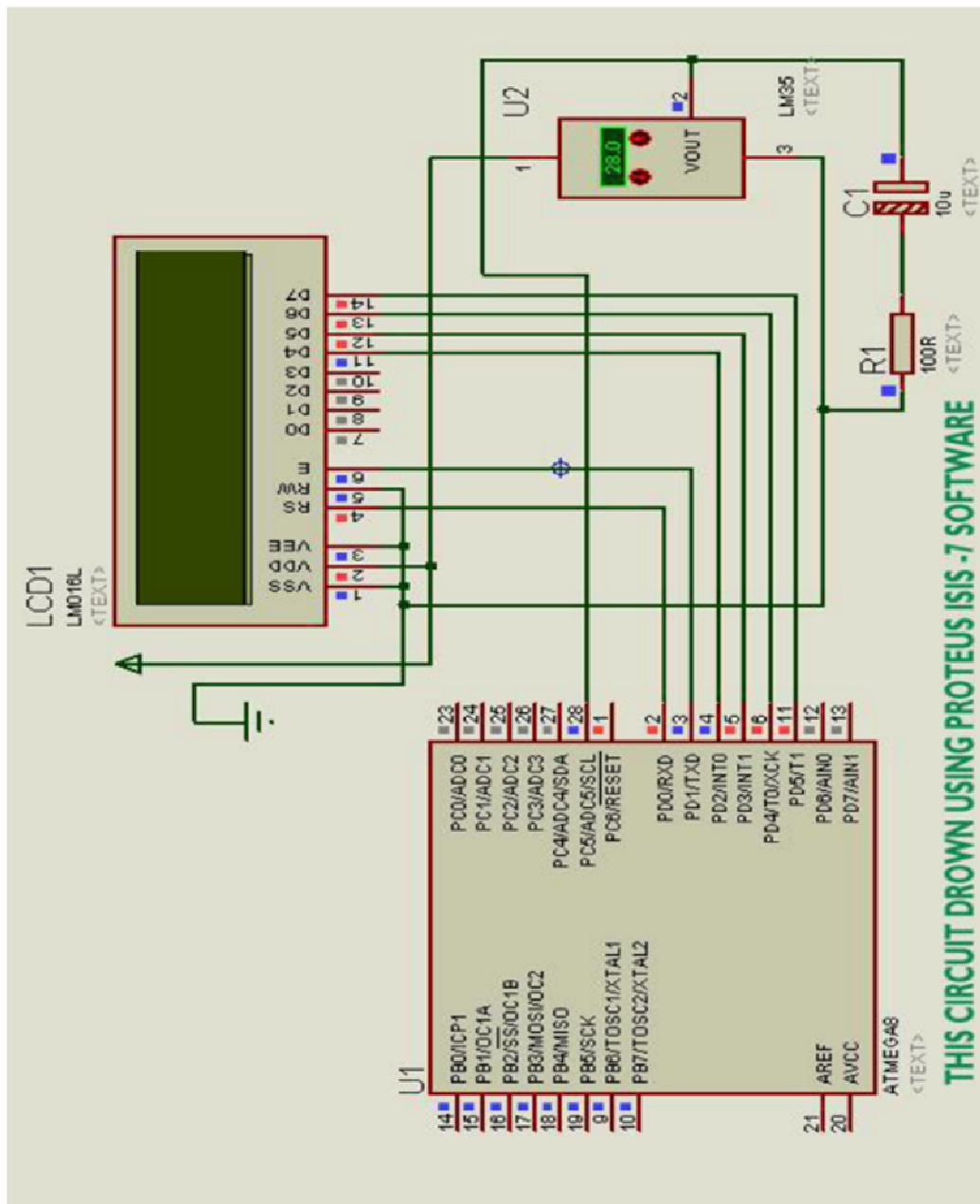
This project is a thermometer implemented on an AVR microcontroller. The device can do the following:

- determination of ambient temperature;
- display of ambient temperature on the LCD;
- display of ambient temperature in com-port;
- timely response to the temperature change, implemented by means of an optional delay survey;

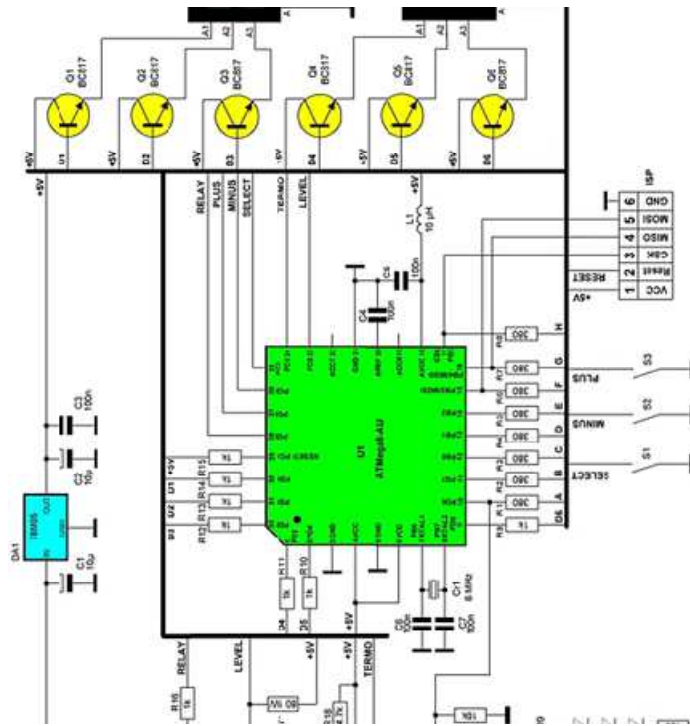
When designing microcontrollers, you have to balance the size and cost on the one hand and the flexibility and performance on the other. For different applications, there are different optimal ratios of these parameters. Therefore, there is a wide selection of microcontrollers that differ from each other: processor architecture, size and type of internal memory, a set of peripherals, and body type.

The algorithm of our device is quite primitive. After configuring port lines, character descriptions, ADC settings, timers, and interrupt permissions, the master program latches on the label transition command. The code from the ADCH register is then forwarded to the working register. The next step reads the appropriate temperature value, then determines the module of the received number, namely: hundreds, tens, units. These numbers are then replaced by the corresponding images and sent to the port associated with the indicator. In addition, the temperature deviation from the setpoint is analyzed and a corresponding code is issued to the diodes.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Слюсарчук Д.Д.			Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевірів		Мандзюк В.І.				4	1
Н. Контр.		.			<b>ABSTRACT</b>		
Затвердив							



					123.KI-41.21			
					<b>Блох-схема цифрового термометра</b>	Лім.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Слюсарчук Д.Д.					3	1 : 1
Перевір.		Мандзюк В.І.						
Т. Контр.						Арк.	5	Аркушів
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердж.								



					<b>123.KI-41.21</b>			
					<b>Структурна схема</b>	<b>Лім.</b>	<b>Маса</b>	<b>Масштаб</b>
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>			3	1 : 1
Розроб.		Слюсарчук						
Перевір.		Мандзюк В.І.						
Т. Контр.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Затвердж.					<b>Арк.</b>	6	<b>Аркушів</b>	

Державний вищий навчальний заклад  
 «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
 Фізико-технічний факультет  
 Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Пояснювальна записка  
 до кваліфікаційної роботи на тему  
 Вимірювальний апаратно-програмний комплекс термометра на основі  
 мікроконтролерів сімейства ATmega

					123.КІ-41.21			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розробив	Слю	Слюсарчук Д.Д.			Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Перевірив		Мандзюк В.І.					7	55
Н. Контр.		.						
Затвердив								

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

РТП – резистивний температурний пристрій

ІЧ – інфрачервоний

ШИМ- Широтно-імпульсна модуляція

RISC – reduced instruction set computer

ПЕТ - портативні електронні термометри

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач

АЛО – арифметико-логічна одиниця

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8



## ЗМІСТ

Вступ	10
Розділ 1. Пристрої для вимірювання температури на основі мікроконтролерів	12
1.1. Різновиди пристроїв для вимірювання температури	12
1.1.1. Термопари	12
1.1.2. Резистивні прилади температури	14
1.1.3. Датчик температури зміни стану	16
1.1.4. Інфрачервоні датчики	18
1.1.5. Біметалічний термометр	21
Розділ 2. Обґрунтування та вибір всіх компонентів	23
2.1. Вибір мікроконтролера	23
2.2. Вибір датчика	27
2.3. Обґрунтування вибору мови програмування	30
2.4. Передача даних на Com-порт	32
Розділ 3. Проектно-розрахунковий розділ	36
3.1. Розробка електричної схеми для реалізації цифрового термометра	36
3.2. Алгоритм роботи даного приладу	39
Розділ 4. Економічний розділ	42
Висновки	44
Список використаної літератури	45
Додаток	47

## ВСТУП

У сучасному житті вимірювання температури займає важливу роль. В наукових дослідах та на виробництві, при дослідженні матеріалів і зразків вимірювання температури є найпоширенішим. Широкий діапазон вимірювальних температур і вимог до точності їх виміру спонукають до розробки нових пристроїв вимірювання. Одним з видів приладів для виміру температури являються цифрові термометри.

Цифрові термометри активно використовуються в повсякденному житті. Дешеві побутові термометри встановлюються в різних місцях для контролю температури на вулиці та усередині житлових будинків. Дорогі професійні термометри використовуються на виробництві для дотримання певних температур, адже мають кращу точність вимірювань.

Основою приладу буде AVR мікроконтролер, ATMEGA16, згідно завдання. Також до складу приладу увійдуть діоди, які будуть відображати рівні температури, семи сегментний індикатор на три місця для відображення поточного значення температури який буде працювати у режимі динамічної індикації.

**Метою** роботи є розробка пристрою термоконтролю на базі мікроконтролера ATMEGA, який через аналогово-цифрове перетворення визначав значення температури. Робота призначена для закріплення теоретичних та практичних навичок у програмуванні та налаштуванні мікроконтролерів.

**Об'єкт дослідження** – вимірювальний апаратно-програмний комплекс термометра на основі мікроконтролерів сімейства ATMEGA.

