

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ, ЕЛЕКТРОНИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра мікроелектронних інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Зробка та дослідження чипових
термомагнітних систем

Виконав: студент II курсу, групи МН-18-1-мд
спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна
техніка
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Мікроелектронні інформаційні
системи
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Б.С. Мухомитенко
(ініціали та прізвище)

Керівник доктор, доктор, к.т.н. Вегловкін А.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Салко М.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет енергетики електроніки та інформаційних технологій
Кафедра мікроелектронних інформаційних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 153 «Мікро- та наносистемна техніка»
(код і назва)
Освітня програма Мікроелектронні інформаційні системи
(код і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
“ 26 ” 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Мирошникенку Тарасу Станіславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Розробка та дослідження широкотемпературної термокомпенсаційної системи

керівник роботи Варшавський А.М., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від “10” 09 2019 року № 1536 - с

2 Строк подання студентом роботи 30 грудня 2019

3 Вихідні дані до роботи Диапазон температур 40-85°C з дискретністю 5°C

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідження широкотемпературної термокомпенсаційної системи. Розробка електричної широкотемпературної термокомпенсаційної системи. Механіко-електронне обладнання. Вимоги до роботи схеми термокомпенсаційної системи. Висновки про роботу та технологія будови.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Кінцева схема термокомпенсаційної системи.

Схема вихідної магистерської роботи з теми «Система управління інформаційними ресурсами»

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прий
I	Варшавський С. С., доцент	<i>[Підпис]</i> , 2.09.19	<i>[Підпис]</i>
II	Варшавський С. С., доцент	<i>[Підпис]</i> , 2.09.19	<i>[Підпис]</i>
III	Варшавський С. С., доцент	<i>[Підпис]</i> , 2.09.19	<i>[Підпис]</i>
IV	Варшавський С. С., доцент	<i>[Підпис]</i> , 2.09.19	<i>[Підпис]</i>

7 Дата видачі завдання 2 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Прим
1.	Вивчення літератури по темі «Система управління інформаційними ресурсами»	20.09.19	
2.	Робота над схемою структуризації літератури з тематикою	20.10.19	
3.	Математична схема тематико-структурної аналізи	30.11.19	
4.	Написання повномасштабної роботи	20.12.19	

Студент *[Підпис]* Муромович Б.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту) *[Підпис]* Варшавський С. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[Підпис]* Варшавський С. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломна робота містить 74 сторінки, 40 рисунків, 18 таблиць, 12 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – цифрові термостабілізаційні системи.

Мета роботи – розробка автоматичного цифрового стабілізатора температури.

Завдання роботи: скласти алгоритм функціонування стабілізатора температури; розробити схему електричну принципову приладу; провести аналіз функціонування розробленого стабілізатора температури.

Методика досліджень – моделювання пристрою за допомогою програмних забезпечень Electronics Workbench 5.12, SPlan 5.0.

Короткий виклад результатів досліджень – схема електрична принципова у встановленому режимі забезпечує точність підтримки температури $0,5^{\circ}\text{C}$ з дискретністю індикації 1°C , що достатньо при проведенні технологічного тренування блоків мікроелектронних пристроїв на виробництві.

Результати впроваджень – макет електронного приладу пройшов випробовування на кафедрі МЕІС.

Результати роботи можуть бути використані для подальшої модернізації цифрових стабілізаторів температури у тому числі і з застосуванням мікроконтролерів.

ТЕРМОРЕГУЛЯТОР, СЕЛЕКТОР ІМПУЛЬСІВ, ТАКТОВИЙ ГЕНЕРАТОР, ПІДСИЛЮВАЧ НАПРУГИ, ДЕШИФРАТОР, КОМУТАТОР, ЛІЧИЛЬНИК, ІНДИКАТОР

Дипломну роботу виконано на кафедрі мікроелектронних інформаційних систем з 02.09.2019 р. по 31.12.2019 р.

Зміст

	Стор.
Вступ	6
1 Дослідження цифрових термостабілізаційних систем	8
1.1 Класифікація регуляторів температури	8
1.2 Пристрої термостабілізації заданої температури	11
1.3 Методи виміру температури	16
1.3.1 Термоперетворювачі опору в електричний сигнал	17
1.4 Принципи побудови цифрових термостабілізаційних систем	20
2 Розробка автоматичної цифрової термостабілізаційної системи	24
2.1 Принцип функціонування термостабілізаційної системи	24
2.2 Підсилювач напруги	25
2.3 Перетворювач напруга-частота	27
2.4 Селектор імпульсів	28
2.5 Лічильник імпульсів	32
2.5.1 Індикація заданої температури	41
2.6 Схема керування	43
2.7 Силовий комутатор навантаження з блоком живлення	47
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки схеми стабілізатора температури	50
3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми стабілізатора температури	50
3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми стабілізатора температури	54
4 Охорона праці та техногенна безпека	56
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів	56
4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів	59

	5
4.3 Виробнича санітарія	60
4.4 Електробезпека	62
4.5 Пожежна та техногенна безпека	63
4.6 Розрахунок штучного освітлення лабораторного приміщення	65
Висновки та рекомендації	69
Перелік посилань	70
Додаток А	71

Вступ

Пристрої підтримки заданої температури з цифровою індикацією застосовується для підтримки температури в обмеженому об'ємі середовища, з цифровою індикацією температури в цьому об'ємі і можливістю завдання температури шляхом програмування в двійковому коді. При включенні нагрівача індикатор висвічує значення вимірюваної температури. Для зменшення споживаної потужності в режимі терморегулювання передбачається відключення індикації температури.

Характерна особливість пристроїв підтримки заданої температури - простота рішення схемотехніки і безперервність в роботі. Їх недоліки - невисока точність підтримки заданої температури, необхідність використання додаткового термометра при переналадженні приладу і контролі його роботи.

Хоча поняття температури інтуїтивно зрозуміле, як стан тепла й холоду, її [вимірювання](#), тобто співставлення з певною одиницею температури й кількісне вираження у вигляді числа, є методологічно складною проблемою.

Термостабілізатор являється випробувальним устаткуванням і призначений для відтворення і підтримки заданої температури повітря з високою точністю в корисному об'ємі робочої камери під час проведення перевірки, калібрування і випробувань засобів вимірів для потреб народного господарства і сфер оборони і безпеки.

Аналіз досліджень і публікацій свідчить про те, що висвітленню проблеми розробок засобів термостабілізації електронних приладів приділяється велика увага. Необхідно зауважити, що існують багато промислових пристроїв і систем з термостабілізації апаратури. Серед основних недоліків можна відзначити в переважній більшості невисоку точність стабілізації температури $> 0,5$ °С. Відомі промислові системи термостабілізації, які підтримують точність стабілізації температури $< 0,5$ °С, мають високу вартість.

Основною проблемою при дослідженні та розробці системи температурної стабілізації високої точності є як вибір електронних компонентів з яких складається система, так і узгодження передатних характеристик автоматичного регулювання і термоелектричного модуля.

Актуальна розробка термостабілізаторів які відповідають кон'юктурі ринку, являються конкурентоздатним з аналогічною продукцією даного класу, а по інших характеристиках і перевершують її.

1 Дослідження цифрових термостабілізаційних систем

Цифрові системи автоматичного керування - це системи, в яких безперервні сигнали перетворюються в цифрові коди і керування здійснюється з використанням алгоритмів обробки цифрової інформації.

Цифрові системи автоматичного керування передбачають перетворення безперервних сигналів у цифрові коди та зворотне перетворення цифрових кодів у безперервні сигнали.

1.1 Класифікація регуляторів температури

Терморегулятор (англ. heat regulator, heat(ing) controller, temperature regulator, thermostatic control) – прилад для автоматичного підтримання заданого значення температури або її зміни за заданим законом. Терморегулятори можна класифікувати за видами [1]:

Механічний терморегулятор.

До механічних терморегуляторів можна віднести капілярні, принцип дії яких заснований на розширенні рідини в температурному датчику і в капілярної трубки. Рідина тисне на мембрану, встановлену в терморегуляторі, що призводить до розмикання контакту в електричному колі. Капілярні терморегулятори енергонезалежні. Їх використовують у тепло вентиляторах і системах кондиціонування.

Механічні моделі мають дуже просту конструкцію з мінімальним використанням електричних схем. Управління їх роботою здійснюється за допомогою ручки, а в окремих моделях - ще і тумблера для включення/виключення. Потрібна температура виставляється поворотом ручки терморегулятора відповідно до шкали на корпусі. Такі пристрої використовують

досить примітивний візуальний інтерфейс у вигляді світлового індикатора (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Механічні терморегулятори

Біметалічний терморегулятор.

Іншим прикладом може служити біметалічний терморегулятор, в якому біметалічний диск при досягненні певної температури вигинається і через важіль розмикає контакт електричного кола. Для приведення терморегулятора в початковий стан необхідно натиснути кнопку ручного скидання. Такі терморегулятори використовуються для захисту обладнання від перегріву (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Біметалічний терморегулятор

Цифровий терморегулятор.

Цифровий терморегулятор призначений для автоматичного регулювання поточної температури доквілля в діапазоні заздалегідь заданих параметрів. Діапазон виміру температури доквілля складає від -50 до +110 °С. Визначення температури доквілля здійснюється за допомогою виносного датчика температури. Пристрій можна застосовувати для виміру і контролю тем-

ператури в охолоджуючих і нагріваючих системах акваріумах, інкубаторах і так далі. Інформація про поточну температуру довілля виводиться на трьох-розрядний дисплей LED (рис. 1.3). Регулятор температури може працювати в двох режимах: охолодження і нагрів.



Рисунок 1.3 – Цифровий терморегулятор

Програмований електронний терморегулятор.

Характеризуються підвищеною точністю регулювання. Програмовані терморегулятори коштують дорожче, але виправдовують свою вартість економією витрат на електроенергію (рис. 1.4). Принцип їх роботи полягає у підтримці різної температури в певні періоди часу, задані користувачем.



Рисунок 1.4 - Програмований електронний терморегулятор

Терморегулятори різняться ще по таким категоріям:

- залежно від конструкції розрізняють: електромеханічні (що використовують принцип роботи біметалічної пластини) та електронні терморегулятори.

- з контролю температури: повітряний, підлоговий, комбінований спосіб контролю;

- за функціональними можливостями: прості, програмовані, двозонні.
- за способом монтажу (встановлення) - накладні і врізані.

1.2 Пристрої термостабілізації заданої температури

Пристрої термостабілізації для технологічного тренування блоків мікроелектронних пристроїв за способом підтримки температури в термостатуємому об'ємі можна підрозділити на дві великі групи - активні і пасивні термостати.

У активних термостатах підтримка температури в заданих межах забезпечуються регулюванням припливу тепла до термостатуємого тіла при відхиленні його температури від заданого значення. У пасивних термостатах підтримка температури термостатуємого тіла протягом заданого проміжку часу досягається вживанням теплоізоляції камери термостата матеріалами з низькою теплопровідністю [2].

Вихідна температура в камері термостата у ряді випадків забезпечується вживанням підігрівних обмоток. Спрощена конструкція пасивного термостата представлена на рисунку 1.5.

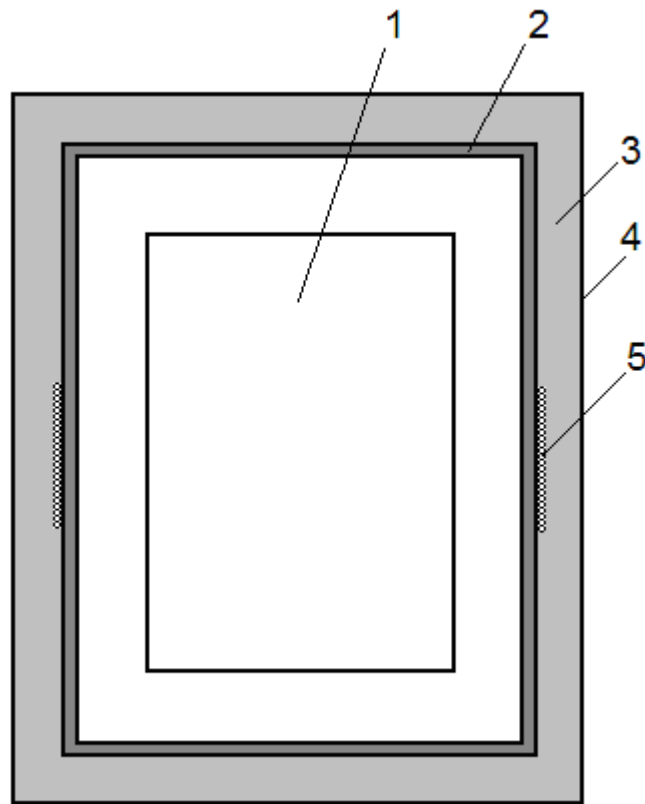
Процес охолодження (нагрівання) камери термостата, при стрибкоподібній зміні температури довкілля, описується диференціальним рівнянням Фур'є

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{1}{C\rho} \left(\lambda_x \frac{d^2 t}{dx^2} + \lambda_y \frac{d^2 t}{dy^2} + \lambda_z \frac{d^2 t}{dz^2} \right) + \frac{W}{C\rho}.$$

де W - питома потужність внутрішніх джерел тепла; C , ρ - відповідно повна теплоємність камери з термостатуємим тілом і питома щільність; τ - час.

Камера термостата виготовляється з матеріалу з хорошою теплопровідністю, аби нерівномірність розподілу температури за об'ємом була досить

малою; з іншого боку матеріал камери вибирається з максимальною питомою теплоємністю, що забезпечує теплову інерцію термостата.



- 1 - термостатуєме тіло;
- 2 - камера термостата;
- 3 - теплоізоляція;
- 4 - кожух;
- 5 - підігрівна обмотка

Рисунок 1.5 - Спрощена конструкція термостату

Кожух виконується з матеріалу з малою мірою чорноти (наприклад, полірованого алюмінію), що зменшує променистий теплообмін термостата з довкіллям [3].

Коли теплопровідність λ не залежить від координат і температури і в камері відсутні внутрішні джерела, рівняння набирає вигляду

$$\frac{\lambda}{C\rho} \nabla^2 t = \frac{dt}{d\tau}, \quad (1.1)$$

де $\nabla^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$ - оператор Лапласа.

Вирішення рівняння (1.1) має вигляд суми безкінцевого числа експоненціальних складових.

Практика показує, що процес охолодження (нагрівання) можна розділити в часі на дві стадії. У початковій стадії швидкість зміни температури в окремих точках різна і в сильній мірі залежить від початкового стану температурного поля, яке в загальному випадку може бути нерівномірним (іррегулярний режим). З часом вплив нерівномірностей згладжується і з деякого моменту часу τ^* (рис. 1.6) відносна швидкість зміни температури в усіх точках стає постійною (регулярний режим). У стадії регулярного режиму зміну температури в усіх точках можна представити однією експонентою

$$\theta = \theta_0 e^{-m\tau}, \quad (1.2)$$

де θ_0 - значення температури у момент настання регулярного режиму.

Показник експоненти m називається темпом охолодження (нагрівання). На всій стадії регулярного режиму темп охолодження (нагрівання) залишається незмінним, незалежним від часу і вибору точки усередині термостата.