**Предмет дослідження** – створення вимірювального комплексу термометра на основі мікроконтролера.

### **Завдання:**

- виконати аналіз предметної області;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.КР.КІ-41.21	10

- вдосконалити знання і розвиток практичних навичок з втілення алгоритмів роботи та розробки електронних пристроїв на основі мікроконтролера AVR-архітектури;
- розробити модель даних для даної предметної області;
- створити програмну частину для коректної роботи з температурним датчиком.

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

# РОЗДІЛ 1. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ

## 1.1. Різновиди пристроїв для вимірювання температури

Температура визначається як енергетичний рівень речовини, що може бути підтверджено деякою зміною цього речовини. Датчики вимірювання температури бувають найрізноманітнішими і мають одне спільне: всі вони вимірюють температуру, відчувуючи певну зміну фізичної характеристики.

### 1.1.1. Термопары

Термопара - це датчик, який вимірює температуру. Він складається з двох різних видів металів, з'єднаних разом на одному кінці. Коли стик двох металів нагрівається або охолоджується, створюється напруга, яка може бути співвіднесена до температури. Термопара - це простий, надійний і економічно вигідний датчик температури, який використовується в широкому діапазоні процесів вимірювання температури[1].

Термопары зазвичай використовуються в широкому спектрі застосувань. Завдяки широкому спектру моделей та технічним умовам, але вкрай важливо розуміти його основну структуру, функціональність, діапазони, щоб краще визначити правильний тип термопары та матеріал термопары для застосування.

Датчики термопары складаються з проводів, які часто називають термоелементами, ізоляцією, оболонкою, кінцевим ущільнювачем та засобом з'єднання (подовжувальні дроти, з'єднувачі тощо). Провід з'єднаний разом на одному кінці, щоб утворити "вимірювальне" або "гаряче" з'єднання.

Датчик повинен бути підключений до пристрою зчитування, який компенсує опорну температуру. Якщо використовується показник термопары, то він буде містити необхідну схему. Якщо використовується лічильник мілівольт, то необхідна компенсація холодного вузла (рис. 1.1).

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

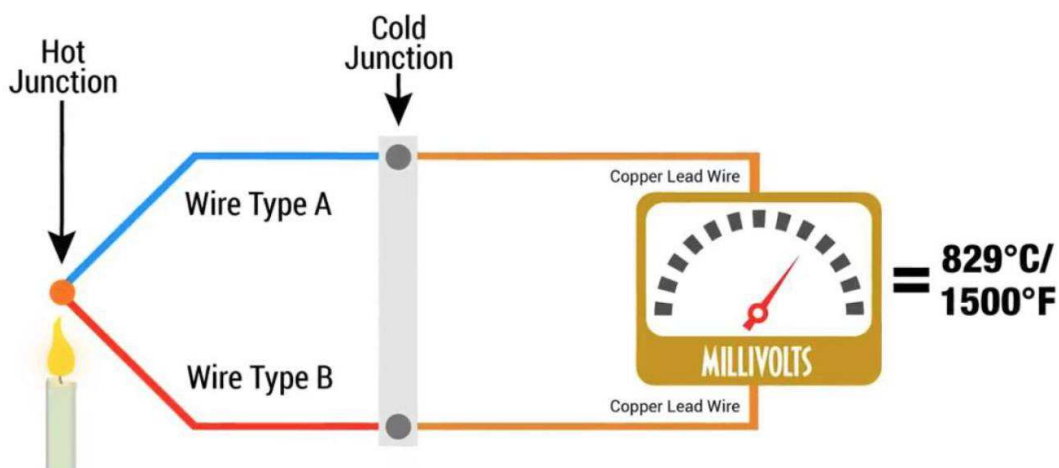


Рисунок 1.1. Термопара

Вихід термопари залежить від типу термопари. До звичайних категорій термопар відносяться типи J, K, T, E і N, які називаються термопарами «Базовий метал», типи R, S і B, які називаються термопарами «Інертний метал», і типи C і D, які називаються «Вогнетривкі металеві термопари».

Вихідні та температурні характеристики для кожного типу визначаються двома стандартами, ANSI / ASTM E230 та IEC 60584. Копії вихідних таблиць можна також знайти тут.

Таблиці виходу або температури термопари часто називають «кривими термопари». Вихід термопари не є лінійним за температурою, це є причиною, що рівняння термопари містять ряд досить довгих коефіцієнтів для правильного їх визначення.

Постійна часу була визначена як час, необхідний датчику температури для досягнення 63,2% ступінчастої зміни температури при заданому наборі умов. П'ять тимчасових констант потрібно, щоб датчик наблизився до 100% значення зміни кроку. Термопара, що піддається впливу, виявляється найшвидшою. Крім того, чим менший діаметр оболонки зонда, тим швидше час реакції термопари, але максимальна температура може бути нижчою. Однак, іноді оболонка зонда не витримує повного діапазону температур типу термопари.

Термопари випускаються в різних комбінаціях металів або калібрування. Найбільш поширені термопари "Базовий метал", відомі як типи J, K, T, E та N

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					13

(табл. 1.1). Також існують високотемпературні калібрування - також відомі як термопари інертні металу - типи R, S, C і GB.

Таблиця 1.1. Діапазони температури термопар

Тип	Температура
J	0° до 750°C (32° до 1382°F)
K	-200° до 1250°C (-328° до 2282°F)
E	-200° до 900°C (-328° до 1652°F)
T	-250° до 350°C (-418° до 662°F)

### 1.1.2. Резистивні прилади температури

Елементи резистивного температурного пристрою - це дротяні обмотки, які виявляють зміни опору зі зміною температури. Зазвичай вони виготовляються з металевих елементів або сплавів, таких як мідь, нікель або нікель-чавун. Найбільш лінійні, повторювані пристрої виготовлені з платини, дорогоцінного металу, яка підходить для вимірювання температури в широкому робочому діапазоні (рис. 1.2).

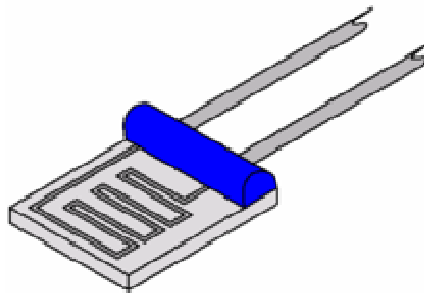


Рисунок 1.2. Резистивний температурний прилад

Елементи РТП використовують дві основні технології:

1. Пристрої для намотування дроту складаються з котушки ізолюваного дроту, обмотаної навколо керамічної або скляної серцевини.
2. Тонкоплівкові пристрої також використовують керамічні підкладки, але вони менше, ніж традиційні дротяні намотувальні пристрої.

Елементи резистивного температурного пристрою визначають температуру опосередковано шляхом вимірювання опору в чутливому елементі. Зв'язок між опором і температурою - це функція номінального опору ( $R_0$ ), опору РТП в омах ( $\Omega$ ) при  $0^\circ\text{C}$  і температурного коефіцієнта опору (ТКО), який також називають коефіцієнтом альфа ( $\alpha$ ), з металу, що використовується в РТП.

Значення  $\alpha$  - відношення дробової зміни опору на зміну температури на градус. Більшість матеріалів, що використовуються для виготовлення, мають позитивне значення  $\alpha$ , тобто стійкість збільшується зі збільшенням температури. Значення визначається як середня дробова зміна опору на градус Цельсія за температурний інтервал від  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  з одиницею ( $\Omega / \Omega / ^\circ\text{C}$ ):

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0} \cdot 100\%$$

де:

- $R_{100}$  = Опір при  $100^\circ\text{C}$  ( $\Omega$ )
- $R_0$  = Опір при  $0^\circ\text{C}$  ( $\Omega$ )

Номінальний опір ( $R_0$ ), опір ( $\Omega$ ) при  $0^\circ\text{C}$ , використовується для опису значення опору чутливого елемента. Найбільш поширене значення для  $R_0$  – 100 Ом, хоча РТП доступні з іншими значеннями, причому такі найбільш поширені:

- 100 Ом;
- 120 Ом;
- 200 Ом;
- 500 Ом;
- 1000 Ом.

Технічні характеристики елементів резистивного температурного пристрою включають робочу температуру, номінальний опір, температурний коефіцієнт опору ( $\alpha$ ), час відгуку, точність, довжину та ширину чи діаметр.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	123.КР.КІ-41.21				15

1. Робоча температура – це діапазон температур, при яких пристрої призначені для роботи. Елементи РТП здатні вимірювати діапазони до  $-200^{\circ}\text{C}$  до  $+850^{\circ}\text{C}$ . Зазвичай верхній і нижній 5% робочого діапазону нелінійні.

2. Номінальний опір,  $R_0$  – електричний опір дротяної котушки або тонкоплівкового елемента при вимірюванні при  $0^{\circ}\text{C}$ .

3. Температурний коефіцієнт опору ( $\alpha$ ) – відношення дробової зміни опору на ступінь зміни температури.

4. Час відгуку – це час, що минув до точного вимірювання. Час реакції елемента РТП залежить від середовища, в який занурені пристрої, та швидкості потоку носія. Час відповіді - це або приблизне значення, або середнє значення.

5. Точність – відсоткова різниця між вимірюваною величиною та справжньою величиною. Точність елемента РТП, як правило, змінюється залежно від температури, завдяки різному коефіцієнту опору металевих компонентів у заданих діапазонах температур.

6. Довжина – це найбільший розмір по площині або суцільній стороні елемента РТП.

7. Діаметр або ширина – це найкоротший розмір по площині або суцільній стороні елемента РТП.

### 1.1.3. Датчики температури зміни стану

Датчики температури стану вимірюють саме це – зміну стану матеріалу, спричинене зміною температури, як зміною льоду на воду, а потім паром. Комерційно доступні пристрої такого типу мають форму етикеток, гранул, олівців або лаків [2].

Наприклад, етикетки можуть використовуватися на парових пастках. Коли пастка потребує регулювання, вона стає гарячою; тоді біла крапка на етикетці вкаже підвищення температури, перетворившись у чорну. Крапка залишається чорною, навіть якщо температура повертається до нормальної.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.КР.КІ-41.21	16



Мітки зміни стану вказують на вимірювання температури в °F і °C. При таких типах пристроїв біла крапка стає чорною при перевищенні показаної температури; і це незворотний датчик, який залишається чорним, коли змінює колір. Мітки температури корисні, коли потрібно підтвердити, що температура не перевищувала певного рівня, можливо, з технічних чи юридичних причин під час відвантаження. Оскільки пристрої зміни стану неелектричні, як біметалічна смуга, вони мають перевагу в певних сферах застосування. Деякі форми даного сімейства датчиків (лак, олівці) не змінюють колір; зроблені ними позначки просто зникають. Версія гранул стає візуально деформованою або повністю плавиться.

Обмеження включають відносно повільний час відповіді. Таким чином, якщо сплеск температури піднімається, а потім знижується дуже швидко, видима реакція може не бути. Точність також не така висока, як у більшості інших пристроїв, які частіше використовуються в промисловості. Однак у застосування, де потрібна нереверсивна індикація, яка не потребує електроенергії, вони дуже практичні.

Інші оборотні етикетки працюють за зовсім іншим принципом, використовуючи рідкокристалічний дисплей. Дисплей змінюється від чорного кольору до відтінку коричневого або синього або зеленого, залежно від досягнутої температури.

Наприклад, типова мітка – усе чорне, коли нижче температури, яку відчувають. Коли вимірювання температури зростає, на плямі 33°F з'явиться колір, спочатку блакитний, потім зелений та нарешті коричневий, коли він проходить через задану температуру. У будь-якому конкретному рідкокристалічному пристрої зазвичай можна побачити дві кольорові плями, що прилягають одна до одної – синю трохи нижче показника температури, а коричневу - трохи вище. Це дозволяє оцінити температуру як, наприклад, від 85° до 90°C.

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			17

Незважаючи на те, що він не зовсім точний, він має переваги, будучи невеликим, міцним, неелектричним індикатором, який постійно оновлює вимірювання температури. (рис. 1.3).



Рисунок 1.3. Датчик температури зміни стану

#### 1.1.4. Інфрачервоні датчики

Інфрачервоний датчик - це електронний пристрій, який випромінює, щоб відчувати деякі аспекти оточення.

Вони вимірюють кількість випромінювання, яке випромінює поверхня. Електромагнітна енергія випромінює від усієї речовини незалежно від її температури. У багатьох технологічних ситуаціях енергія знаходиться в інфрачервоній області. Із підвищенням температури кількість інфрачервоного випромінювання та його середня частота зростають [3].

Різні матеріали випромінюють з різним рівнем ефективності. Ця ефективність кількісно визначається як випромінювання, десяткове число або відсоток у межах від 0 до 1 або 0% і 100%. Більшість органічних матеріалів, включаючи шкіру, дуже ефективні, часто виявляють викиди 0,95. З іншого боку, більшість полірованих металів, як правило, є неефективними радіаторами при кімнатній температурі, а частота випромінювання або ККД часто становить 20% або менше.

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			18

Щоб правильно функціонувати, прилад інфрачервоного вимірювання повинен враховувати випромінювання поверхні, що вимірюється.

Частина входу датчика може складатися з енергії, яка не випромінюється обладнанням або матеріалом, на поверхню якого націлено, а натомість відбивається цією поверхнею від іншого обладнання чи матеріалів. Емісійність стосується енергії, що випромінює поверхню, тоді як "відбиття" стосується енергії, відбитої від іншого джерела. Емісійність непрозорого матеріалу є зворотним показником його відбивної здатності - речовини, які є хорошими випромінювачами, не відбивають багато енергії падаючого, і, таким чином, не створюють особливих проблем датчику при визначенні температури поверхні. І навпаки, коли вимірювати поверхню цілі лише, скажімо, 20% випромінювання, велика частина енергії, що надходить до датчика, може бути пов'язана з відображенням, наприклад, від сусідньої печі при якійсь іншій температурі.

Інфрачервоний пристрій схожий на камеру, і таким чином охоплює певне поле зору. Наприклад, він може "бачити" зоровий конус 1 ступеня або 100-градусний конус. Вимірюючи поверхню, що повністю заповнює поле зору. Якщо спочатку цільова поверхня не заповнює поле зору, потрібно рухатися ближче або використовувати інструмент із більш вузьким полем зору. Або просто вирахувати фонову температуру під час читання інструменту (рис. 1.4).

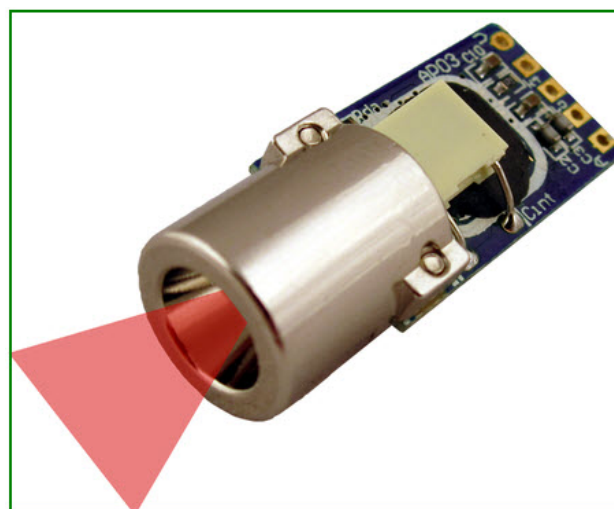


Рисунок 1.4. Інфрачервоний датчик

Схема інфрачервоного датчика – один з основних і популярних сенсорних модулів в електронному пристрої. Цей датчик є аналогом чутливих почуттів людини, які можна використовувати для виявлення перешкод, і це одне із поширених застосувань у режимі реального часу. Ця схема складається з наступних компонентів (рис. 1.5):

- передавач LM358 IC 2 і приймач;
- резистори діапазону кОм;
- змінні резистори;
- світлодіод.

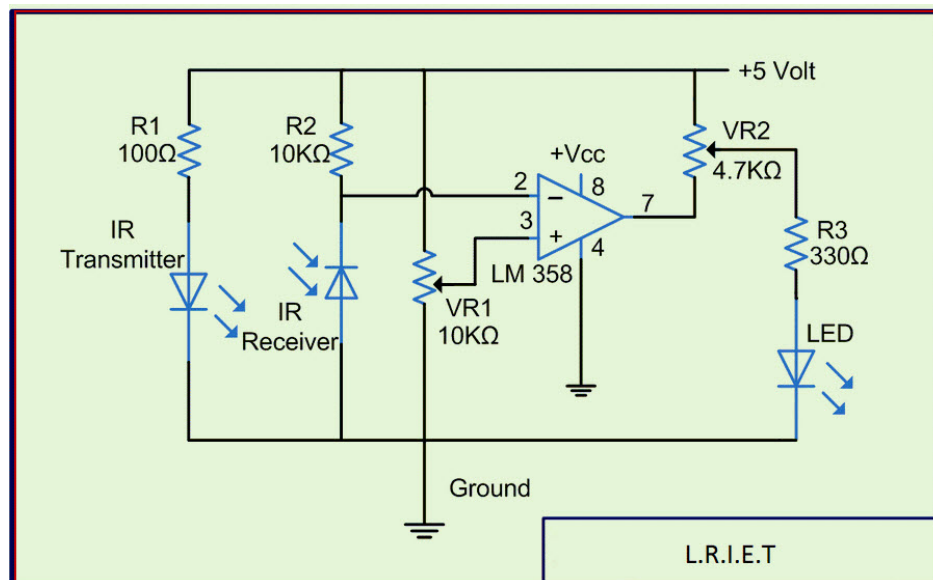


Рисунок 1.5. Схема інфрачервоного датчика

У цьому проекті секція передавача включає ІЧ-датчик, який передає безперервні ІЧ-промені, що приймаються ІЧ-модулем приймача. ІЧ-вихідний термінал приймача змінюється залежно від прийому ІЧ-променів. Оскільки цей варіант не може бути проаналізований як такий, то цей вихід може подаватися в ланцюг порівняння. Тут оперативний підсилювач LM 339 використовується в якості схеми порівняння.

### 1.1.5. Біметалічний термометр

Біметалічний термометр використовує біметалічну смужку, яка перетворює температуру в механічне переміщення. Робота біметалевої смуги залежить від властивості термічного розширення металу. Теплове розширення - це тенденція металу, при якій об'єм металу змінюється з коливанням температури.

Кожен метал має різний коефіцієнт температури. Температурний коефіцієнт показує залежність між зміною фізичного розміру металу та температурою, яка його спричинює. Розширення або стиск металу залежить від температурного коефіцієнта, тобто при одній і тій же температурі метали мають різні зміни у фізичному вимірі.

Принцип роботи біметалічного термометра залежить від двох основних властивостей металу:

- метал має властивість термічного розширення, тобто метал розширюється і стискається щодо температури.
- температурний коефіцієнт у всіх металів не однаковий. Розширення або стиснення металів відрізняється при однаковій температурі.

Біметалічна смуга побудована шляхом скріплення двох тонких смужок різних металів. Метали з'єднуються між собою на одному кінці за допомогою зварювання. Зв'язок підтримується таким чином, щоб між двома металами не було відносного руху. Фізичний розмір металів змінюється залежно від зміни температури.

Оскільки біметалічна смуга термометра побудована з різних металів. Тим самим довжина металів змінюється з різною швидкістю. Коли температура збільшується, смуга відгинається до металу, який має низькотемпературний коефіцієнт. І коли температура знижується, смуга відгинається до металу, який має високотемпературний коефіцієнт (рис. 1.6).

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

123.КР.КІ-41.21



Рисунок 1.6. Біметалічний термометр

Переваги: термометр простий в конструкції, надійний і менш дорогий.

Недоліки: термометр дає менш точний результат при вимірюванні низької температури.

Біметалічний термометр використовується в побутових приладах, таких як духовка, кондиціонер, а також у таких промислових апаратах, як нафтопереробні заводи, гарячі дроти, обігрівач, відбійники та ін. Для вимірювання температури [4].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

123.КР.КІ-41.21

Арк.

22

## РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ВСІХ КОМПОНЕНТІВ

### 2.1. Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер – це невеликий і недорогий мікрокомп'ютер, який призначений для виконання конкретних завдань вбудованих систем, таких як відображення інформації НВЧ, отримання віддалених сигналів тощо.

Загальний мікроконтролер складається з процесора, пам'яті (ОЗУ, ПЗУ, EPROM), послідовних портів, периферійних пристроїв (таймери, лічильники) тощо.

Atmega8 – це 8-бітний мікроконтролер AVR, який базується на архітектурі RISC і в основному використовується у вбудованих системах та проектах промислової автоматизації.