З вираження (1.2) виходить $\ln \theta = -m\tau + \ln \theta_0$, або після обчислення похідної за часом, отримаємо

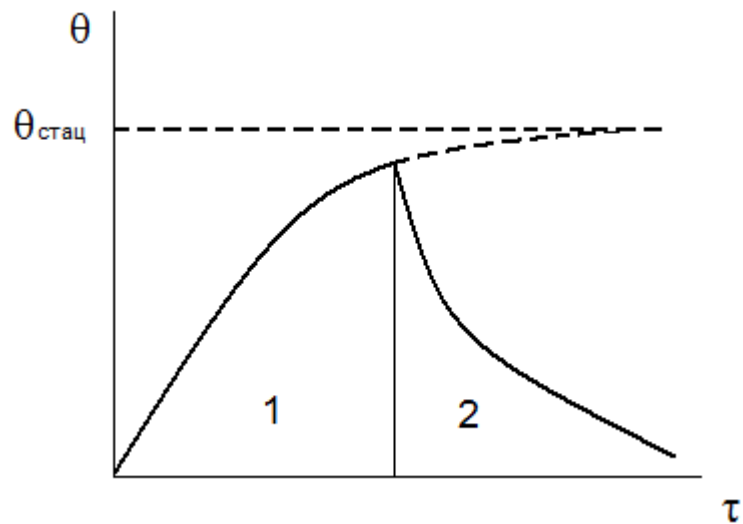
$$m = - \frac{\partial \ln \theta}{\partial \tau}. \quad (1.3)$$

Знаючи для точок τ_1 и τ_2 перегріву θ_1 и θ_2 , можна обчислити темп охолодження $m = \frac{\ln \theta_1 - \ln \theta_2}{\tau_1 - \tau_2}$.

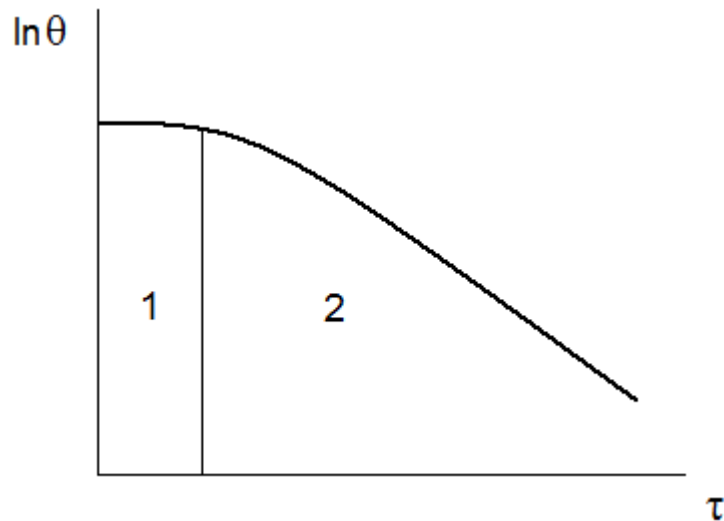
Для монолітного тіла темп охолодження

$$m = \psi \frac{\alpha S}{C}. \quad (1.4)$$

Розрахунок темпу охолодження по формулі (1.4) представляє визначення труднощі, що пов'язана з визначенням коефіцієнта ψ .



а



б

а) – звичайний масштаб

б) – логарифмічний масштаб

1 - при нагріванні;

2 - при охолодженні

Рисунок - 1.6 - Зміна температури в камері термостата

Величина $\psi = \theta_s / \theta_v$ - коефіцієнт пропорційності, рівний відношенню середньоповерхневої надлишкової температури тіла до його середньо-об'ємної надлишкової температури у стадії регулярного режиму. Цей коефіцієнт називається параметром нерівномірності температурного поля в тілі.

Для термостата темп охолодження (нагрівання) з достатньою для практики точністю можна розрахувати по формулі

$$m = \frac{S_k}{C\left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}\right)},$$

де S_k - площа зовнішньої поверхні термостата, δ - товщина шару теплоізоляції, α - коефіцієнт тепловіддачі поверхні термостата, λ - коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції, $C = \sum(C_i \rho_i v_i)$ - повна теплоємність камери і термостатуємого тіла, C_i , ρ_i , v_i - відповідно питома теплоємність, щільність і об'єм i -го тіла.

При розрахунку нестационарних температурних режимів передбачають, що температурне поле тіла або системи тіл входить в стадію регулярного режиму з початку даного процесу. За цієї умови, якщо відомий темп охолодження, час, протягом якого температура камери зміниться з θ_1 до θ_2 , буде дорівнювати

$$\tau_{12} = \frac{1}{m} \ln \frac{\theta_1}{\theta_2}.$$

Якщо термостат розігрівається під впливом джерел енергії потужністю P , то температура в будь-якій точці термостата так само змінюватиметься по експоненті

$$\theta = \theta_0 e^{-m\tau} + \theta_{cr} (1 - e^{-m\tau}),$$

де θ_0 - початкове значення температури в досліджуваній точці; θ_{cr} - стаціонарне значення температури в тій же точці, тобто значення температури при $\tau \rightarrow \infty$.

Стаціонарне значення температури камери термостата, для заданої потужності джерела P знаходиться з теплової характеристики $\theta_k = f(P)$.

1.3 Методи виміру температури

Існують наступні методи виміру температури: об'ємний, манометричний, терморезисторний (метод термоопорів), термоелектричний і пірометричний [3].

Об'ємний метод виміру температури заснований на тепловому розширенні (зміні об'єму) різних тіл. За цим принципом будуються дилатометричні, біметалічні і рідинні термометри.

Манометричний метод виміру температури заснований на тепловій зміні тиску газу (пара) усередині замкнутого об'єму. По цьому методу діють газові і парорідинні термометри.

Терморезисторний метод виміру температури заснований на тепловій зміні електричного опору провіднику або напівпровідників.

Термоелектричний метод виміру температури заснований на виникненні контактного потенціалу між двома різнорідними провідниками (або напівпровідниками), що контактують між собою, при різниці температур вільних і робітника кінців цих провідників.

Оптичний метод виміру температури заснований на залежності енергії, що випромінюється нагрітим тілом, від його темпери. Яскравість випромінювання оцінюється візуально за допомогою оптичних пристроїв або перетворюється в електричний сигнал за допомогою фотоелектричних чутливих елементів. Побудовані по цьому методу прилади називають пірометрами випромінювання. Розрізняють пірометри повного випромінювання (радіаційні), пірометри часткового випромінювання (яскравість) і пірометри колірні (спектрального співвідношення).

У камерах тепла знайшли переважаче вживання терморезисторні датчики температури (термоопори) і термоелектричні датчики (термопари) завдяки своїй простоті, стабільності характеристик і можливості перетворення температури безпосередньо в електричну величину.

Терморезистори і термопари використовуються як сприймаючі пристрої систем автоматичного регулювання і управління, так і як датчики електричних дистанційних термометрів.

Практично всі температурні датчики, вживані в сучасному виробництві, використовують принцип перетворення вимірюваної температури в електричні сигнали. Таке перетворення засноване на тому, що електричний сигнал можливо передавати з високою швидкістю на великі відстані, в електричні ж сигнали можуть бути перетворені будь-які фізичні величини. Перетворені в цифровий код ці сигнали можуть бути передані з високою точністю, а крім того введені для обробки в комп'ютер.

1.3.1 Термоперетворювачі опору в електричний сигнал

Принцип дії терморезисторів заснований на тому, що всі провідники і напівпровідники мають температурний коефіцієнт опору скорочено ТКС.

Всі метали володіють позитивним ТКС. Іншими словами електричний опір провідника збільшується при зростанні температури. Напівпровідники мають негативний ТКС, при збільшенні температури їх опір зменшується.

Матеріал для виготовлення температурних датчиків, повинен володіти досить великим ТКС, а залежність опору від температури має бути досить лінійною в широкому діапазоні температур. Металевий провідник має бути інертний до дії докільця і забезпечувати хорошу відтворюваність властивостей, що дозволить виробляти заміну датчиків не удаючись до різних тонких налаштувань вимірювального приладу в цілому.

По всіх вказаних властивостях майже ідеально личить платина (якщо не рахувати високої ціни), а також мідь. Такі терморезистори в описах називаються мідні (ТСМ-Cu) і платинові (ТСП-Pt).

Терморезистори ТСП можуть використовуватися в діапазоні температур $-260^{\circ}\text{C} \dots +1100^{\circ}\text{C}$. Якщо температура, що вимірюється знаходиться в ме-

жах $0^{\circ}\text{C} \dots +650^{\circ}\text{C}$, то датчики ТСП можуть використовуватися як еталонні і зразкові, оскільки нестабільність градууювальної характеристики в цьому діапазоні не перевищує $0,001^{\circ}\text{C}$. До недоліків терморезисторів ТСП можна віднести високу вартість і нелінійність функції перетворення в широкому діапазоні температур. Тому точний вимір температур можливий лише у вказаному в технічних даних діапазоні.

Більшого поширення на практиці набули дешевші мідні терморезистори марки ТСМ, залежність опору від температури в яких досить лінійна. Як недолік мідних резисторів можна рахувати низький питомий опір, і недостатня стійкість до дії високих температур (легка окислюваність). Тому мідні терморезистори мають межу виміру не більше $+180^{\circ}\text{C}$.

Для підключення датчиків типа ТСМ і ТСП використовується двопровідна лінія, якщо видалення датчика від приладу не перевищує 200м. Якщо це відстань більша, то використовується трипровідна лінія зв'язку, в якому третій дріт використовується для компенсації опору дротів, що підводять. Подібні способи підключення детально показані в технічних описах приладів, які комплектуються датчиками ТСМ або ТСП.

До недоліків розглянутих датчиків слід віднести їх низьку швидкодію: теплова інерційність (постійна часу) таких датчиків знаходиться в межах від десятків секунд до декількох хвилин. Виготовляються і мало інерційні терморезистори, постійна часу яких не більш десятих долей секунди, що досягається за рахунок їх малих габаритів. Такі терморезистори виготовляють з литого мікродроту в скляній оболонці. Вони високостабільні, герметизовані, і малоінерційні. Крім того при малих габаритах мають опір до декількох десятків килоом.

Напівпровідникові терморезистори також часто називають термісторами (рис. 1.7).

В порівнянні з мідними і платиновими вони мають вищу чутливість і негативний ТКС. Це говорить про те, що при збільшенні температури їх опір зменшується.



Рисунок 1.7 - Напівпровідникові терморезистори

ТКС термісторів на порядок вище, ніж у їх мідних і платинових побратимів. При вельми малих габаритах опір термісторів може досягати до 1 МОм, що виключає вплив на результат виміру опору сполучних дротів.

Для виміру температури найбільшого поширення набули напівпровідникові терморезистори марки КМТ (на основі оксидів марганцю і кобальту), а також ММТ (оксиди марганцю і міді). Функція перетворення термісторів досить лінійна в діапазоні температур $-100^{\circ}\text{C} \dots +200^{\circ}\text{C}$, надійність напівпровідникових терморезисторів дуже висока, характеристики стабільні протягом довгого часу.

Терморезистори ММТ-4 стержневі і трубчасті неізолювані, з негативним ТКС виробляються герметизовані і негерметизовані (рис. 1.8). Призначені для роботи в колах постійного, пульсуючого і змінного струму частотою до 400 Гц в імпульсних режимах, для виміру і регулювання температури, а також для температурної компенсації елементів електричного кола з позитивним коефіцієнтом опору.

Єдиним недоліком є те, що в серійному виробництві не удається з достатньою точністю відтворити необхідні характеристики. Один екземпляр значно відрізняється від іншого, приблизно так само, як транзистори: начебто з однієї упаковки, а коефіцієнт посилення у всіх різний, два однакових з сотні не знайдеш. Такий розкид параметрів наводить до того, що при заміні термістора доводиться заново виробляти регулювання апаратури.

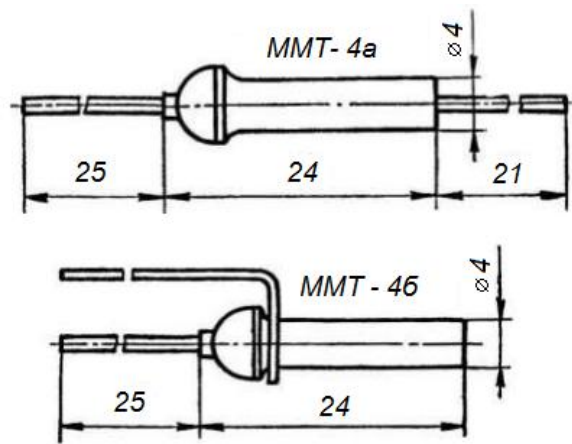


Рисунок 1.8 - Терморезистори ММТ-4

Для живлення термоперетворювачей опору найчастіше використовується мостова схема, в якій урівноваження моста виробляється за допомогою потенціометра. При зміні опору терморезистора від дії температури зрівноважити міст можна лише поворотом потенціометра (рис. 1.9).

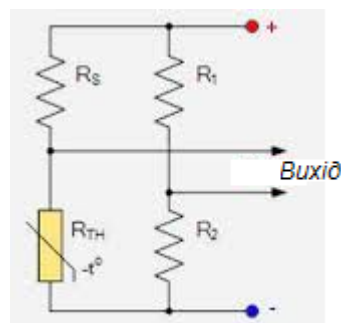


Рисунок 1.9 – Мостова схема включення терморезистора

1.4 Принципи побудови цифрових термостабілізаційних систем

При розробці т термостабілізаційних систем вирішується завдання протидії кліматичним і механічним впливаючим чинникам, забезпечення теплового режиму роботи окремих елементів і пристрою в цілому, забезпечення перешкодостійкості і нормального режиму роботи, механічна міцність, надійність і безпека роботи виробу, нормальна робота при експлуатації [4].

Цифрова термостабілізаційна система забезпечує:

- підтримку температури в обмеженому об'ємі довкілля;
- цифрову індикацію температури, що вимірюється;
- можливість завдання температури.

Режим роботи термостабілізаційної системи дискретний: протягом певного часу відбувається прочитування температури, потім працює нагрівач. При включенні нагрівача індикатор висвічує значення виміряної температури. Для зменшення споживаної потужності в режимі терморегулювання передбачається відключення індикації температури.

Принцип функціонування цифрової термостабілізаційної системи представлено на рисунку 1.10.

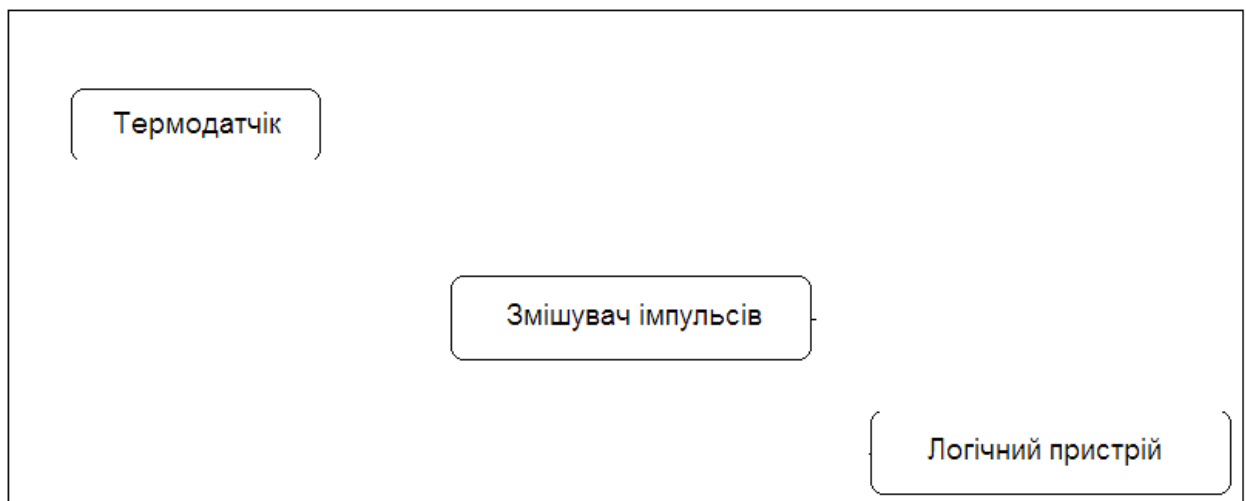


Рисунок 1.10 – Функціональна схема термостабілізаційної системи

Пряме падіння напруги на термодатчику перетворюється в імпульсну напругу відповідної частоти. Вихідний сигнал заповнюють прямокутні імпульси тактового генератора, з яких лічильник формує двійковий код. Значення виміряної температури в двійковому коді поступає на вхід дешифратора і вхід логічного пристрою. Дешифратор перетворює двійковий код в сигнали управління семисегментними індикаторами, що висвічують чисельне значення температури.