Atmega8 містить три таймери, де два 8-бітні, а один – 16-бітний таймер. Ці таймери можуть використовуватися як способами, тобто таймером, так і лічильником, коли перший використовується для створення операції в будь-якій запущеній функції, контролює внутрішні функції контролера і збільшує цикл інструкцій, а пізніше використовується для підрахунку кількості інтервалів збільшуючи зростаючий і спадаючий край штифта і в основному використовується для зовнішніх функцій. Окрім цих таймерів, у пристрій, включені ще два таймери:

- таймери запуску осциляторів;
- таймер живлення.

Таймер запуску осцилятора використовується для того, щоб зробити кристалічний генератор стабільним шляхом скидання контролера. А таймер включення електроенергії створює незначну затримку після включення пристрою, допомагаючи стабілізувати потужність, щоб генерувати сигнали живлення з постійними інтервалами.

П'ять режимів сну вбудовані в пристрій, що допомагають економити енергію. Ці режими включають:

- збереження сили;

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			23

- вимкнення живлення;
- холостий;
- зменшення шуму ADC;
- режим очікування.

BOD, також відомий як BOR (BrownOutReset), використовується для скидання модуля, коли Vcc (напруга живлення) опуститься нижче порогової напруги. Важливо зауважити, що таймер живлення повинен бути включений для створення затримки і допомагає повернути пристрій з функції BOD. У цьому режимі створюються кілька діапазонів напруги для захисту модуля після падіння потужності на лінії живлення напруги.

ATmega8 постачається з послідовним периферійним інтерфейсом – модулем зв'язку, який допомагає встановити зв'язок між мікроконтролером та іншими периферійними пристроями, такими як регістри зсуву, SD-карти та датчики. Він містить окремі лінії, час та дані з додаванням лінії вибору для вибору відповідного пристрою для зв'язку.

Два штифта, які використовуються для зв'язку ППІ, є наступними

MOSI (головний вихід підлеглого введення);

MISO (головний вихідний підлеглий вихід).

Штифт MOSI отримує дані, коли контролер діє як підлеглий. І MISO відіграє найважливішу роль у передачі даних контролером, тоді як пізніше переводиться у ведений режим.

Простір пам'яті в контролері - це прояв лінійної та регулярної карти пам'яті. Цей модуль AVR оснащений Гарвардською архітектурою, де зберігаються окремі пам'яті як для даних, так і для програми.

Один конвеєрний конвеєр використовується для виконання вказівок у пам'яті програми - програмованої флеш-пам'яті – де викликається і виконується наступна інструкція з наступною інструкцією, яка допомагає виконувати вказівки в кожному циклі годин [5].

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	123.КР.КІ-41.21				24



Реєстр файлів швидкого доступу має 32 x 8-бітові робочі регістри загального призначення, до яких можна отримати доступ за допомогою одного тактового циклу, який допомагає виконувати операцію АЛО (Арифметична логічна одиниця), де результат зберігається у файлі Регістр.

До пам'яті вводу / виводу можна отримати доступ декількома способами: прямим способом або за допомогою даних простір, що охоплюють Реєстр-файл, 0x20 - 0x5F.

АТmega8 може бути пов'язаний з Arduino для розробки вбудованого проекту.

На рис. 2.1 показано взаємодію АТmega8 з Arduino.

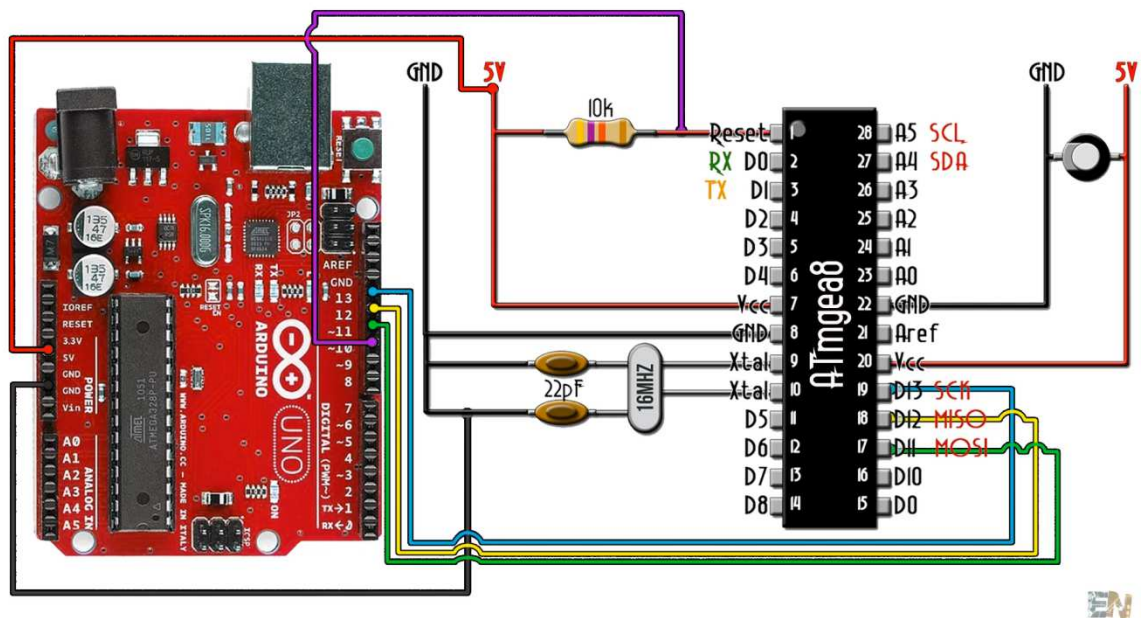


Рисунок 2.1. Взаємодію АТmega8 з Arduino

АТmega8 – це мікроконтролер CMOS AVR малої потужності, який в основному базується на архітектурі RISC. Виконуючи потужні інструкції в одному тактовому циклі, АТmega8 здатний виконувати потужну інструкцію, використовуючи 1MIPS на МГц, в одному тактовому циклі, що різко допомагає оптимізувати споживання енергії.

Структурна схема допоможе зрозуміти, які основні функції та компоненти підключені та виконуються всередині пристрою. На рис. 2.2 показана структурна схема АТmega8.

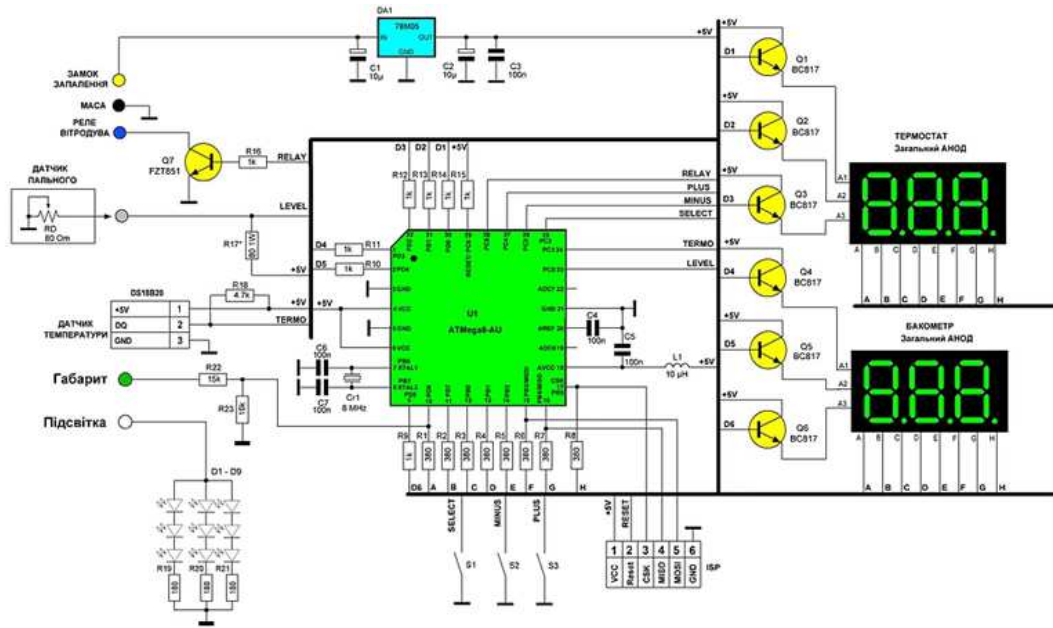


Рисунок 2.2. Структурна схема

Властивості:

- 130 потужні інструкції;
- більшість одночасних циклів виконання;
- 32 × 8 робочих регістрів загального призначення;
- повністю статична робота;
- пропускна здатність до 16MIPS на частоті 16 МГц;
- 2-цикльовий множник на мікросхемі.

Елементи енергонезалежної пам'яті високої витривалості

- 8 Кбайт внутрішньосистемної самопрограмованої флеш-пам'яті програми;
- 512 байт EEPROM;
- 1 Кбайт внутрішнього SRAM;
- цикли запису / стирання: 10000 флеш / 100 000 EEPROM;
- збереження даних: 20 років при 85°C / 100 років при 25°C;
- додатковий розділ завантажувального коду з незалежними блоками блокування.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

123.КР.КІ-41.21

Арк.

26

## 2.2. Вибір датчика

Серія LM35 – це точна температура з інтегральним контуром датчика, вихідна напруга яких лінійно пропорційна Температурі Цельсія. Таким чином, LM35 має перевагу перед лінійними датчиками температури, каліброваними в Кельвін, оскільки користувачеві не потрібно віднімати велику постійну напругу від її виходу для отримання зручного масштабування. LM35 не потребує зовнішнього калібрування або обрізки для забезпечення типової точності  $\pm 1/4^\circ$  при кімнатній температурі і  $\pm 3/4^\circ$  протягом повних від  $-55$  до  $+150^\circ\text{C}$  температурний діапазон. Низька вартість забезпечена обрізкою та калібрування на рівні пластин. Низький вихідний опір LM35, лінійний вихід та точне внутрішнє калібрування роблять LM35 особливим для взаємодії між схемами зчитування або управління. Це може використовуватися як з одним джерелом живлення, так і з плюсами і мінусами поставки. Оскільки він отримує лише 60 мкА зі свого живлення, він має дуже низьке самонагрівання, менше  $0,1^\circ\text{C}$  у нерухомому повітрі. LM35 призначений для роботи в інтервалі температур від  $-55^\circ$  до  $+150^\circ\text{C}$ , в той час як LM35C визначається для діапазону від  $-40^\circ$  до  $+110^\circ\text{C}$  ( $-10^\circ$ ) з підвищеною точністю). Серія LM35 випускається упакованою в герметичні транзисторні пакети TO-46, тоді як LM35C, LM35CA і LM35D також доступні в пластиковий пакет транзисторів TO-92. LM35D також доступний у 8-свинцевому пакеті з невеликим контуром та пластиковий пакет TO-220[6].