Логічний пристрій порівнює значення виміряної температури, зашифроване в двійковому коді, запрограмованої заздалегідь необхідної температури.

ри підтримки. Якщо виміряна температура менше запрограмованої, то ключ вмикає нагрівальний елемент.

Через деякий час живлення від нагрівача відключається, і йде вимір температури в середовищі. Якщо температура відповідає запрограмованої або перевищує її, то нагрівач буде відключений.

Датчиком температури може бути використаний терморезистор або германієвий діод, падіння напруги на якому використовується для роботи інтегратора. Сильна температурна залежність падіння напруги на р-п-переході діода при фіксованому струмі через нього і слабка нелінійність характеристики температура-частота забезпечують точність терморегулятора [4].

Інтегратор може бути зібраний на операційному підсилювачі із заданою швидкістю наростання виміру температури і точністю.

Вихідна напруга інтегратора через диференціююче коло поступає на струмовий ключ, що формує пакети імпульсів рахунку і індикації, на базі якого складаються сигнали перетворювача і генератора тактових імпульсів.

Генератор забезпечує вихідну напругу прямокутної форми із заданим періодом. Шпаруватість імпульсів регулюють змінним резистором так, щоб відношення тривалості імпульсу до паузи складало 1:3. За час імпульсу в лічильник вводиться інформація про виміряну температуру і відбувається порівняння її із заданим значенням в логічному пристрої.

Після підрахунку числа імпульсів, пропорційного вимірюваній температурі з'являється сигнал потрібного рівня, що дозволяє свічення індикаторів.

Сигнали з інформаційних входів лічильника, що зберігають інформацію про виміряну температуру, дешифратор перетворює в код управління індикаторами висвічують на індикаторі чисельне значення температури.

Мікросхеми логічного пристрою сполучені між собою так, що забезпечують порівняння двох десяткових чисел А і В, зашифрованих в двійковому коді. Число А - це значення виміряної температури, а В - запрограмована температура підтримки. Якщо $A > B$, тобто середовище нагрілося, на виході логічного пристрою формується сигнал потрібного рівня. Виконавчий пристрій

відключає нагрівач. Якщо, навпаки, $A < B$, тобто сталося охолодження, виконавчий пристрій відкривається і включає нагрівач.

Число B програмують перемикачами. Програмування ведуть для кожного розряду десяткового числа, починаючи з входів $B1$ і закінчуючи входами $B4$, читаючи код двійкового числа справа наліво.

Метою дипломної роботи являється розробка автоматичної цифрової термостабілізаційної системи. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- скласти алгоритм функціонування цифрової термостабілізаційної системи;
- розробити схему електричну принципову стабілізатора температури;
- провести аналіз функціонування розробленого стабілізатора температури.
- визначити конструктивні особливості цифрової термостабілізаційної системи.

2 Розробка автоматичної цифрової термостабілізаційної системи

Для технологічного тренування блоків мікроелектронних пристроїв на виробництві використовується термостабілізаційна система. Стабілізатор температури виконано у вигляді приставки до термошафи і дозволяє вимірювати і автоматично підтримувати необхідну позитивну температуру з точністю не гірше $0,5^{\circ}\text{C}$. Дискретність індикації температури 1°C .

2.1 Принцип функціонування термостабілізаційної системи

Потрібна температура встановлюється в діапазоні $40\dots 85^{\circ}\text{C}$ (з дискретністю 5°C). Діапазон і дискретність можна змінити. Датчиком температури служить терморезистор, розміщений в термокамері (рис. 2.1). Напруга, що знімається з термодатчика, посилюється підсилювачем напруги і поступає на перетворювач напруга-частота ($U \rightarrow f$), зібраний на операційному підсилювачі.

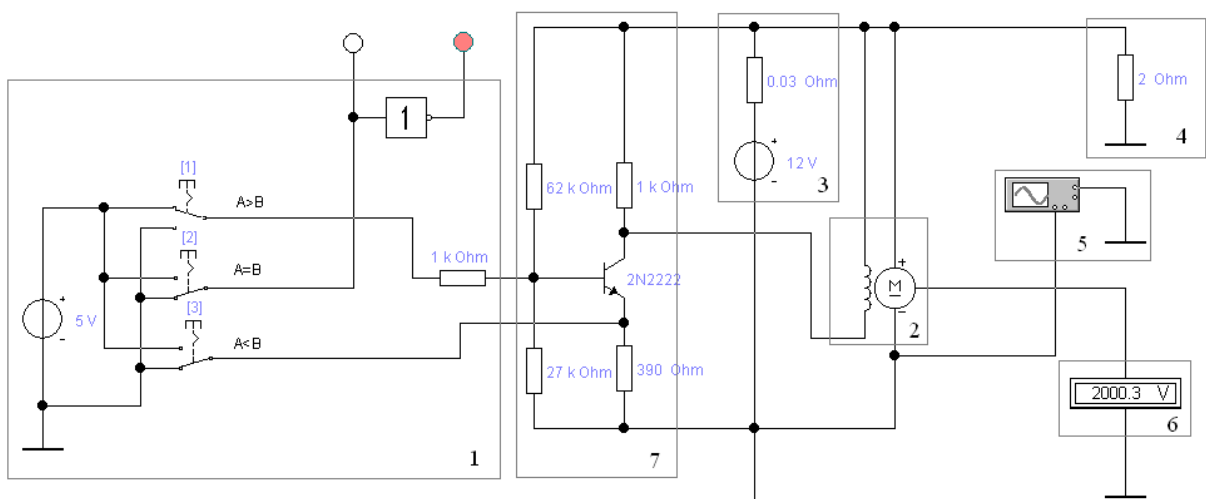


Рисунок 2.1 – Структурна схема термостабілізаційної системи

На виході перетворювача напруга-частота формуються двохполярні імпульси.

Селектор формує інтервал імпульсів, що поступають на лічильник. Лічильник налаштовується так, щоб число імпульсів, що приходять за фіксований інтервал часу, відповідало температурі, що вимірюється і змінювалося пропорційно її зміні [5].

Температура, що вимірюється відображається на індикаторному пристрої.

Режим термостабілізації здійснюється за рахунок роботи схеми керування та силового комутатора.

Джерело живлення перетворює напругу змінного струму 220В в постійну напругу $\pm 12\text{В}$, та $+5\text{В}$. У якості силового комутатора використовується оптоелектронний семістор.

2.2 Підсилювач напруги

Датчиком температури служить терморезистор, розташований в термокамері, який підключений у діагональ мостової схеми. Напруга, що знімається з термодатчика, посилюється схемою зібраною на операційному підсилювачі (ОП).

У загальному випадку для роботи операційного підсилювача потрібне двохполярне джерело живлення. Типові значення напруги джерела складають $\pm 6\text{ В}$; $\pm 12\text{ В}$; $\pm 15\text{ В}$ (інколи $\pm 18\text{ В}$). Схема підключення ОП до двохполярного джерела живлення і навантаження представлена на рисунку 2.2 [6].

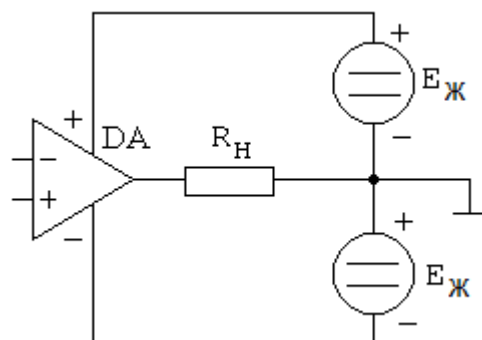
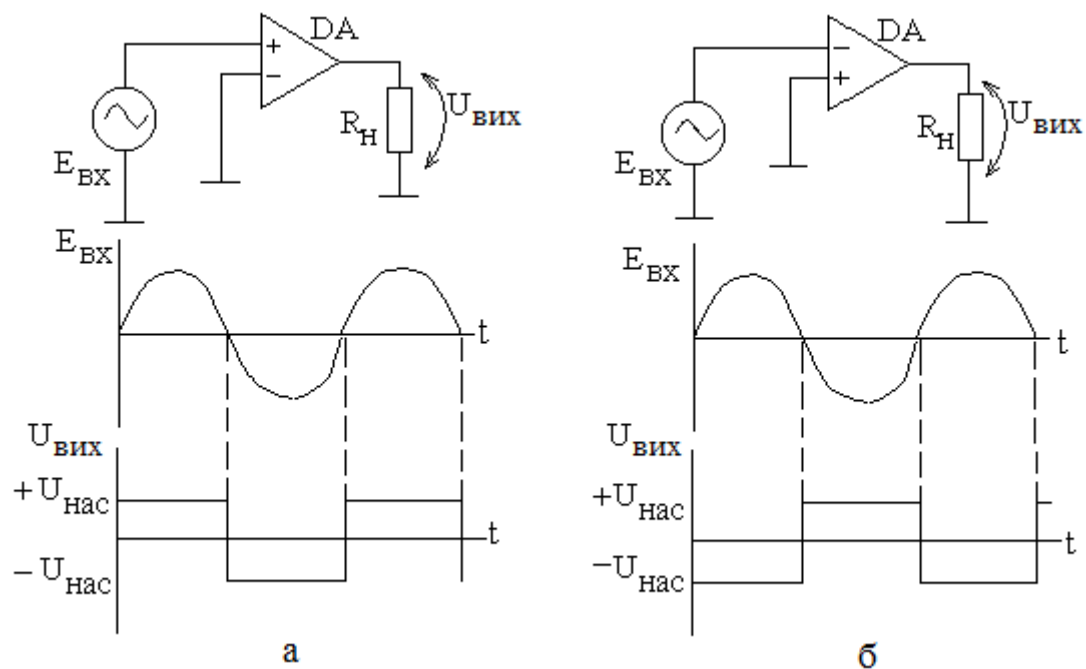


Рисунок 2.1 – Типова схема підключення ОП

Для вимірювальних схем застосовуються схеми компараторів на операційних підсилювачах.

Схеми простих компараторів (пристроїв, що порівнюють два вхідних сигнали) з використанням ОП і часових діаграм, що пояснюють їх роботу, представлені на рисунку 2.2.



а – подання опорної напруги на інвертуючий вхід;

б - подання опорної напруги на неінвертуючий вхід;

Рисунок 2.2 – Прості компаратори та діаграми їх роботи

На схемі (рис. 2.1, а) на вхід (–) подана опорна напруга землі (0 В). До входу (+) прикладена напруга, яка порівнюється з опорною. Як впливає з

$$U_{\text{вих}} = K \cdot E_{\text{д}} \quad (2.1)$$

вихідна напруга $U_{\text{вих}}$ змінює знак при зміні полярності $E_{\text{вх}}$ ($E_{\text{д}} = E_{\text{вх}} - 0$). При позитивній півхвилі вхідної напруги $U_{\text{вих}} = +U_{\text{нас}}$, при негативній $U_{\text{вих}} = -U_{\text{нас}}$. При заземленні (+) входу (рис. 2.2, б) спостерігається протилежна картина ($E_{\text{д}} = 0 - E_{\text{вх}}$).

Обидві схеми (рис. 2.2) дозволяють отримати наступну інформацію про вхідний сигнал: полярність $E_{\text{вх}}$, момент рівності $E_{\text{вх}}$ нулю і напрям зміни $E_{\text{вх}}$ при $E_{\text{вх}} = 0$. Такі компаратори називають також детекторами нульового рівня.

Датчиком температури служить терморезистор МТТ-4 з опором 10к, який підключений у гілку вимірювального моста R1...R4 (рис. 2.3). Стабілітрон VD1 (КС168А) з напругою стабілізації 5...8В, підключений до діагоналі моста, резистор R1 (820Ом) та конденсатор С1 (220мк ×25В) застосовані з метою підтримки постійних робочих параметрів.

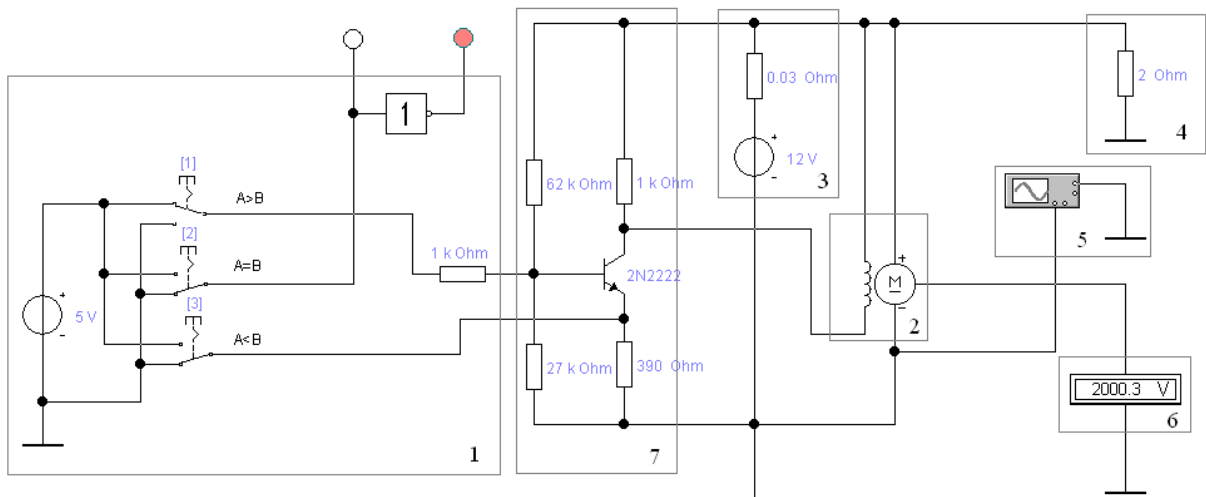


Рисунок 2.3 – Схема виміру температури

Компаратор зібрано на мікросхемі К140УД7, який являє собою операційний підсилювач середньої точності, з внутрішньою частотною корекцією і захистом входу та виходу від короткого замикання.

2.3 Перетворювач напруга-частота

Підсилений сигнал з датчика температури поступає на прецензійний перетворювач напруга-частота ($U \rightarrow f$), зібраний на операційному підсилювачі КР140УД20 (рис 2.4).