Особливості (рис. 2.3):

- калібровано безпосередньо в  $^\circ\text{C}$ ;
- лінійний  $+10,0\text{ мВ} / ^\circ\text{C}$  коефіцієнт масштабу;
- точність  $0,5^\circ\text{C}$  гарантована (при  $+25^\circ\text{C}$ );
- призначений для повного діапазону від  $-55^\circ$  до  $+150^\circ\text{C}$ ;
- підходить для віддалених програм;
- низька вартість;
- працює від 4 до 30 В;
- струм менше 60 мкА;

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			27

- низьке самонагрівання –  $0,08^{\circ}\text{C}$  в нерухомому повітрі;
- нелінійність  $\pm 1/4^{\circ}\square$ ;
- низький вихід імпедансу,  $0,1\ \text{Ом}$  для навантаження на  $1\ \text{мА}$ .

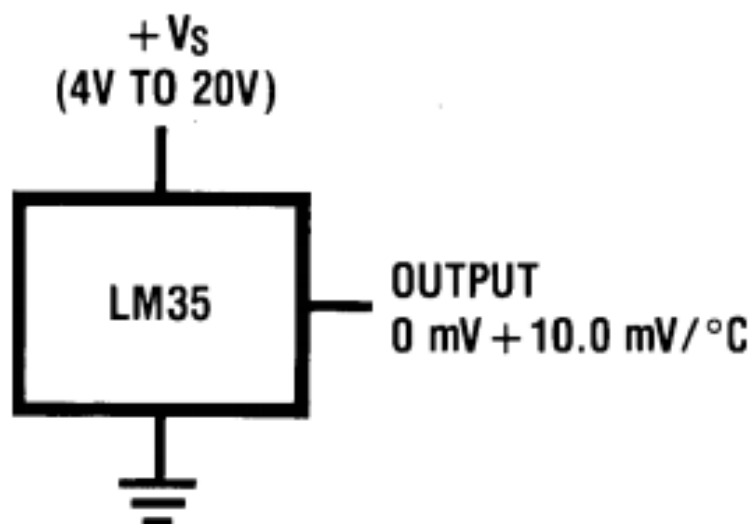


Рисунок 2.3. Основний датчик температури ( $+2^{\circ}\text{C}$  до  $+150^{\circ}\text{C}$ )

У табл. 2.1. наведено порівняльний аналіз датчиків температури.

Таблиця 2.1. Порівняння між LM35 і LM35C

Параметри	Умови	LM35			LM35C			Од.в
		Тип	Обм.(1)	Обм.(2)	Тип	Обм.(1)	Обм.(2)	
Точність	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{max}}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{min}}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	$^{\circ}\text{C}$
Неліній.	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	$^{\circ}\text{C}$
Підсилення датч.	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.9$		$+10.0$		$+9.9$	$\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
			$+10.1$				$+10.1$	
Регулюв. Навант.	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\text{mV}/\text{mA}$
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\text{mV}/\text{mA}$
Регулюв. лінії	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\text{mV}/\text{V}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\text{mV}/\text{V}$

## Продовження таблиці 2.2.

струм	$V_S=+5V, +25^{\circ}C$	56	67		56	67		$\mu A$
	$V_S=+5V$	105		131	91		114	$\mu A$
	$V_S=+30V, +25^{\circ}C$	56.2	68		56.2	68		$\mu A$
	$V_S=+30V$	105.5		133	91.5		116	$\mu A$
Вибір струму	$4V \leq V_S \leq 30V, 25^{\circ}C$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu A$
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu A$
Температура		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu A/^{\circ}C$
Мін. Температура	$I_L=0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^{\circ}C$
Стабільність	$T_J=T_{MAX}$ для 1000 год	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^{\circ}C$

Обмеження (1): перевірені межі гарантовані та 100% перевірені у виробництві.

Обмеження (2): проектні обмеження гарантуються (але не перевірені на 100%) в межах зазначених діапазонів температури та напруги живлення. Ці обмеження не звикли розрахувати вихідні рівні якості.

LM35 можна легко застосувати так само, як і інші датчики температури з інтегральним контуром. Його можна склеїти до поверхні, і її температура буде в межах близько  $0,01^{\circ}C$  температури поверхні.

Це передбачає, що температура навколишнього повітря майже така ж сама, як температура поверхні; якби температура повітря була значно вище або нижче температури поверхні, фактична температура штампу LM35 була б при проміжній температурі між температурою поверхні і температура повітря. Це особливо стосується пластику TO-92 пакет, де мідні відводи є основним тепловим шляхом для передачі тепла в пристрій, тому його температура може бути ближче до температури повітря, ніж до температури поверхні [7].

								Арк.
								29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	123.КР.КІ-41.21			

Щоб мінімізувати цю проблему, провідка до LM35, утримується при тій же температурі, що і поверхня. Найпростіший спосіб це зробити щоб прикрити ці дроти епоксидом, і провід буде при тій же температурі, що і поверхня, і що на температуру LM35 не впливатиме температура повітря.

Металевий пакет TO-46 також може бути припаяний до металу поверхні або до труби, але без пошкоджень. Звичайно, у такому випадку V-клема ланцюга буде заземлена на цей метал. Альтернативно, LM35 можна встановити всередині герметичного кінця металеві трубки, а потім можна занурити у ванну або закрутити в різьбовий отвір в баку. Як і будь-яка ІС, LM35 і супровідні електропроводки та схеми повинні триматися ізольованими та сухими, щоб уникнути протікання та корозії. Особливо це стосується, якщо контур може працювати при холодних температурах, де може виникати конденсат. Такі друковані схеми та лаки як часто використовують гумусові та епоксидні фарби, щоб волога не змогла роз'їдати LM35 або його з'єднання.

Ці пристрої іноді спаяні до малого невеликого теплового плавника, щоб зменшити постійну температуру часу і прискорити реакцію в повітрі. З іншого боку, невелика тепла маса може бути додана до датчика, щоб забезпечити стабільне зчитування, незважаючи на невеликі відхилення в температурі повітря.

### 2.3. Обґрунтування вибору мови програмування

C – мова програмування загального призначення, яка надзвичайно популярна, проста та гнучка. Це незалежна від машин структурована мова програмування, яка широко використовується в різних програмах.

C була основною мовою для написання всього - від операційних систем (Windows та багатьох інших) до складних програм, таких як база даних Oracle, Git, Python interpreter та багато іншого.

Характеристика мови "C":

- маленький розмір;
- широке використання функціональних дзвінків;

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.КР.КІ-41.21	30

- структурована мова;
- програмування низького рівня (BitWise) легко доступні;
- реалізація вказівника – широке використання покажчиків на пам'ять, масив, структури та функції.

Тепер він став широко використовуваною професійною мовою через наступні причини:

- має конструкти високого рівня.
- може працювати з низькорівневою діяльністю.
- виробляє ефективні програми.
- можна скласти на різних комп'ютерах.

Важливість мови C:

- це надійна мова з багатим набором вбудованих функцій та операторів, які можна використовувати для написання будь-якої складної програми.
- компілятор C поєднує можливості мови складання з особливостями мови високого рівня.
- програми, написані на мові C, є ефективними та швидкими. Це пов'язано з різноманітністю типу даних та потужними операторами.
- C дуже портативний, це означає, що програми, написані один раз, можна запускати на іншій машині з незначними або відсутніми модифікаціями.
- ще одна важлива особливість програми C – її здатність розширюватись.
- програма C – це в основному сукупність функцій, які підтримуються бібліотекою C.
- є 32 ключові слова; доступні декілька стандартних функцій, які можна використовувати для розробки програми.

Мова C – це найпоширеніша мова сьогодні в операційних системах та вбудованій системі.

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

## 2.4. Передача даних на Com-порт

Більшість ПК матимуть один або кілька послідовних СОМ-портів. Для цього потрібно повідомити програмне забезпечення, у який порт підключається прилад. Якщо на комп'ютері немає жодного СОМ-порту або є більше пристроїв, ніж портів, можна легко додати більше. Потім потрібно встановити відповідний адаптер. Поради щодо використання USB-серійних перетворювачів дають більше інформації про USB.

У послідовних комунікаціях, наприклад, через порт СОМ, повідомлення надсилаються 1 біт за іншим. Швидкість передачі даних визначає, як часто надсилаються біти, і тому виражає максимальну швидкість збору даних. Інструмент та комп'ютер повинні спілкуватися з однаковою швидкістю. Програмне забезпечення для драйверів завжди пропонує вибір швидкості передачі даних: вибирається той, що відповідає тому чи іншому інструменту. Якщо вибрати швидкість передачі даних для інструменту, то найкраще вибрати швидку швидкість. Це скорочує час передачі під час надсилання та прийому повідомлень. Якщо інструмент знаходиться далеко від комп'ютера, а передачі недостовірні, можливо, потрібно використовувати меншу швидкість передачі даних.

Незалежно від того, наскільки швидке з'єднання – максимальна кількість показань інструменту в секунду залежить від програмного забезпечення.

Потік бітів, отриманий на порті СОМ, інтерпретується групами (зазвичай) 7 або 8 біт. Кожна група представляє частину інформації. Очевидно важливо, щоб прилад і комп'ютер узгоджували кількість бітів даних у групі. Доводиться ознайомитися з посібником з інструменту, щоб дізнатися, скільки бітів даних він використовує. Якщо не бути впевненим у кількості бітів, краще встановити програмне забезпечення для драйвера на більш часто використовувані 8 біт даних.

Паритет - це стан непарного чи парного. У послідовних комунікаціях паритет може використовуватися для перевірки помилок у передачі даних.

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32



Виконуючи перевірку парності, прилад або ПК, що надсилає повідомлення, рахує число 1 у групі бітів даних. Залежно від результату встановлюється значення іншого біта - біт парності. Пристрій, який отримує дані, також рахує 1 і перевіряє, чи є біт парності таким, яким він повинен бути.

Щоб виконати перевірку паритету на комп'ютері, прилад повинен, очевидно, узгодити, як вони обчислюють біт парності. Вони встановлюють його для парного чи непарного числа 1? Коли пристрій використовує парну рівність, біти даних і біт парності завжди будуть містити парне число 1. Зворотний бік справедливий для непарного паритету. Наприклад, коли непарний паритет працює, а біти даних містять 10010110 - у нас є чотири 1, тому біт парності буде увімкнено (встановлено на 1), щоб зробити непарне число [8].

Ще два варіанти паритету, які часто доступні в драйвері, – це Mark та Space. Вони не ефективні при перевірці помилок. Mark означає, що пристрій завжди встановлює біт парності на 1 і пробіл завжди на 0.

Паритет - це рудиментарний механізм перевірки помилок. Він може виявити помилку при передачі 1 біта, але якби 2 біти трапилися неправильно, це не сприймає. Він також не дає допомоги щодо того, який біт не так. Інші механізми перевірки помилок включають біти запуску та зупинки, описані нижче, та циклічні перевірки надмірності, які часто використовуються в комунікаціях Modbus.

Зв'язок через порт СОМ асинхронний. Це означає, що дані надсилаються періодично, а не заздалегідь визначені інтервали. Тому пристрій повинен мати можливість визначати початок і кінець повідомлення. Він виконує це за допомогою запуску та зупинки бітів. Початковий біт передує бітам даних. Стоп-біт слід або за бітом парності, якщо він є, або бітами даних.

Рядок даних має два стани - увімкнено та вимкнено. Постійна лінія завжди включена. Коли прилад або комп'ютер хоче надіслати дані, він встановлює вимкнену лінію - це початковий біт. Тому біти одразу після початкового біта є бітами даних.

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			33

Стоп-біт присутній, щоб дозволити приладу та комп'ютеру повторно синхронізуватися, якщо щось не піде: наприклад, шум на лінії, що маскує початковий біт. Період часу між бітом старту та зупинки є постійним, відповідно до швидкості передачі даних та кількості даних і бітів парності. Біт стоп завжди включений. Якщо приймач виявляє значення вимкнення, коли повинен бути присутній стоп-біт, він знає, що сталася помилка.

Біт зупинки насправді не є 1 бітом, але мінімальний проміжок часу повинен бути введений рядком в кінці кожної передачі даних. На комп'ютерах це зазвичай дорівнює 1 або 2 бітам, і потрібно вказати це в драйвері. Хоча 1 стоп-біт є найпоширенішим, вибір 2 у гіршому випадку трохи сповільнить повідомлення.

З огляду на те, що коли байт повністю переданий провідним каналом послідовного порту, а регістр зсуву тепер порожній, такі три речі відбуваються майже одночасно:

1. наступний байт переміщується з буфера передачі в регістр зсуву передачі.
2. починається передача цього нового байта (біт-біт).
3. ще одне переривання видається, щоб сказати драйверу пристрою надіслати ще один байт тепер пустому буферу передачі.

Таким чином, ми кажемо, що послідовний порт керується перериванням. Кожен раз, коли послідовний порт видає перерву; процесор надсилає йому ще один байт. Після того, як байт був надісланий процесором до буфера передачі, CPU може продовжувати деяку іншу діяльність, поки не отримає наступне переривання. Послідовний порт передає біти з фіксованою швидкістю, яку вибирає користувач (або прикладна програма). Іноді її називають швидкістю передачі. Послідовний порт також додає додаткові біти до кожного байта (пуск, стоп і, можливо, біт парності), тому часто 10 біт надсилаються за байт. Таким чином, зі швидкістю (яка також називається швидкістю) 19200 біт на секунду (біт/с), таким чином, 1 920 байт/сек (а також 1,920 переривань в секунду).

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			34

Основним поліпшенням стало збільшення розміру буфера послідовного порту з 1-байт до 16-байт. Це означає, що, коли процесор отримує переривання, він дає послідовний порт до 16 нових байт для передачі. Це переривання в обслуговуванні, але дані все одно повинні передаватися по одному байту за широкою шиною. 16-байтовий буфер - це насправді черга FIFO (First In First Out) і її часто називають FIFO[9].

Отримання байтів через послідовний порт схоже на їх надсилання лише в зворотному напрямку. Це також ведеться на переривання. Для застарілого типу послідовного порту з 1-байтовими буферами, коли байт повністю отриманий із зовнішнього кабелю, він переходить у 1-байтовий буфер прийому. Потім порт надає процесору переривання, щоб сказати йому забрати цей байт, щоб послідовний порт мав місце для зберігання наступного байту, який наразі приймається. Для новіших послідовних портів з 16-байтовими буферами це переривання (для отримання байтів) може бути надіслане після того, як 14 байтів знаходяться в буфері прийому. Потім процесор зупиняє те, що він робив, запускає службову процедуру переривання і набирає від порту 14-16 байт. Для переривання, надісланого після отримання 14-го байту, можна отримати 16 байт, якщо з перерви надійшло ще 2 байти. Але якщо прийде ще 3 байти (замість 2), то 16-байтовий буфер буде перевищений. Він також може набрати менше 14 байт, встановивши його таким чином або через тайм-аути.

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.КР.КІ-41.21	35

### РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТНО-РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

Цифровий термометр використовується для перевірки розумного передавача температури в умовах потоку та успішної калібрування інтелектуального передавача температури. Портативні електронні термометри (ПЕТ) призначені для вимірювання температури в термоблоці типу РТП. Термометр повинен бути дозволений для використання в небезпечних місцях, класи 1, групи С і D. Термометр повинен бути забезпечений відповідними кабелями, що мають покриття, довжиною не менше 6 дюймів. Цифровий дисплей повинен легко читатися під прямими сонячними променями і оснащуватися підсвічуванням (необов'язково) для нічних операцій.

ПЕТ слід порівнювати із сертифікованим термометром часткового занурення щодня при кімнатній температурі, щоб забезпечити продуктивність на початку кожного робочого дня. Журнал щоденних перевірок, пов'язаних з кожним ПЕТ, повинен вестись, щоб забезпечити аудиторський слід та забезпечити точність портативного пристрою. Якщо похибка в будь-якій точці перевищує  $\pm 0,10^{\circ}\text{C}$ , відкалібруйте портативний пристрій або поверніть ПЕТ постачальнику. Цифровий термометр повинен бути здатний здійснювати калібрування поля.

#### 3.1. Розробка електричної схеми для реалізації цифрового термометра

У цьому проекті описана конструкція цифрового термометра. Аналоговий датчик температури використовується для визначення температури, а температура відображається на LSD. Структурна схема цифрового термометра показана на рис. 3.1.

Термометр зі шкалою Цельсія відображає температуру навколишнього середовища через LSD. Він складається з двох розділів. Одне - це те, що відчуває температуру. Це датчик температури LM 35. Інший розділ перетворює значення температури у відповідне число за шкалою Цельсія, що робить ADC5. Коли

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			123.КР.КІ-41.21		36

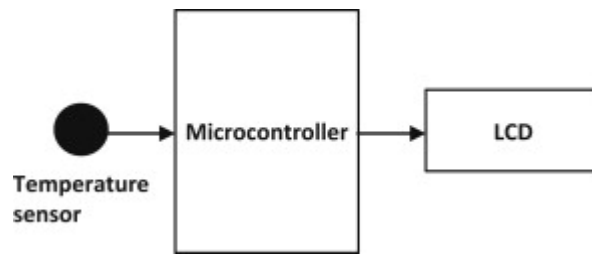


Рисунок 3.1. Структурна схема цифрового термометра

система увімкнена, на LSD відобразатиметься наше ім'я та ідентифікатор, а потім фактична температура навколишнього середовища/ Датчик може вимірювати до 150 градусів Цельсія. Підключені серії такі як: резистор та конденсатор зберігають вихідну напругу датчика. Датчик LM35 підключений до мікроконтролера зі штифтом №. 2. Коли датчик може відчути темп, він надсилає інформаційний сигнал в мікроконтролер. Мікроконтролер приймає сигнал як вхід. Програма написана для відображення інформації у зручному форматі. Вихідні дані відображаються через LSD-дисплей (рис. 3.2). LCD-дисплей показує вихідний код мікроконтролера в цифровій системі [10].



Рисунок 3.2. LCD-дисплей

Електрична схема цифрового термометра, розробка якого проводиться в даній роботі, представлена на рис. 3.3. Основними компонентами запропонованої схеми є:

- трансформатор (220 до 5 В);
- резистор (10 кОм);
- конденсатор (47 мкФ);
- датчик температури (LM 35);
- LCD-дисплей (LM016L);
- мікроконтролер (АТМЕГА8).

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

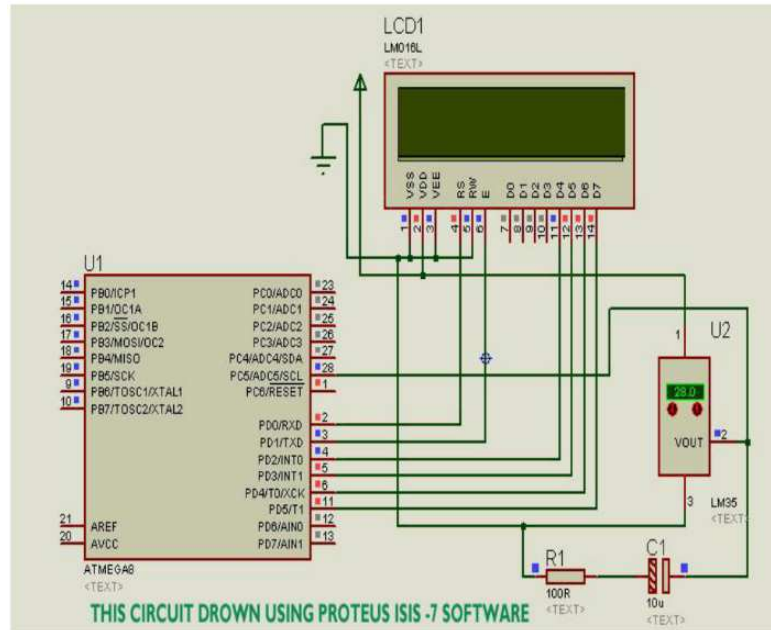


Рисунок 3.3. Схема цифрового термометра

На рис. 3.4. зображено схему друкованої плати.