На виході 10 мікросхеми DA1 формуються двополярні імпульси (рис. 2.5). Коло з елементів VD6 – R5 – R6 забезпечує проходження на селектор лише позитивних імпульсів, а також зменшує їх амплітуду до рівня, необхідного логічним мікросхемам.

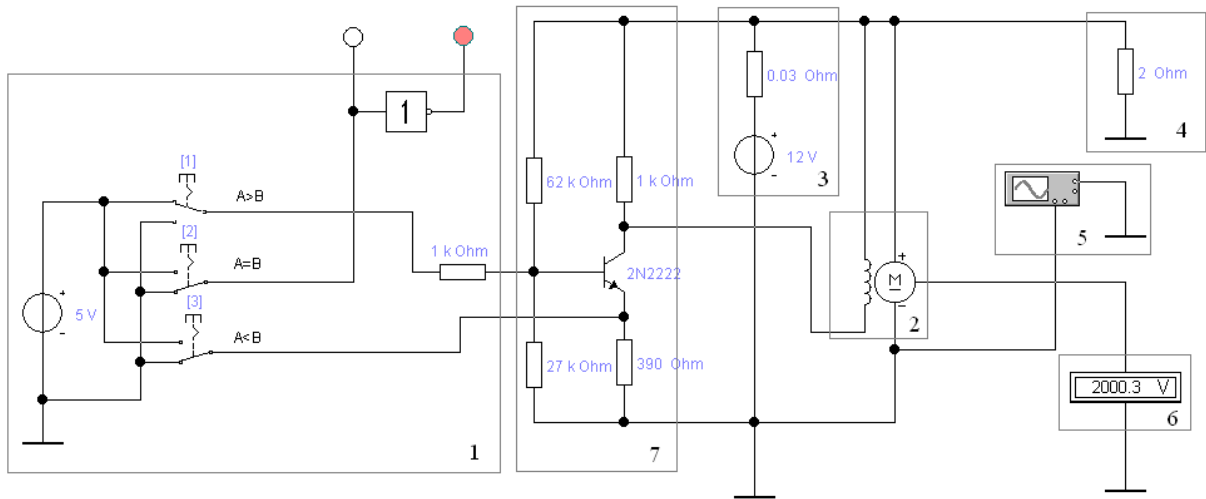


Рисунок 2.4 - Прецизійний перетворювач напруга-частота ($U \rightarrow f$)

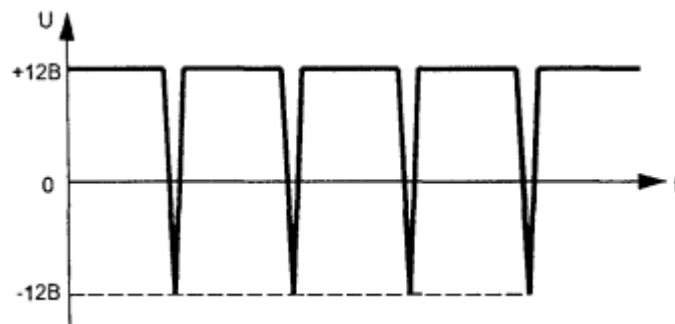


Рисунок 2.5 - Форма імпульсів на виході перетворювач напруга-частота

2.4 Селектор імпульсів

Селектор імпульсів формує інтервал, протягом якого імпульси поступають на лічильник імпульсів [7].

Тривалість інтервалу залежить від частоти автогенератора. Використання мікросхем, які можуть працювати логічними неінвертуючими елементами І, АБО, дозволяє спростити схеми мультивібраторів, що чекають. Мікросхеми 561 серії мають на частоті 1+МГц динамічну потужність вжитку 20мВт/ле, а їх статична потужність вжитку вимірюється одиницями мікват, що задовольняє головній вимозі – мінімум споживаної енергії.

Нове сімейство швидкодіючих КМОН-схем відрізняється збільшеними швидкодією і здатністю навантаження. Поліпшення характеристик досягається за рахунок щільнішої топології структури затвора і тоншого шару оксиду в області затвора. Ця технологія забезпечує малу споживану потужність і високу перешкодозахищену і широкий діапазон температур у поєднанні з високою швидкодією і здатністю навантаження.

Схема генератора імпульсів приведена на рисунку 2.6. Робота такого мультивібратора декілька розрізняється для випадків вживання в них мікросхем серії К176 з одним захисним діодом або серії К176 і останніх серій з двома діодами.

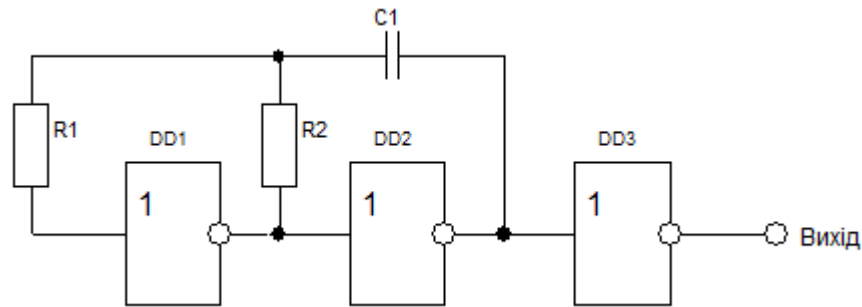


Рисунок 2.6 - Генератор імпульсів на трьох інверторах

Форма коливань в генераторі приведена на рисунку 2.7. Верхня діаграма показує залежність від часу напруги на лівому обкладанні конденсатора, нижня на виході генератора. Спад напруги з виходу елемента DD2, поступаючи на вхід елемента DD1 через конденсатор C1 і резистор R2, обмежується вхідним діодом на рівні, близькому до балка. Про, після чого починається заряд конденсатора через резистор R1, що підвищує напругу на лівому обкладанні конденсатора. Час його заряду до порогової напруги приблизно дорівнює $0.7R_1C_1$. Лавиноподібний процес перемикання елементів приведе до передачі з виходу елемента DD2 на вхід елемента DD1 позитивного перепаду напруги з амплітудою, рівною напрузі живлення. Перезаряд конденсатора C1 у бік зменшення напруги на лівому обкладанні почнеться від напруги $U_{жив} +$

Упор, внаслідок чого на цей процес піде більший час - близько $1,1R_1C_1$. Повний період коливань складе $1,8R_1C_1$, частота - $0,55/R_1C_1$.

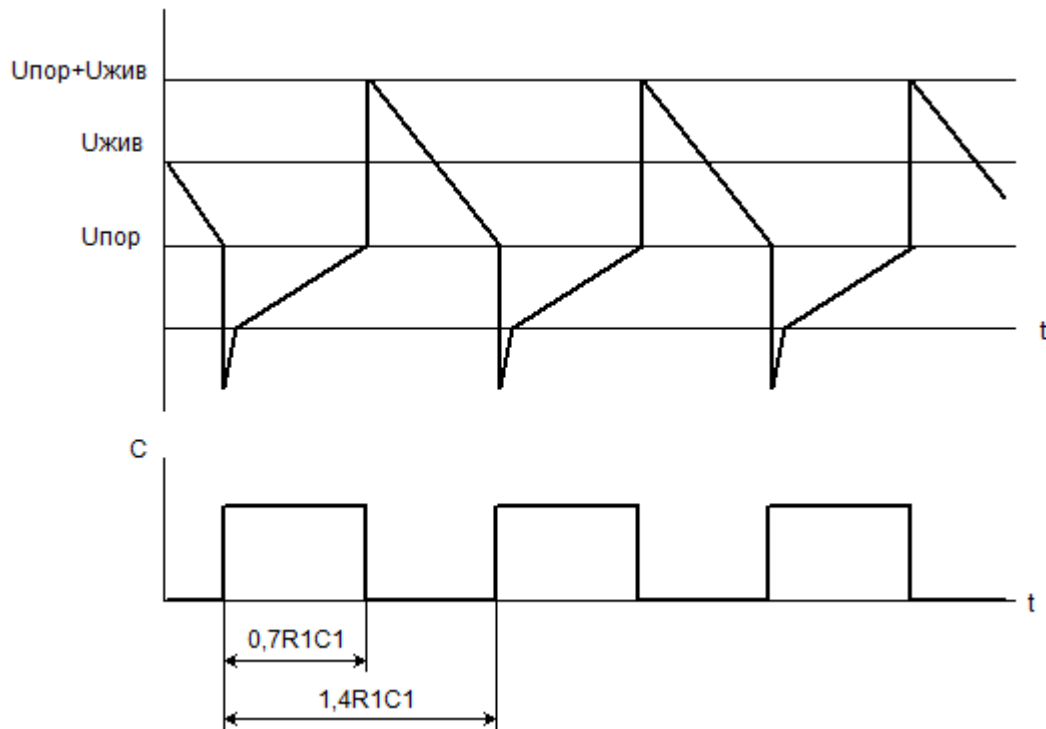


Рисунок 2.7 - Часова діаграма роботи генератора

Якщо в генератор встановлені мікросхеми з двома захисними діодами, тривалість обох процесів перезаряду конденсатора буде однаковою – $0,7R_1C_1$, повний період – $1,4R_1C_1$, частота - $0,7/R_1C_1$.

Резистор R_2 потрібний, як і в диференціюючих колах, для обмеження струму через вхідні діоди і зменшення навантаження на елемент DD2. Якщо його величина значно менша, ніж в резистора R_1 , він на частоту генерації не впливає. При сумірних величинах R_1 і R_2 частота генерації декілька знижується. Часто резистор R_2 не ставлять або встановлюють послідовно з конденсатором C_1 [8].

Селектор імпульсів налагоджується так, щоб число імпульсів, що приходять за фіксований інтервал часу, відповідало температурі, що вимірюється і мінялося пропорційно її зміні (наприклад, температурі 50°C відповідає 500 імпульсів, тобто одному градусу – 10 імпульсів).

Моделювання селектору імпульсів в програмному забезпеченні Electronics Workbench показує правильність функціонування відповідно до вимог поставленого завдання.

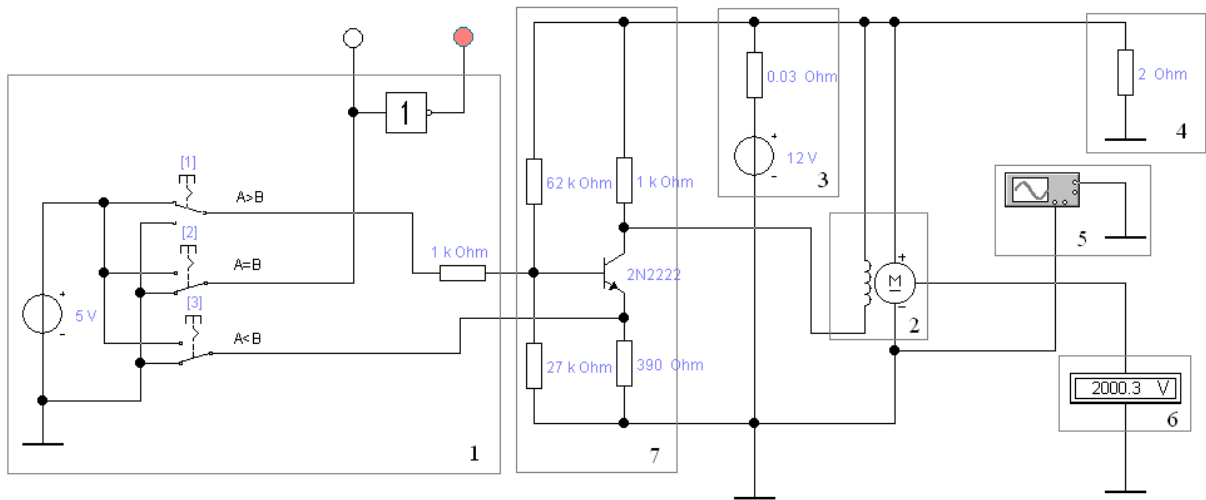


Рисунок 2.8 – Моделювання функціонування селектору імпульсів

Схема селектору імпульсів зібрана на мікросхемах КМОП-логіки та ТТЛШ-логіки (рис. 2.9).

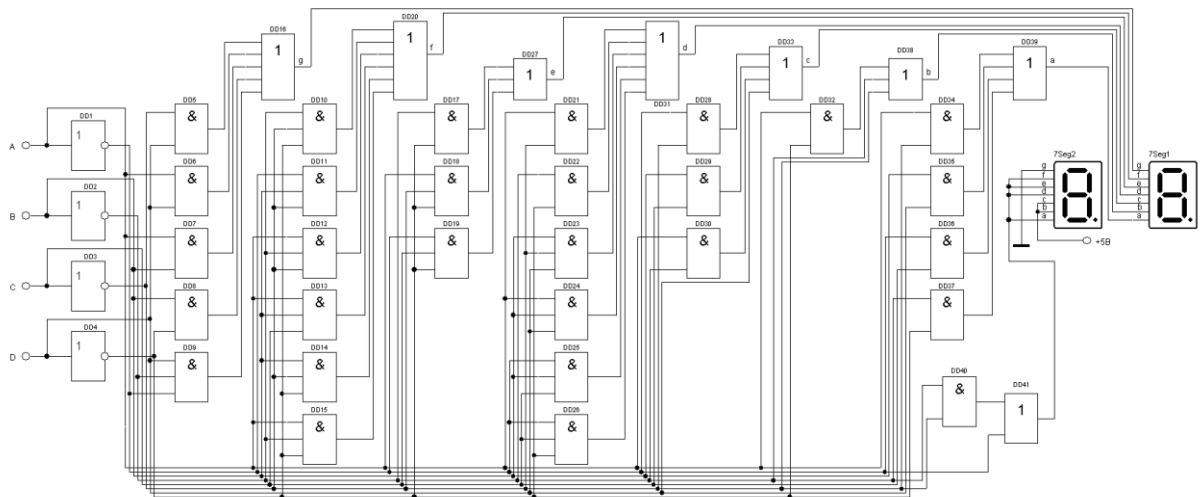


Рисунок 2.9 – Схема селектора імпульсів

Частота вимірів температури залежить від ємності конденсатора $C2$ і номіналу резистора $R4$. Як тільки конденсатор $C2$ зарядиться транзистор $VT1$ відкривається і обнуляє тригери $DD2.1$ і $DD2.2$.

2.5 Лічильник імпульсів

Лічильник призначений для підрахування числа імпульсів, що приходять за фіксований інтервал часу. Число імпульсів відповідає температурі, що вимірюється і змінюється пропорційно її зміні [4].

Розглянемо роботу двійкового підсумовуючого лічильника з порядком рахунку $K_{\text{рах.}} = 16$. Для його побудови необхідно $m = \log_2 16 = 4$ тригера, що відповідає чотирьом розрядам двійкового числа (коду 8421). У таблиці станів такого лічильника (табл. 2.1) вхідний сигнал x^n позначимо через 1, Q^{n4} – старший розряд, Q^{n1} – молодший розряд [5].

Таблиця 2.1 – Таблиця станів лічильника

x^n	$Q4^n$	$Q3^n$	$Q2^n$	$Q1^n$	$Q4^{n+1}$	$Q3^{n+1}$	$Q2^{n+1}$	$Q1^{n+1}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

З аналізу таблиці видно:

- тригер молодшого розряду $Q1$ перемикається від кожного вхідного сигналу;
- другий розряд $Q2$ перемикається через два вхідних сигнала;
- третій розряд $Q3$ перемикається через чотири вхідних сигнала.
- четвертий розряд $Q4$ перемикається через вісім вхідних сигналів.