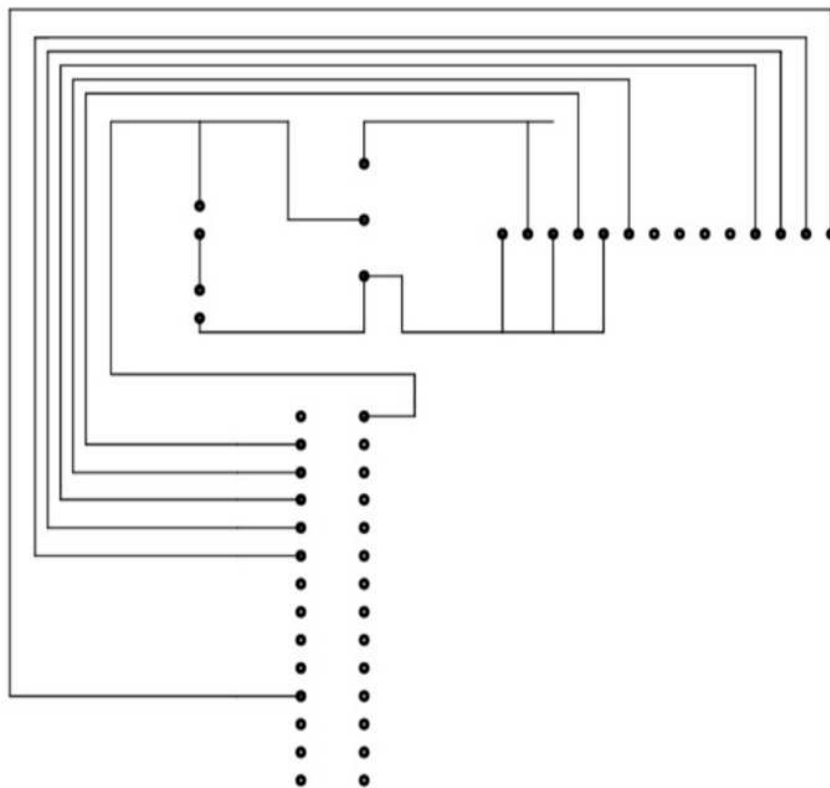


Рисунок 3.4. Схема друкованої плати

На рис. 3.5 показано вигляд термометра на основі мікроконтролера Atmega8.

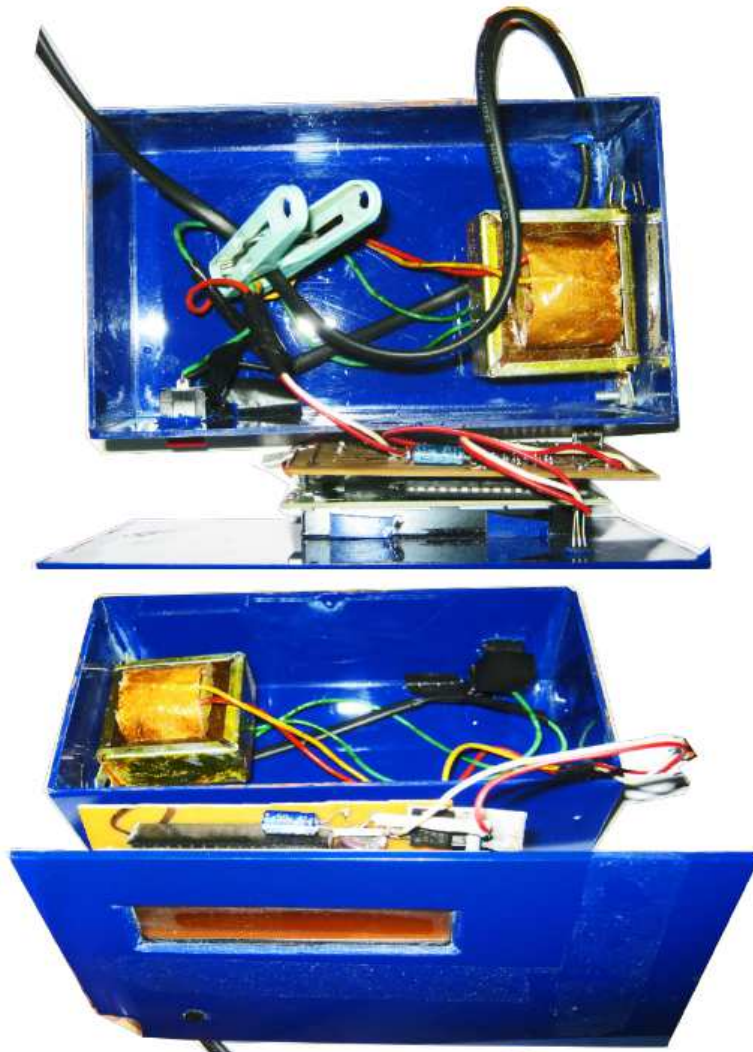


Рисунок 3.5. Комплекс термометра на основі мікроконтролера Atmega8

### 3.2. Алгоритм роботи даного приладу

Код мікроконтролера просто включає в себе зчитування датчика та передачу цих даних нашому додатку C # через послідовний порт[11]:

```
#include<avr/io.h>
#include<avr/interrupt.h>
#define FOSC 12000000// Clock Speed
#define F_CPU 12000000ul
#define BAUD 9600
```

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

Тут показано, як можна контролювати до 8 датчиків температури та передавати їх дані на комп'ютер.

У реєстрі ADMUX мікроконтролера Atmega16 біти MUX4 ..... MUX0 (5 біт) керують даними, з яких контактний порт PORT A (з 8 контактів) буде використовуватися для цифрового перетворення, щоб його можна було передати на комп'ютер .

Після кожного перетворення будемо продовжувати змінювати шпильку, з якої слід брати читання. Таким чином можна читати PIN0 до PIN7 (усі 8 один за одним), а потім знову повертатися до PIN0.

Нижче показано, яке значення MUX4 .... MUX0 біт у реєстрі ADMUX вибирає канал (PIN-код PORT A) [12-13].

Тепер, щоб належним чином реалізувати його в кодї, що як тільки конверсія завершиться і буде викликано звичайний режим переривання служби (ISR), можна змінити PIN-код для наступного перетворення (табл. 3.2).

Таблиця 3.2. Значення у бітах

MUX4....MUX0	PORTA PIN which will be read
00000	PIN0
00001	PIN1
00010	PIN2
00011	PIN3
00100	PIN4
00101	PIN5
00110	PIN6
00111	PIN7

Ось як це зробити:

```
ISR(ADC_Vect)
{
unsigned char c;
```



```

c=ADCH;
USART_Transmit(c);
unsigned char d;
d = ADMUX & 0x1F;
if(d < 7)
{ d = d + 1;
  ADMUX |= d;
}
else
{ ADMUX |= 0;
}
ADCSRA |= (1<<ADSC);
}

```

Датчик температури підключений тільки до мікроконтролера.

Нижче наведена схема підключення мікроконтролера Atmega16 з датчиком LM35 (праворуч) (рис. 3.6). Зліва на зображенні знаходиться кристалічний осцилятор, необхідний на випадок, якщо хтось хоче більш високу робочу частоту, ніж внутрішній 1 МГц мікроконтролера (це відповідає цілі).

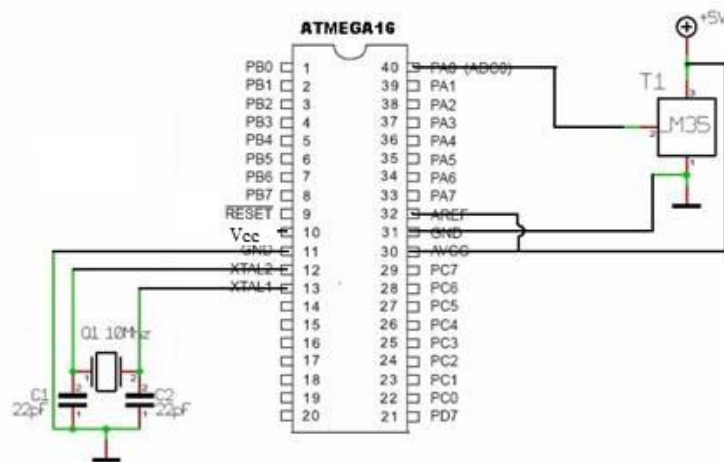


Рисунок 3.6. Схема підключення мікроконтролера Atmega16 з датчиком LM35

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою даної бакалаврської роботи є розробка вимірювального апаратно-програмного комплексу термометра на основі мікроконтролера сімейства Atmega8, для слідкування за температурою, та виведення відповідної інформації на дисплей [14 - 15].

Даний пристрій, може застосовуватись в різних сферах:

- персональне використання
- слідкування за температурою:
  - будинків;
  - на підвір'ї;
  - води;
  - тіла;
  - теплиць.

Для розробки пристрою було обрано популярну платформу Arduino Uno, мікроконтролер ATmega8 датчик LM35 та дисплей LSD. Вибір мікроконтролера зводиться до бажань розробника, оскільки мікроконтролерів з схожими характеристиками є достатньо багато. Дисплей обраний за свою простоту налаштування та невеликий розмір.

Ціна такого пристрою становить 450 грн.

Вартість розробленого пристрою буде залежати від вартості комплектуючих елементів, які входять в його склад. На час виконання роботи вартість комплектуючих компонентів зображена у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Комплектуючі компоненти

Комплектуючі вироби	Кількість, шт.	Вартість за одиницю, грн	Сума, грн
Трансформатор (220 В до 5 В)	1	160	160

Продовження таблиці 4.1

Резистор (10 кОм)	3	2	6
Конденсатор.(47 мкФ)	1	46	46
Датчик температури. (LM 35)	1	52	52
LSD-дисплей. (LM016L)	1	66	66
Мікроконтролер. (ATMEGA8)	1	63	63
Всього			393

## ВИСНОВКИ

Глобальне потепління є великою проблемою зараз на день.