Таким чином, частота перемикання кожного наступного тригера зменшується вдвічі. Отже, лічильник можна побудувати як коло послідовно включених рахункових тригерів.

Рахунковий Т-тригер може бути побудований на основі D-тригера, з'єднанням інверсного виходу \bar{Q} з входом D, як показано на рисунку 2.10 [5]. У такій схемі кожен перехід «1 → 0» на вході С буде призводити до переходу тригера в протилежний стан.

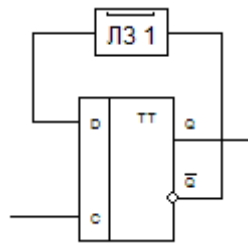


Рисунок 2.10 – Т-тригер на основі D-тригера

Наприклад, якщо $Q^n = 1$, то $D^n = \bar{Q}^n = 0$, і тому черговий тактовий імпульс переведе тригер в новий стан, тобто встановить $Q^{n+1} = D^n = 0$. Для правильної роботи Т-тригера тактовий імпульс має бути коротким, а наявність елемента затримки ЛЗ ослабляє вимогу до тривалості тактового імпульсу.

Побудуємо послідовний лічильник на D-тригерах, що працюють в рахунковому режимі (рис. 2.11).

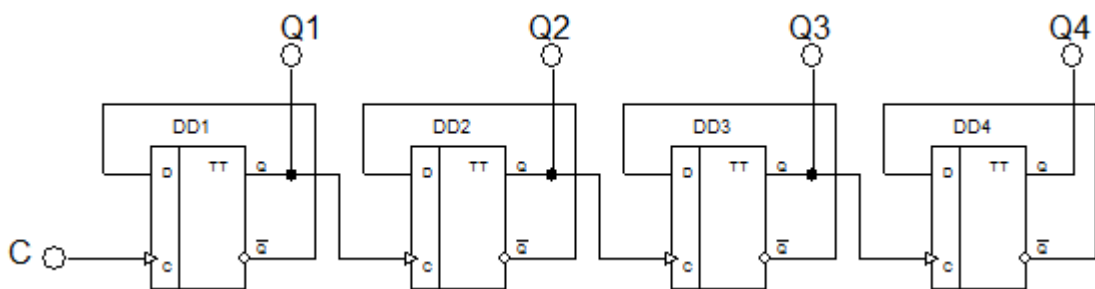


Рисунок 2.11 – Схема двійкового підсумовуючого лічильника з послідовним перенесенням

Оскільки тригери мають інверсний динамічний вхід, то кожен подальший тригер перемикатиметься при скиданні в «0» попереднього тригера (рис. 2.12) [5].

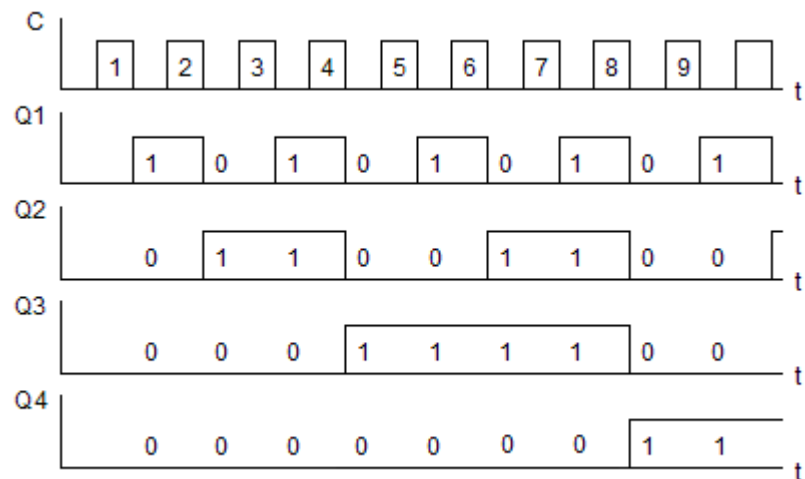


Рисунок 2.12 – Діаграма функціонування двійкового підсумовуючого лічильника з послідовним перенесенням

Окрім основної функції – рахунку імпульсів, лічильник забезпечує ділення частоти дотримання імпульсів. Якщо частоту дотримання імпульсів, що поступають на вхід тригера DD1 позначити f , то на виході тригера DD1 сигнал змінюється з частотою $f/2$, на виході тригера DD2 з частотою $f/4$ і так далі.

Для побудови схеми лічильника імпульсів використаємо мікросхеми К1533ИЕ2 (рис. 2.13).

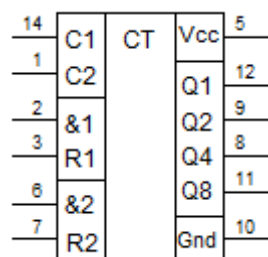


Рисунок 2.13 - Мікросхема К1533ИЕ2 (7490)

Мікросхема являє собою двійково-десятковий лічильник, що складається з чотирьох D –тригерів, внутрішньо з'єднаних для виконання операції ділення на два і п'ять. Входи установки нуля забезпечують заборону лічення по входам C1 і C2 та повернення усіх виходів у стан низького рівня або відлік двійково-десяткового числа у дев'ять. Вихід Q1 не з'єднаний з наступни-

ми тригерами, тому можна здійснити три незалежних режима роботи лічильника: при зовнішньому з'єднанні входу C2 з виходом Q1 здійснюється операція двійково-десятькового рахування; при зовнішньому з'єднанні входу C1 з виходом Q8 здійснюється операція ділення на десять вихідного імпульсу з скважністю 2, сигнал знімається з виходу Q1; без зовнішніх з'єднань тригер з виходом Q1 здійснює операцію ділення на два (вхід C2 використовується для виконання операції ділення на п'ять). Обидва лічильника працюють незалежно один від одного. Таблиця 2.2 показує, який стан повинен бути на входах установки &, R, щоб на виходах лічильника здійснювалась операція підрахунку імпульсів. Результат моделювання відповідає завданню, лічильник підраховує кількість імпульсів і відображає інформацію на індикаторах (рис. 2.14).

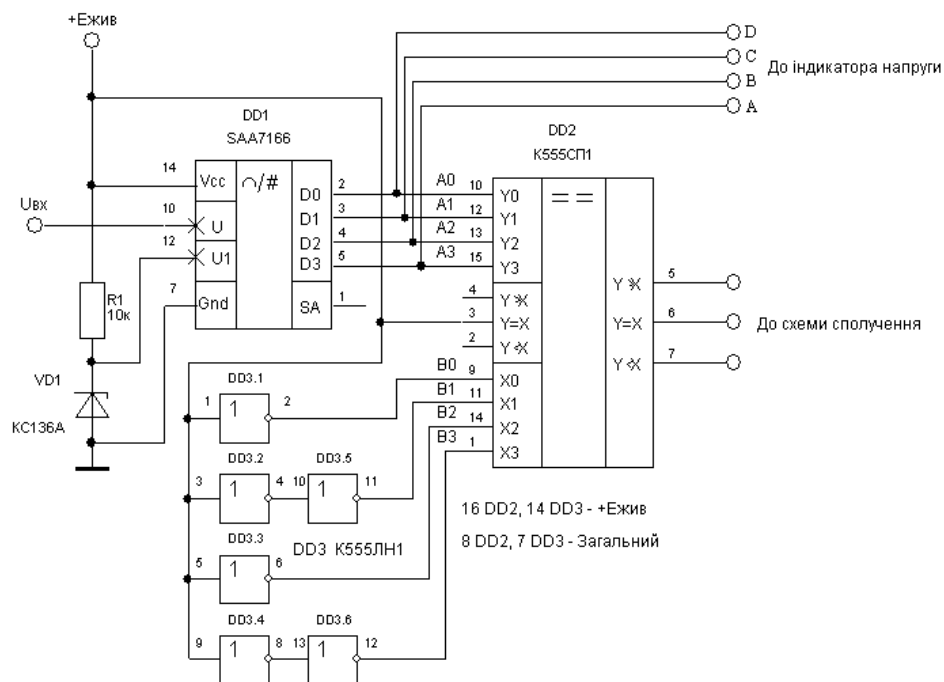


Рисунок 2.14 – Аналіз функціонування лічильника імпульсів

Результати обчислень необхідно представити на двох семисегментних індикаторах.

Проведемо аналітичне моделювання пристрою перетворення двійково-го коду чисел в код семисегментного індикатора [5].

Алгоритм функціонування пристрою представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Таблиця функціонування мікросхеми К1533ИЕ2 (7490)

Входи установки				Виходи			
&1	R1	&2	R2	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1			
1	1	1	1	1			
1	1	1	1	1			
1	1	1	1	1			

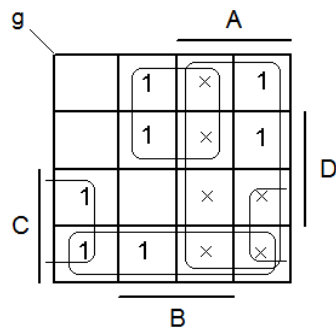
Таблиця 2.3 - Таблиця функціонування перетворювача двійкового коду чисел в код семисегментного індикатора

№	A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1
10	1	0	1	0	×	×	×	×	×	×	×
11	1	0	1	1	×	×	×	×	×	×	×
12	1	1	0	0	×	×	×	×	×	×	×
13	1	1	0	1	×	×	×	×	×	×	×
14	1	1	1	0	×	×	×	×	×	×	×
15	1	1	1	1	×	×	×	×	×	×	×

З таблиці виводимо рівняння функціонування пристрою перетворення двійкового коду чисел в код семисегментного індикатора.

$$g = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}D$$

Карта Карно:

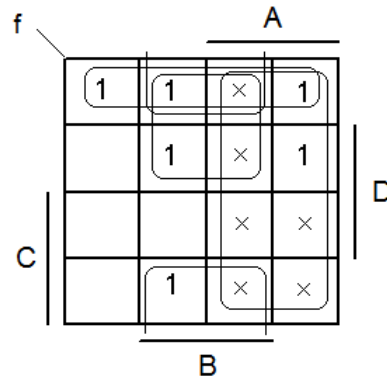


Спрощене рівняння:

$$g = A + \overline{B}\overline{C} + \overline{B}C + \overline{C}\overline{D}$$

$$f = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D}$$

Карта Карно:

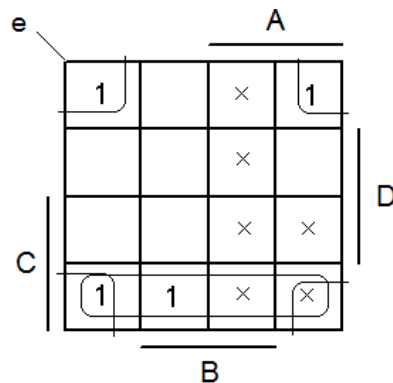


Спрощене рівняння:

$$f = A + \overline{B}\overline{C} + \overline{C}\overline{D} + \overline{B}\overline{D}$$

$$e = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D}$$

Карта Карно:



Спрощене рівняння:

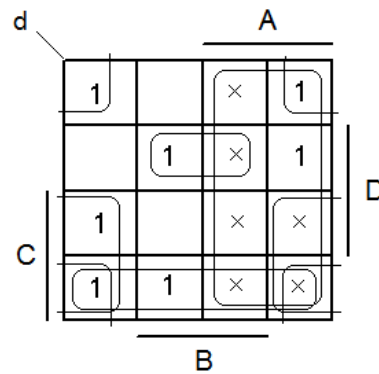
$$e = \overline{B}\overline{D} + \overline{C}\overline{D}$$

$$d = \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + ABCD$$

Спрошене рівняння:

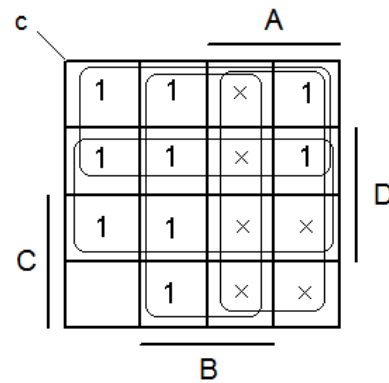
$$d = A + \overline{B}\overline{D} + \overline{C}\overline{D} + \overline{B}C + \overline{B}\overline{C}\overline{D}$$

Карта Карно:



$$c = \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + ABCD$$

Карта Карно:

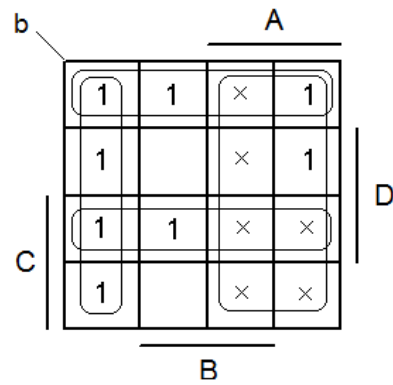


Спрошене рівняння:

$$c = A + B + \overline{C} + D$$

$$b = \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}BCD + \overline{A}BC\overline{D} + ABCD$$

Карта Карно

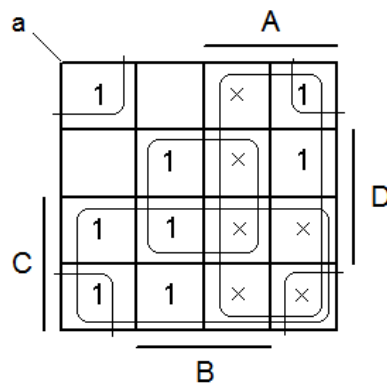


Спрощене рівняння:

$$b = A + \overline{A}\overline{B} + \overline{C}\overline{D} + CD$$

$$a = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D} + \overline{A}\overline{B}C\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}\overline{D} + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}\overline{B}\overline{C}D + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BCD + A\overline{B}\overline{C}\overline{D} + A\overline{B}C\overline{D} + AB\overline{C}\overline{D} + ABC\overline{D} + A\overline{B}\overline{C}D + A\overline{B}CD + AB\overline{C}D + ABCD$$

Карта Карно:



Спрощене рівняння:

$$a = A + C + BD + \overline{B}\overline{D}$$

Структурна схема пристрою перетворення двійкового коду чисел в код семисегментного індикатора відповідає виконаним розрахункам (рис. 2.15).

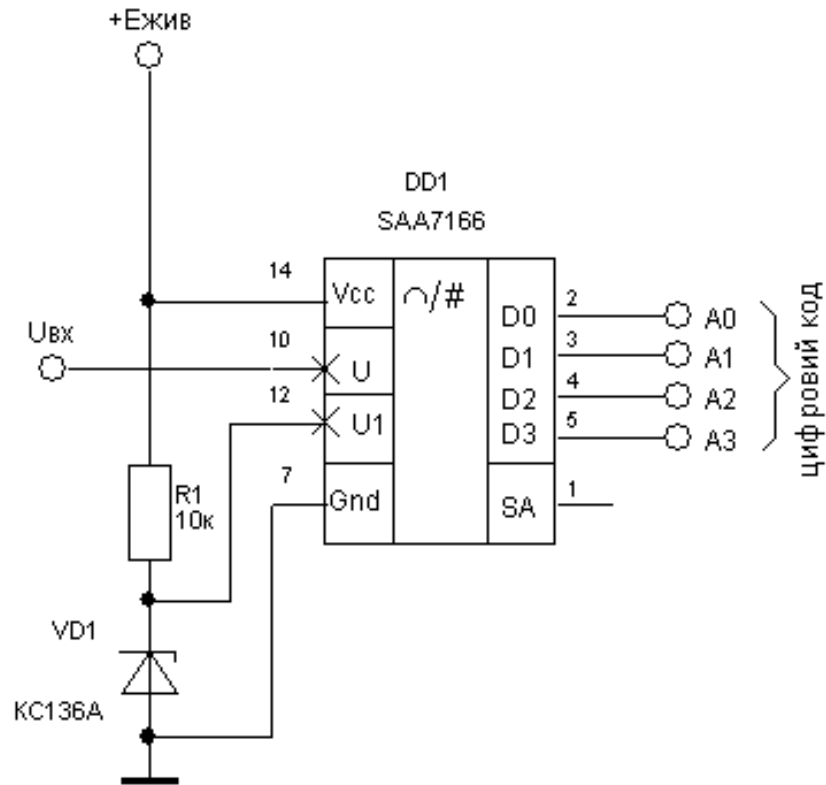


Рисунок 2.15 - Структурна схема перетворювача двійкового коду чисел в код семисегментного індикатора

Проведемо моделювання перетворювача в програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.16).

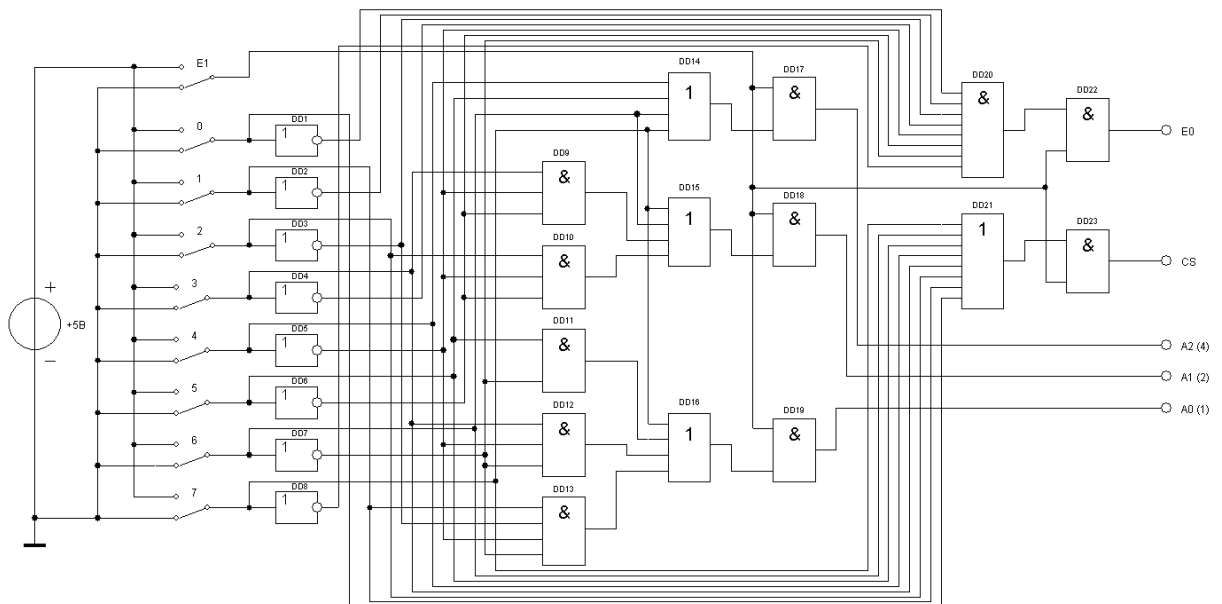


Рисунок 2.16 - Моделювання перетворювача в програмному забезпеченні Electronics Workbench

Схема електрична лічильника імпульсів та блоку індикації зібрана на мікросхемах К1533ИЕ2 та дешифраторах перетворення двійкового коду чисел у код семисегментних індикаторів К514ИД2 (рис. 2.17).

Результати підрахунку числа імпульсів за фіксований інтервал часу формуються у два чотирьохрозрядних кода (код індикації одиниць і код індикації десятків). Лічильники ведуть підрахунок імпульсів по згідно з сигналом установки. На вхід С1 лічильника DD1 поступають імпульси з виходу селектора – трьохвходового елемента І-НІ (рис. 2.9).

На час виміру температури індикатори НГ1...НГ2 гасяться подачею рівня логічного нуля на входи 4 дешифраторів 514ИД2.

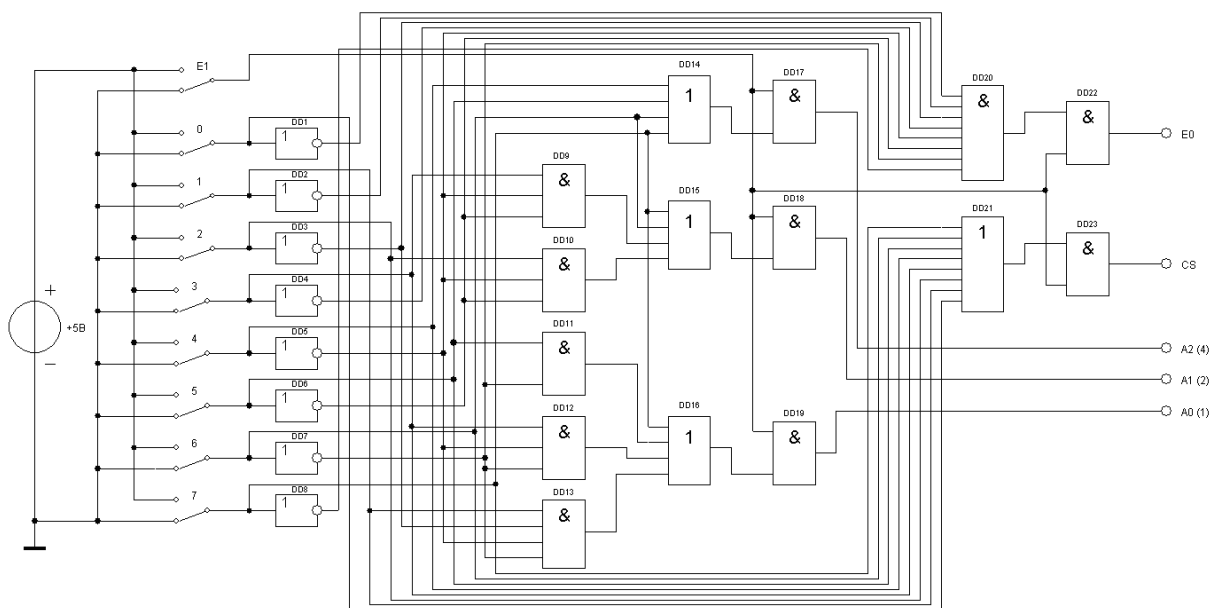


Рисунок 2.17 - Схема електрична лічильника імпульсів та блоку індикації заданої температури

2.5.1 Індикація заданої температури

Напівпровідникові знаковинтезуючі індикатори – це низьковольтні прилади, зручно поєднані з джерелами живлення і рівнями струмів мікрос-

хем. Вони мініатюрні і дозволяють конструювати пристрої, призначені для відображення інформації різної складності, - від точки, що світиться, до текстів і графіків. Індикатори володіють малим часом перемикання - менше 50 нс. Прилади характеризуються відносно високими рівнями робочих струмів і помірними рівнями яскравості [4]. Багатоелементні напівпровідникові знакосинтезуючі індикатори призначені для представлення інформації у вигляді знаків і організованих в один або декілька розрядів. В даний час випускається декілька сотень типів багатоелементних напівпровідникових індикаторів, у тому числі знакові, модулі шкали, модулі екрану. Вони розрізняються числом, розмірами і конфігурацією світловилучаючих елементів, кольором свічення, конструктивними рішеннями.

Семисегментні світлодіодні індикатори призначені для відображення інформації у вигляді цифр і включають в свій склад вісім світлодіодів, сім з яких мають форму сегментів, а один, восьмий – крапка. Семисегментні індикатори випускаються двох видів – з об'єднаним анодом або з об'єднаним катодом, для зменшення числа контактних виводів індикатора. Для структури із загальним катодом на об'єднаний катод подається потенціал землі. На аноди потрібних діодів подається позитивна напруга.

Температура, що вимірюється показується двома світлодіодними семисегментними індикаторами з загальним анодом (рис. 2.18).

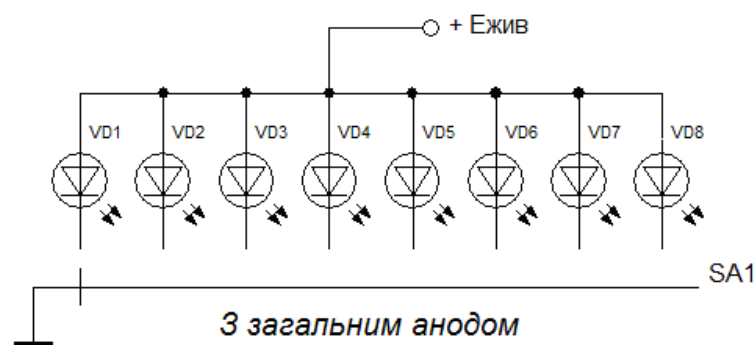


Рисунок 2.18 – Семисегментний світлодіодний індикатор

Стилізоване зображення цифр (та деякого набору літер) складають із семи лінійних сегментів, розташованих у вигляді цифри вісім (рис. 2.19).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рівняння функціонування двійково-десятькового дешифратора:

$$F_0 = \overline{A}\overline{B}\overline{C}\overline{D}; F_1 = \overline{A}\overline{B}\overline{C}D; F_2 = \overline{A}\overline{B}C\overline{D}; F_3 = \overline{A}\overline{B}CD; F_4 = \overline{A}B\overline{C}\overline{D};$$

$$F_5 = \overline{A}B\overline{C}D; F_6 = \overline{A}BC\overline{D}; F_7 = \overline{A}BCD; F_8 = A\overline{B}\overline{C}\overline{D}; F_9 = A\overline{B}\overline{C}D;$$

Побудуємо пристрій за схемою пірамідального дешифратора (рис. 2.20).

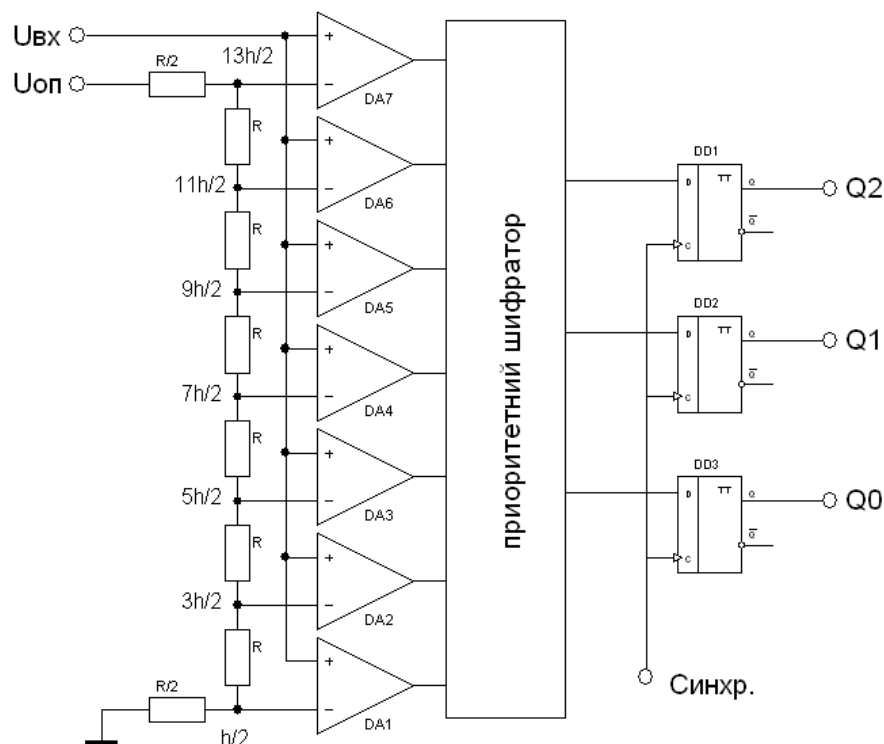


Рисунок 2.20 – Функціональна схема двійково-десятькового дешифратора

Проведемо перевірку функціонування двійково-десятькового дешифратора у програмному забезпеченні Electronics Workbench (рис. 2.21).

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

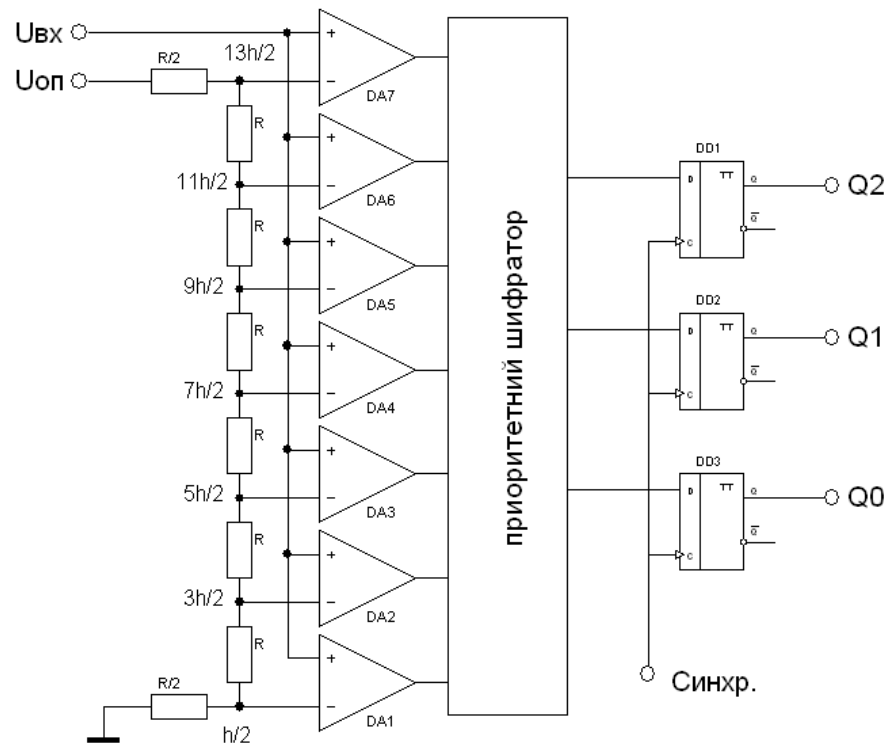


Рисунок 2.23 – Схема комутації перемикачів

У схемі керування використаємо мікросхему 4-2-I-АБО (рис. 2.24).

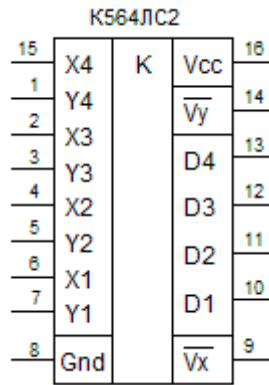


Рисунок 2.24 – Функціональна схема елементів 4-2-І-АБО та умовне графічне позначення мікросхеми K564ЛС2

Режим термостабілізації здійснюється за рахунок роботи схеми порівняння зібраної на мікросхемах K564ЛС2 (DD3, DD4) (рис. 2.25).