Даний проект роботи заснований на мікроконтролері та датчику температури, має аналоговий датчик, який перетворює навколишню температуру в пропорційну аналогову напругу. Вихід від датчика підключений до одного з входів каналу АЦП мікроконтролера для отримання еквівалентного значення температури в цифровому форматі. Обчислювана температура відображається на LSD- дисплеї у градусах Цельсія. Оскільки це не так дорого, промислово, що може бути широко розповсюджене [16].

1. Розглянуто різновиди пристроїв для вимірювання температури такі як:

- термопари;
- інфрачервоні датчики;
- біметалічний термометр та інші.

2. Обґрунтовано та вибрано найкращі та найефективніші компоненти для створення власного приладу для вимірювання температури. Вибрано мікроконтролер сімейства ATmega, а саме ATmega 8, підібрано зручний датчик LM 35, який володіє достатньо хорошими властивостями, а також вибрано і опрацьовано мову програмування і зроблено передачу даних на Com-порту

3. Розроблено електричну схему для реалізації цифрового термометра , а також створений алгоритм роботи даного приладу.

4. Переглянуто на ринках праці всі вартості компонентів і визначену їхню кількість та загальну вартість. Підібрано найкращі компоненти із середньою ціною, які придатні для побудови термометра.

Отже, для створення зручного пристрою, який може вимірювати температуру і працювати на достатньому рівні і при цьому коштувати не дорого можна використовувати мікроконтролер ATmega8 і датчик LM35.

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Microcontroller: Internals, Instructions, Programming and Interfacing - Subrata Ghoshal .
2. Microcontroller & Embedded Systems- Mazidi, M. A
3. Microcontroller: Architecture, Programming & Applications- Ayala, Kenneth J.
4. Microcontroller Basics by Davies J H
5. Ендрю Дж. Томпсон, Джон Л Бар та Ніл Р Томсон, "Блок даних даних з низькою потужністю", матеріали конференції кафедри фізики, Данедін.
6. Н. S. Kalsi, Електронні прилади, Tata McGraw-Hill Ltd., Нью-Делі, 1999.
7. Пітер Роберсон, "Використання реєстраторів даних", семінар для вчителів наук, 2004 р., NorthSydney
8. Мухаммад Алі Мазіді та Дженіс Гілліспе Мазіді, "Вбудовані системи мікроконтролерів 8051", Pearson education ltd., India, 2004.
9. Національна корпорація напівпровідників, таблиця даних LM35, точні датчики температурних градусів, книга даних Atmel, оновлення листопада 2000 р.
10. Корпорація Atmel, опис даних AT89C51, 8-бітний мікроконтролер із 4-байтним спалахом, книга AtmelData, оновлення 2000 року.
11. Корпорація Atmel, 64k (8kx8) паралельна таблиця даних EEPROMS, AT28C64 та AT28C64X, Книга даних Atmel, оновлення 1999 року.
12. Раджеш Лугарука, Роберт Х. Гао, Сундар Кришнамурти, "Портативний реєстратор даних GSR даних на основі мікроконтролера для фізіологічного зондування", розгляд конференції кафедри машинобудування та машинобудування, Університет Массачусетса, Амхерст.
13. Дж. Перес, М. А. Кальва, Р. Кастанеда, "Система реєстрації даних на основі мікроконтролера" Інструментарій та розвиток, Vol. 3 Nr. 8, авторське право 1997, Journalof Мексиканського товариства інструментарію

						123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			45

14. Посібник з навчального посібника з реєстрації даних Джуді Річі, Copyright 1996-2003 корпорацією OnsetComputer Corporation.

15. Навчальний посібник із годинником у режимі реального часу Крейгом Штейнером Авторське право 1997 - 2005 рр. Компанією Vault information Services LLC (<http://8052.com/tutrtc.phtml>).

					123.КР.КІ-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

## ДОДАТОК

```
#include<avr/io.h>
#include<avr/interrupt.h>
#define FOSC 12000000// Clock Speed
#define F_CPU 12000000ul
#define BAUD 9600
#define MYUBRR (FOSC/16)/BAUD -1
//#include<util/delay.h>
//initialise USART
void USART_Init( unsigned int ubrr)
{
//Set baud rate
UBRRH = (unsigned char)(ubrr>>8);
UBRRL = (unsigned char)ubrr;
//Enable receiver and transmitter
UCSRB = (1<<RXEN)|(1<<TXEN);
//Set frame format: 8data, 2stop bit, NO parity
UCSRC = (1<<URSEL)|(1<<USBS)|(3<<UCSZ0);
}
ISR(ADC_Vect)
{
//code for reading and transmitting conversion ( shown above as well)
unsigned char c;
c=ADCH;
USART_Transmit(c);

//Now read the value of MUX4,MUX3, MUX2, MUX1 & MUX0 bits of
ADMUX register

//and increment it by one if less than 8 else make it 0.
```

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.KP.KI-41.21	47

```

unsigned char d;

d = ADMUX & 0x1F;

if(d < 7)
{ d = d + 1;
  ADMUX |= d;
}
else
{ ADMUX |= 0;
}

//Now start a new conversion which will read the next PIN now
ADCSRA |= (1<<ADSC);
}
//Initialise A to D converter
void ADC_Init()
{
//enable adc
ADCSRA |= (1<<ADEN);
//enable interrupts
ADCSRA |= (1<<ADIE);
//set reference selection to Vcc;
//left adjust result
//set voltage selection to bit 7 of portA

ADMUX |= (1<<REFS0) | (1<<ADLAR) | (1<<MUX2) | (1<<MUX1) |
(1<<MUX0);

//set prescalar to 128

```

						123.KP.KI-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			48



```

ADCSRA |= (1<<ADPS0) | (1<<ADPS1) | (1<<ADPS2); // | (1<<ADSC);
}
//Transmit Data
void USART_Transmit( unsigned char data )
{
/* Wait for empty transmit buffer */
while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) )
;
/* Put data into buffer, sends the data */
UDR = data;
}
//Interrupt A to D converter reading
ISR(ADC_vect)
{
unsigned char c;
//variable c stores data from ADCH register
c=ADCH;
USART_Transmit(c);
//next statement starts a new ADC conversion
ADCSRA |= (1<<ADSC);
}
private void Animate(double Currentangle, double FinalAngle)
{
// if Final angle is negative then make it positive
if (FinalAngle < 0)
FinalAngle += 360;

// if final angle is greater than 360 degree then reduce it
if (Currentangle >= 360)

```

						123.KP.KI-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			49

```

    {
        Currentangle = Currentangle - 360;
    }

    // if current angle is not within +0.5 and -0.5 of
    // the final angle value then execute if block

    if (!(Currentangle > FinalAngle-0.5 && Currentangle < FinalAngle + 0.5))
    {
        if (Currentangle > FinalAngle)
        {
            //decrement Currentangle
            Currentangle -= 1;
        }
        else
        {
            //else Increment Current angle
            Currentangle += 1;
        }

        Form1_Paint(this, new PaintEventArgs(surface, DrawingRectangle));
        Animate(Currentangle, FinalAngle);
    }
}

// single temperature reading
temp = sum / 100;
sum = 0;
count = 0;

// the calculation on the right hand side calculates

```

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				123.KP.KI-41.21	50

```

// the temperature from the read value
sum += Convert.ToDouble(bt[0]) *voltage*100/255;

//this counts to 100
count++;
public partial class Thermometer : Form
{
public Thermometer()
{
InitializeComponent();
}

        System.IO.Ports.SerialPort port;
static public double voltage;
static public string portname;
static public Parity parity;
static public int BaudRate;
static public StopBits stopbits;
public int databits;
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
portname = "COM4";
parity = Parity.None;
        BaudRate = 9600;
stopbits = StopBits.Two;
databits = 8;

port = new System.IO.Ports.SerialPort(portname);
        port.Parity = parity;

```

									123.KP.KI-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						51

```

    port.BaudRate = BaudRate;
    port.StopBits = stopbits;
    port.DataBits = databits;
    port.DataReceived += new
SerialDataReceivedEventHandler(port_DataReceived);
    port.Open();
    void port_DataReceived(object sender, SerialDataReceivedEventArgs e)
    {
        // read one byte data into bt
    port.Read(bt,0,1);
        // all the code to sample data
    }
    }
    // create buffered graphics object for area of the form by using this.Bounds

    buff =
BufferedGraphicsManager.Current.Allocate(this.CreateGraphics(),this.Bounds);
    surface = buff.Graphics;

    //ensure high quality graphics to users

    surface.PixelOffsetMode = PixelOffsetMode.HighQuality;
    surface.SmoothingMode = SmoothingMode.HighQuality;
    private void Form1_Paint(object sender, PaintEventArgs e)
    {
    try
        {
            Image img = new Bitmap(Properties.Resources.speedometer, this.Size);
            Image hand = new Bitmap(Properties.Resources.MinuteHand)

```

						123.KP.KI-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			52

```

surface.DrawImageUnscaled(img, new Point(0, 0));
surface.TranslateTransform(this.Width / 2f, this.Height / 2f);
surface.RotateTransform((float)CurrentAngle);
surface.DrawImage(hand, new Point(-10, -this.Height / 2 + 40));
string stringtemp = displaytemp.ToString();
stringtemp = stringtemp.Length > 5 ?
stringtemp.Remove(5, stringtemp.Length - 5) : stringtemp;
    Font fnt = new Font("Arial", 20);
    SizeF siz = surface.MeasureString(stringtemp, fnt);
surface.ResetTransform();

```

```

    LinearGradientBrush gd = new LinearGradientBrush(new
Point(0,(int)siz.Height + 20),

```

```

new Point((int)siz.Width,0), Color.Red, Color.Lavender);

```

```

surface.DrawString(stringtemp, fnt, gd, new PointF(DrawingRectangle.Width / 2 -
siz.Width / 2, 70));

```

```

surface.DrawEllipse(Pens.LightGray, DrawingRectangle);

```

```

surface.Save();

```

```

buff.Render();

```

```

}

```

```

catch(InvalidOperationException)

```

```

{

```

```

    //code to handle exception

```

```

}

```

```

}

```

```

int main( void )

```

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	123.KP.KI-41.21				53

```
{
USART_Init ( MYUBRR );
ADC_Init();
sei();
//start an adc conversion
ADCSRA |= (1<<ADSC);
while(1);
}
```

					123.KP.KI-41.21	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54