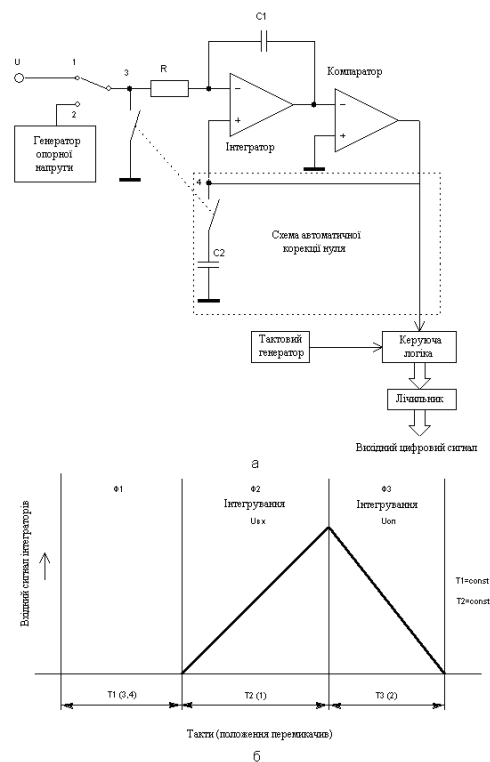


Рисунок 2.25 – Схема керування

Сигнали з виходів лічильників імпульсів (рис 2.17) поступають на дешифратори DD1, DD2, які перетворюють двійковий код у десятковий.

Необхідна температура задається за допомогою перемикачів SA1 і SA2. Схема порівняння на елементах DD3...DD4 забезпечує відключення нагрівачів,

як тільки код з виходів дешифраторів досягне або перевищить значення, що встановлені на перемикачах.

2.7 Силовий комутатор навантаження з блоком живлення

Використання у якості силового комутатора оптоелектронного симістора [8] дозволяє забезпечити гарну розв'язку схеми керування від мережі живлення (рис. 2.26).

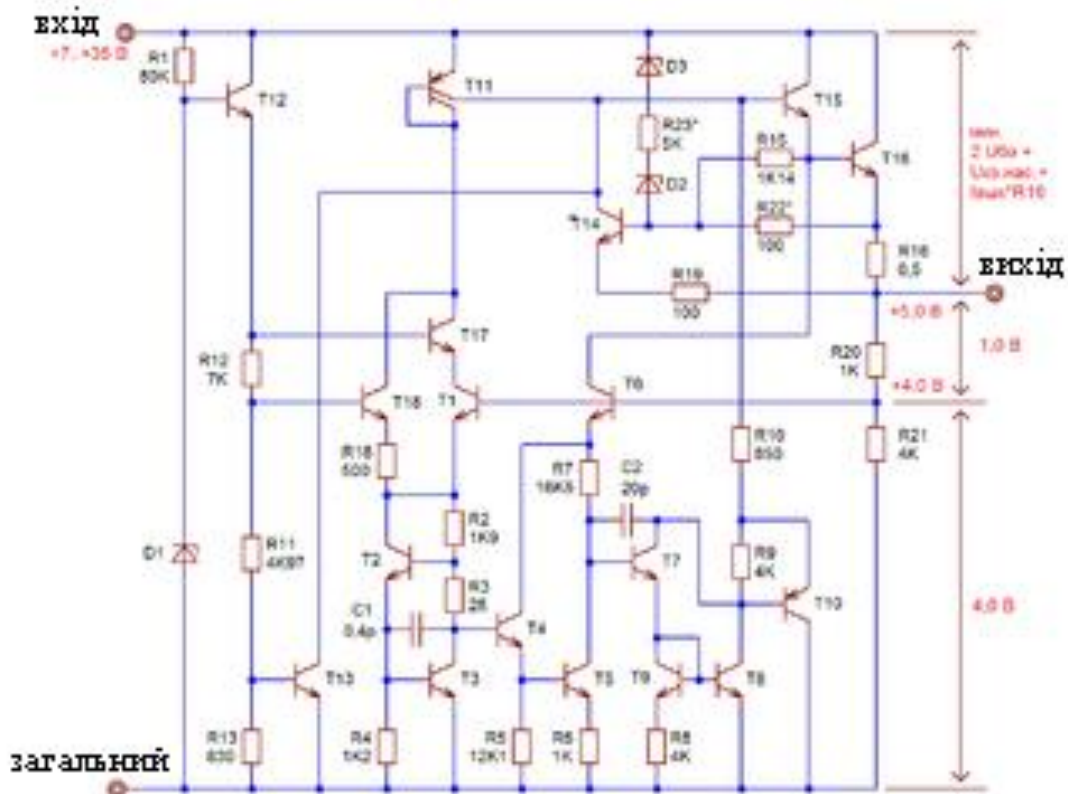


Рисунок 2.26 – Схема силового комутатора та блоку живлення

У процесі виходу термокамери на заданий режим із-за інерційності системи температура у камері може змінюватися (рис. 2.27).

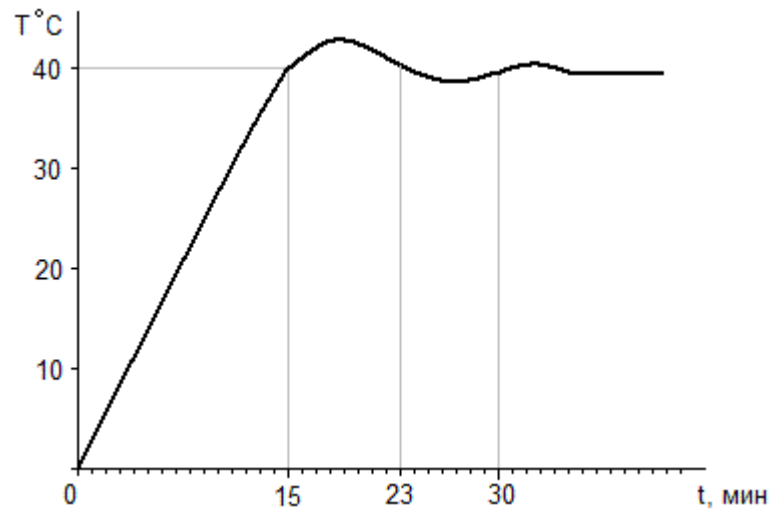


Рисунок 2.27 – Зміна температури в камері при виході на режим

Загальна схема блоку керування з блоком живлення представлена на рисунку 2.28.

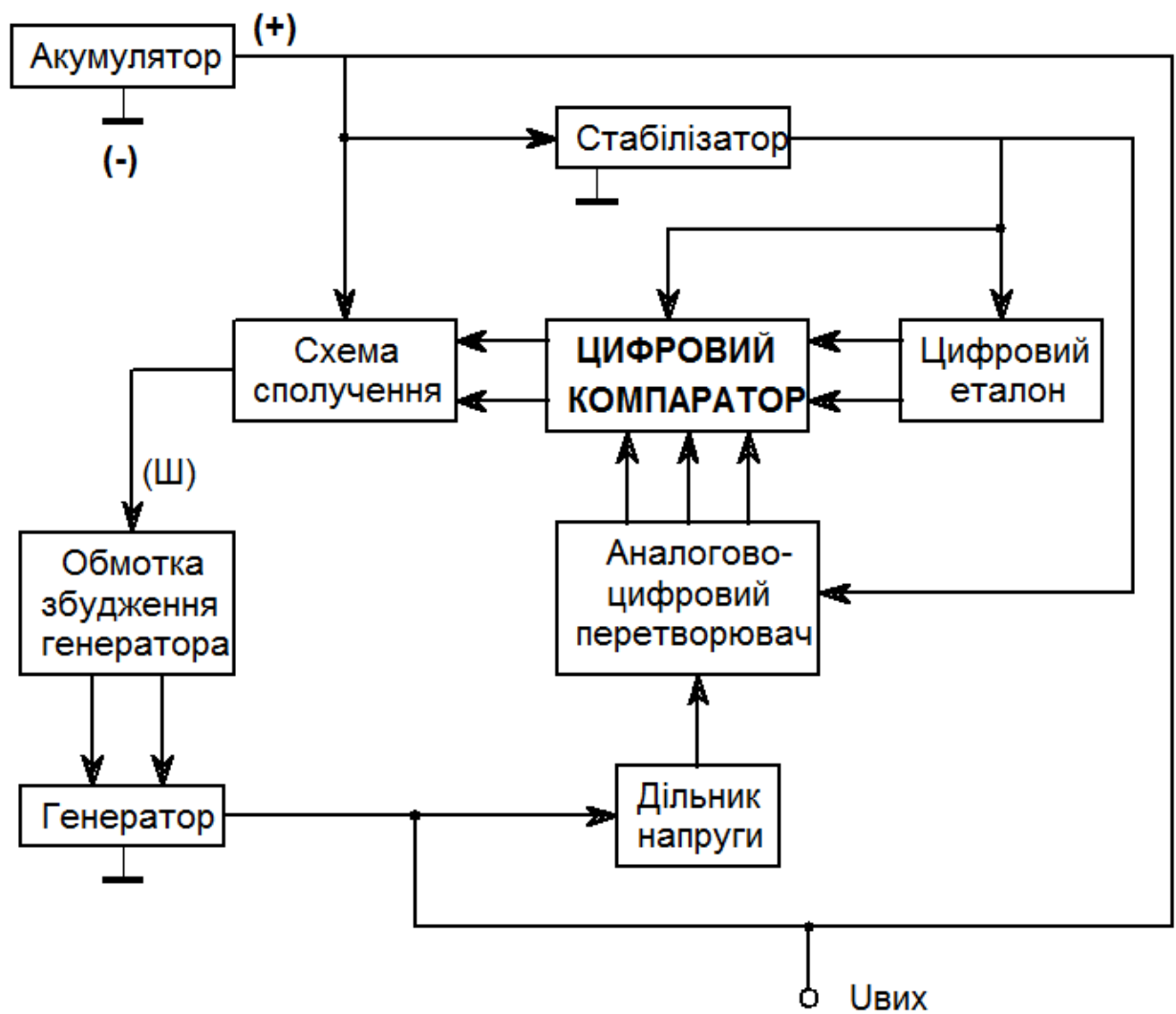


Рисунок 2.28 - Загальна схема блоку керування з блоком живлення

У встановленому режимі схема забезпечує точність підтримки температури $0,5^{\circ}\text{C}$.

Схема передбачає дистанційне керування відключення нагрівача (рівнем логічного «0») від зовнішнього часозадаючого таймеру, через роз'єм X1 (від нього таймер може живитися).

3 Техніко-економічне обґрунтування розробки схеми регулятора напруги

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення схеми регулятора напруги

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонко плівкових гібридних мікрозборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення схеми регулятора напруги проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [13].

Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва тестеру

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [13].

У матриці прийняті наступні позначення: i – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3) $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$; X_i - локальний пріоритет, тобто відносна вага i -го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	X_i
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
Σ							9,033	1,00

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то $i = 1, 2, 3, 4$.

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}},$$

де \sum - сума по стовпці $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$.

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкодія»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
Σ					6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
Σ					5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
Σ					6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
Σ					4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41

D	3	9	2	1	2,47	0,42
Σ					5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	X _i
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
Σ					5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл. 3.10) [13].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації схеми регулятора напруги з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікрозборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведене порівняння чотирьох типів технологій реалізації схеми регулятора напруги за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний

пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікроборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення схеми регулятора напруги.

3.2 Розрахунок витрат на виробництво схеми регулятора напруги

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблицях 3.11, 3.12.

Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 128,10 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво схеми регулятора напруги

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Мікросхема SAA7166	шт.	1	7,90	7,90
Мікросхема K55СП1	шт.	1	12,50	12,50
Мікросхема K555ЛН1	шт.	1	3,80	3,80
Мікросхема K155ПП1	шт.	1	5,20	5,20
Мікросхема K555ЛА3	шт.	1	5,20	5,20
Стабілізатор 7805	шт.	1	4,50	4,50
Індикатор АЛС318А	шт.	2	22,00	44,00
Конденсатор пост.	шт.	20	0,10	2,00
Конденсатор електроліт.	шт.	2	0,60	1,20
Транзистор 2N2222	шт.	1	2,50	2,50
Резистори МЛТ 0,125	шт.	10	0,16	1,60
Стабілітрон КС136А	шт.	4	3,20	12,80

Матеріали	Одиниця виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Усього витрат, грн.
Всього				103,2

4 Охорона праці та техногенна безпека

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Приміщення, в якому знаходиться робоче місце магістранта, має такі характеристики: довжина приміщення 6,5 м; ширина приміщення 3,7 м; висота приміщення 3,5 м; число вікон 2; число робочих місць 3; освітлення природне (через бічні вікна) і загальне штучне. Загальна площа дорівнює 24,1 кв. м. Тобто на кожне робоче місце припадає по 8 кв.м., що відповідає нормам (не менше 6 кв. м.).

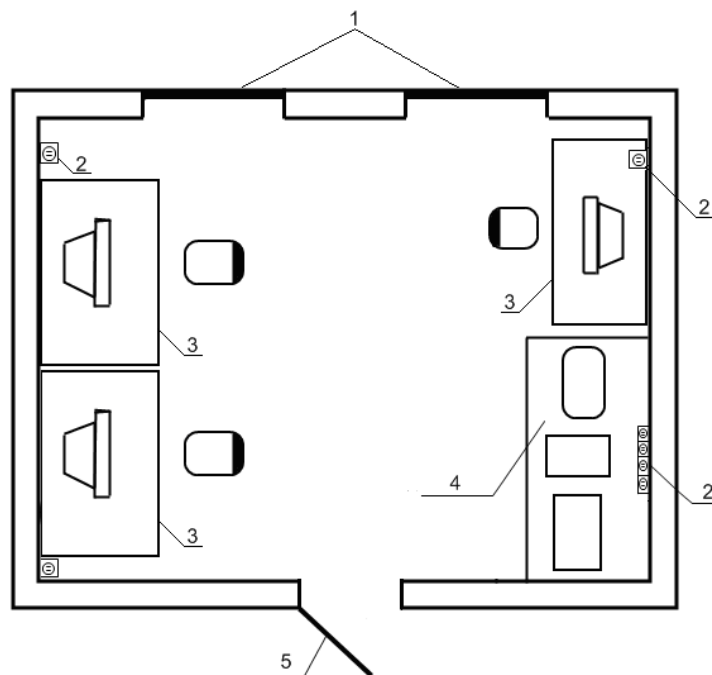
На рисунку 4.1 наведено план розташування робочих місць магістрантів. На робочому місці магістрант піддається впливу наступних несприятливих факторів [10]:

- недостатнє освітлення;
- шум від працюючих машин (комп'ютерів, робочих стендів) На даному робочому місці шум непостійний. Джерелом шуму є робочі стенди. Шум діє на магістранта протягом 5 годин;
- електромагнітне випромінювання. На робочому місці допустимі рівні електромагнітних випромінювань за електричної та магнітної складових в діапазоні 5...2000 Гц;
- виділення надлишків теплоти. Тепловий поріг починається з $J = 10 \text{ мВт/см}^2$;
- підвищена запиленість.

Розвитку стомлюваності на робочому місці сприяють такі чинники [11]:

- неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення обладнання по висоті від підлоги, по фронту від осі симетрії. Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення, тому велике значення надається характеристикам робочого крісла. Велике значення також надається правильній робочій позі користувача. Істотне значення для продуктивної і якісної роботи на комп'ютері мають розміри знаків, контраст і співвідношення яскравості символів і фону екрану. Під час користування комп'ютером медики радять встановлювати монітор на відстані 50...60 см від очей.

- характер протікання праці. Трудовий процес організований таким чином, що інженер електронщик змушений з перших хвилин робочого дня вирішувати найбільш складні і трудомісткі задачі, у той час як у перші хвилини роботи функціональна рухливість нервових клітин мозку низька. Тому дотримання правильного режиму праці і відпочинку при роботі грає дуже важливу роль.



1 – вікна;

2 – розетка;

3 – робоче місце;

4 – місце для стендів;

5 – двері

Рисунок 4.1 – План розташування робочих місць магістрантів

Важливе значення має чергування праці та відпочинку, зміна одних форм роботи іншими.

Джерела небезпечних та шкідливих чинників на магістранта [11]

- рівень шуму в приміщенні протягом робочого дня непостійний (табл. 4.1). При цьому протягом однієї години діє шум з рівнем звуку 83 дБА, протягом наступних двох годинників $\frac{3}{4}$ з рівнем звуку 86 дБА, останню годину $\frac{3}{4}$ 81 дБА при тому що норматив повинен бути не більше 70 дБА. Основними джерелами шуму є: комп'ютери, робочі стенди. Отже, робоче місце по показнику рівня шуму відноситься до класу умов праці 3.2 – шкідливий.

- основним джерелом електромагнітного випромінювання приміщення є персональні комп'ютери з системними блоками Intel Pentium і моніторами SVGA Samsung, SyncMaster 450b.

Таблиця 4.1 Оцінка чинників виробничого і трудового процесу робочого місяця магістранта

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Пил, переважно фіброгенної дії. мг/м ³	4	3.9				50
2	Шум, дБА	70	83		13		75
3	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря С° - швидкість руху	22-24	18-24				100

повітря, м/с	0,1-0,2	0,15-0,2				100
- відносна вологість повітря %	40-60	45-60				100

4.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

До засобів захисту відносяться: вентиляція, штучне освітлення, звукоізоляція. Існують нормативи, що визначають комфортні умови і гранично допустимі норми запиленості, температури повітря, шуму, освітленості. У системі заходів, що забезпечують сприятливі умови праці, велике місце відводиться естетичним чинникам: оформлення виробничого інтер'єру, обладнання, застосування музики та інші, які мають певний вплив на організм людини. Важливу роль відіграє забарвлення приміщень, яка повинна бути світлою. З метою запобігання або зменшення впливу на працюючих шкідливих і небезпечних виробничих чинників застосовують засоби колективного та індивідуального захисту.

Засоби колективного захисту призначені для [11].

1) нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень і робочих місць (вентиляція, кондиціонування, опалення, автоматичний контроль і сигналізація);

2) нормалізації освітлення виробничих приміщень і робочих місць (джерела світла, освітлювальні прилади, світлозахисне обладнання, світлофільтри). При недоліку природного освітлення необхідно буде користуватися штучним. Як джерела світла при штучному освітленні рекомендується застосовувати переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ;

захисту від іонізуючих, інфрачервоних, ультрафіолетових, електромагнітних, лазерних, магнітних та електричних полів (огородження, герметизація, знаки безпеки, автоматичний контроль і сигналізація, дистанційне керування тощо);

3) захисту від шуму, вібрації (огороження, звукоізоляція, віброізоляція). Для зменшення рівня шуму, який перевищує норму в лабораторному приміщенні можна застосовувати оздоблювальні матеріали з шумопоглинаючим ефектом;

4) захисту від ураження електричним струмом (різні види огороження, захисне заземлення, автоматичне відключення, дистанційне керування).

5) забезпечення недоступності струмоведучих частин досягається ізолюванням струмовідних кабелів і проводів;

6) захисту від дії механічних факторів (огороження, автоматичний контроль і сигналізація, знаки безпеки);

7) захисту від хімічних факторів (огороження, герметизація, вентиляція та очищення повітря, дистанційне керування, знаки безпеки);

8) захисту від високих і низьких температур навколишнього середовища (огороження, автоматичний контроль і сигналізація, термоізоляція, дистанційне керування).

4.3 Виробнича санітарія

Оскільки у приміщенні присутнє лабораторне устаткування, комп'ютери, шафи та робоча документація, то спостерігається деяка запиленість. За нормою запиленість в приміщенні не повинна перевищувати 4 мг/м^3 , а в даному приміщенні вона складає $3,9 \text{ мг/м}^3$.

Для запобігання дещо підвищеної запиленості рекомендується встановлювати витяжні пристрої, а також проводити вологе прибирання лабораторного приміщення, а перед початком і після кожної академічної години навчальних занять, до і після кожного заняття провітрювати приміщення, що забезпечить поліпшення якісного складу повітря.

Раціональне колірне оформлення приміщення направлено на поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці, підвищення її продуктивності та

безпеки. Забарвлення приміщень впливає на нервову систему людини, його настрої і в кінцевому рахунку на продуктивність праці. Основні виробничі приміщення доцільно офарблювати відповідно до кольору технічних засобів. Освітлення приміщення і устаткування має бути м'яким, без блиску.

Зниження шуму, створюваного на робочих місцях лабораторного приміщення внутрішніми джерелами, а також шуму проникаючого зовні, є дуже важливим завданням. Зниження шуму в джерелі випромінювання можна забезпечити застосуванням пружних прокладок між підставою приладу і опорною поверхнею. Як прокладки використовуються гума, повсть, пробка, різної конструкції амортизатори. Під настільні шумливі апарати можна підкладати м'які килимки з синтетичних матеріалів, а під ніжки столів, на яких вони встановлені, - прокладки з м'якої гуми, повсті, завтовшки 6 - 8 мм. Кріплення прокладок можливе шляхом приклеювання їх до опорних частин [11].

Таким чином, для зниження шуму, створюваного на робочих місцях внутрішніми джерелами, а також шуму, що проникає з зовні необхідно: послабити шум самих джерел (застосування екранів, звукоізолюючих кожухів);

- знизити ефект сумарної дії відбитих звукових хвиль (звукопоглинаючі поверхні конструкцій);
- застосовувати раціональне розташування обладнання;
- використовувати архітектурно-планувальні і технологічні рішення ізоляцій джерел шуму.

Температура в приміщеннях є одним з провідних чинників, що визначають метеорологічні умови виробничого середовища. Високі температури надають негативну дію на здоров'я людини. Робота в умовах високої температури супроводжується інтенсивним потовиділенням, що приводить до обезводнення організму, втрати мінеральних солей і водорозчинних вітамінів, викликає серйозні і стійкі зміни в діяльності серцево-судинної системи, збільшує частоту дихання [11].

При низькій температурі висока відносна вологість збільшує тепловтрати організму в результаті інтенсивного поглинання водяними парами енергії випромінювання людини. Це веде до переохолодження організму – гіпотермії. Низька вологість викликає пересихання слизистих оболонок дихальних шляхів.

В приміщенні нормована температура повітря повинна складати в теплий період 22...24°C (в холодний період 21...23°C), відносна вологість 40-60 %, швидкість руху повітря 0,1...0,2 м/с.

Фактичні параметри: температура в теплий період – 18...24 °C, відносна вологість 45...60%, швидкість руху повітря 0,15...0,2 м/с.

У приміщеннях, обладнаних ПЕВМ, повинна проводитися щоденне, вологе прибирання і систематичне провітрювання після кожної години роботи на ПЕВМ. Рівні позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, де розташовані ПЕВМ, повинні відповідати санітарно-епідеміологічним нормативам, що діють.

Недостатнє освітлення робочого місця утрудняє тривалу роботу, викликає підвищене стомлення і сприяє розвитку короткозорості. Дуже низькі рівні освітленості викликають апатію, сонливість, а в деяких випадках сприяють розвитку відчуття тривоги. Таким чином буде доцільно зробити розрахунок фактичної освітленості приміщення [12].

4.4 Електробезпека

Електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, представляють для людини велику потенційну небезпеку, тому що в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: струмоведучі провідники, корпуси стійок ЕОМ і іншого устаткування, що опинилося під напругою в результаті пошкодження (пробою)

ізоляції, не подають будь-яких сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останнього через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизма має правильна організація обслуговування діючих електроустановок, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання ряду організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених діючими "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" (ПТБ і ПТБ споживачів) і "Правила використання електроустановок" (ПВЕ) Залежно від категорії приміщення необхідно вжити певних заходів, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустановок. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією або напруга живлення їх не повинна перевищувати 42 В. В особливо небезпечних приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинна перевищувати 12 В [12]. Приміщення, в якому знаходиться робоче місце інженера електронщика, класифікується як приміщення з підвищеною небезпекою.

Щоб захистити людину від ураження електричним струмом, захисне заземлення має задовольняти ряду вимог, викладених у ПВЕ. Захисне заземлення. Занулення ». Ці вимоги залежать від напруги електроустановок та потужності джерела живлення.

В електроустановках змінного струму напругою до 1000 В у мережі з ізолюваною нейтраллю або ізолюваним виводом джерела однофазного струму опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Важливо відзначити, що якщо занулений корпус одночасно заземлений, то це тільки покращує умови безпеки, тому що забезпечує додаткове заземлення нульового захисного дроту.

4.5 Пожежна та техногенна безпека

Пожежі в лабораторному приміщенні становлять особливу небезпеку, тому що пов'язані з великими матеріальними втратами. Характерна особливість лабораторних кімнат - невеликі площі приміщень. Як відомо, пожежа може виникнути при взаємодії горючих речовин, окислення і джерел запалювання. У даному приміщеннях присутні всі три основні чинники, необхідні для виникнення пожежі.

Горючими компонентами в кімнаті є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, двері, підлоги, ізоляція кабелів і ін.

Джерелами запалювання в лабораторному приміщенні можуть бути електронні схеми від ЕОМ, прилади, застосовувані для технічного обслуговування, пристрої електроживлення, кондиціонування повітря, де в результаті різних порушень утворюються перегріті елементи, електричні іскри і дуги, здатні викликати загоряння горючих матеріалів.

В сучасних ЕОМ дуже висока щільність розміщення елементів електронних схем. У безпосередній близькості один від одного розташовуються сполучні дроти, кабелі. При протіканні по них електричного струму виділяється значна кількість теплоти. При цьому можливо оплавлення ізоляції. Для відводу надлишкової теплоти від ЕОМ служать системи вентиляції та кондиціонування повітря. При постійній дії ці системи представляють собою додаткову пожежну небезпеку.

Для більшості приміщень лабораторних кімнат встановлена категорія пожежної безпеки В.

Однією з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівельних приміщень від руйнувань та забезпечення їх достатньої міцності в умовах впливу високих температур при пожежі. Враховуючи високу вартість електронного обладнання, а також категорію його пожежної безпеки, будівлі для лабораторного приміщення і частини будівлі іншого призначення, в

яких передбачено розміщення ЕОМ, повинні бути 1 та 2 ступеня вогнестійкості.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. В лабораторних приміщеннях застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 (ВВК3,5), перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, схоронність електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу. Вогнегасник ОУ5 (ВВК3,5) переносний з місткістю балона 5 літрів (3,5 кілограма), призначений для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою не більш 10 кВ. В даному приміщенні знаходиться один такий вогнегасник.

З приміщень, на випадок пожежі, має бути передбачена й забезпечена евакуація людей через так звані евакуаційні виходи [11] важливішою вимогою успішної евакуації людей і цінностей є улаштування внутрішніх переходів, пожежних сходів і аварійного освітлення. Виходи вважають евакуаційними, якщо вони ведуть із приміщень:

- 1) першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- 2) будь-якого поверху, крім першого, в коридор, що веде на сходову клітку, в тому числі через хол. При цьому сходові клітки повинні мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від прилеглих коридорів перегородками з дверима;
- 3) у сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, яке забезпечене виходами, зазначеними в пунктах 1 і 2.

Фактично, лабораторне приміщення має необхідні умови для евакуації людей і цінностей. В будівлі передбачені й забезпечені евакуаційні виходи з приміщення. Коридор веде на сходову клітку, яка має вихід безпосередньо назовні.

4.6 Розрахунок штучного освітлення лабораторного приміщення

Для освітленості приміщення з розмірами $A = 6,5$ м, $B = 3,7$ м та висотою $H = 3,5$ м використовуються 2 світильники ОДР з двома люмінесцентними лампами типа ЛБ - 40. Коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги відповідно рівні $P_{\text{стелі}} = 70\%$, $P_{\text{стін}} = 50\%$, $P_{\text{підлоги}} = 10\%$. Затінювання робочих місць немає. Висота звісу світильника $h_s = 0$, висота робочої поверхні над рівнем підлоги $h_p = 0,8$ м.

Нормативна величина освітленості для відеоплейних терміналів складає $E_n = 400$ лк [12].

При перевірці відповідності освітленості в приміщенні нормативному рівню, коли відома кількість світильників, ламп, їх тип і потужність. фактичну освітленість в приміщенні визначаємо по формулі:

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot F \cdot n \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k_{\text{зап}}}, \text{ (лк)} \quad (4.1)$$

де $N = 2$ – число світильників, шт.;

$F = 3120$ лм – світловий потік лампи;

$n = 2$ – число ламп в світильнику;

S - площа освітлюваного приміщення;

$z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп (відношення $E_{\text{сер}} / E_{\text{мін}}$);

$k_{\text{зап}} = 1,5$ – коефіцієнт запас, що враховує зниження освітленості із-за забруднення і старіння лампи ;

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки.

Для визначення η необхідно знати тип світильника, індекс приміщення і коефіцієнт віддзеркалення світлового потоку від стелі, стін і підлоги [16]. Оскільки тип світильника і коефіцієнти віддзеркалення світлового потоку відомі, то для знаходження η необхідно визначити значення індексу приміщення i .

$$i = \frac{A \cdot B}{h_n \cdot (A + B)} \quad (4.2)$$

де A і B - відповідно довжина і ширина приміщення в м;

h_n - висота від робочої поверхні до світильника, визначається висотою приміщення (H , м) і висотою умовної робочої поверхні ($h_p = 0.8$ м) по формулі:

$$h_n = H - h_s - h_p = 3.5 - 0 - 0.8 = 2.7 \text{ (м)} \quad (4.3)$$

Підставляємо набуте значення у формулу (3.2) і знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{6.5 \cdot 3.7}{2.7 \cdot (6.5 + 3.7)} = \frac{24.05}{27.54} = 0.87$$

Підставляємо всі знайдені величини в формулу (3.1):

$$E_\phi = \frac{2 \cdot 3120 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{11107.2}{39.6825} = 279.9, \text{ (лк)}$$

Оскільки отримана величина $E_\phi < E_n$ для досягнення нормативної освітленості необхідно або збільшити кількість світильників, або збільшити потужність ламп. Порахуємо міру збільшення W :

$$W = \frac{E_n}{E_\phi} = \frac{400}{279.9} = 1.42 \text{ разів}$$

Тепер можна обчислити необхідну кількість світильників:

$$N_1 = N \cdot W = 2 \cdot 1.43 = 2.84 \text{ шт.}$$

Збільшимо кількість світильників до 3 штук. Тоді

$$E_\phi = \frac{5 \cdot 3120 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{27768}{39.6825} = 699.7, \text{ (лк)}$$

Таким чином, при збільшенні кількості світильників на три штуки фактична освітленість E_ϕ практично відповідає нормативному значенню освітленості $E_n = 400$ лк [12].

Такий же ефект може бути отриманий при заміні лампи з великим світловим потоком. Порахуємо необхідний світловий потік лампи:

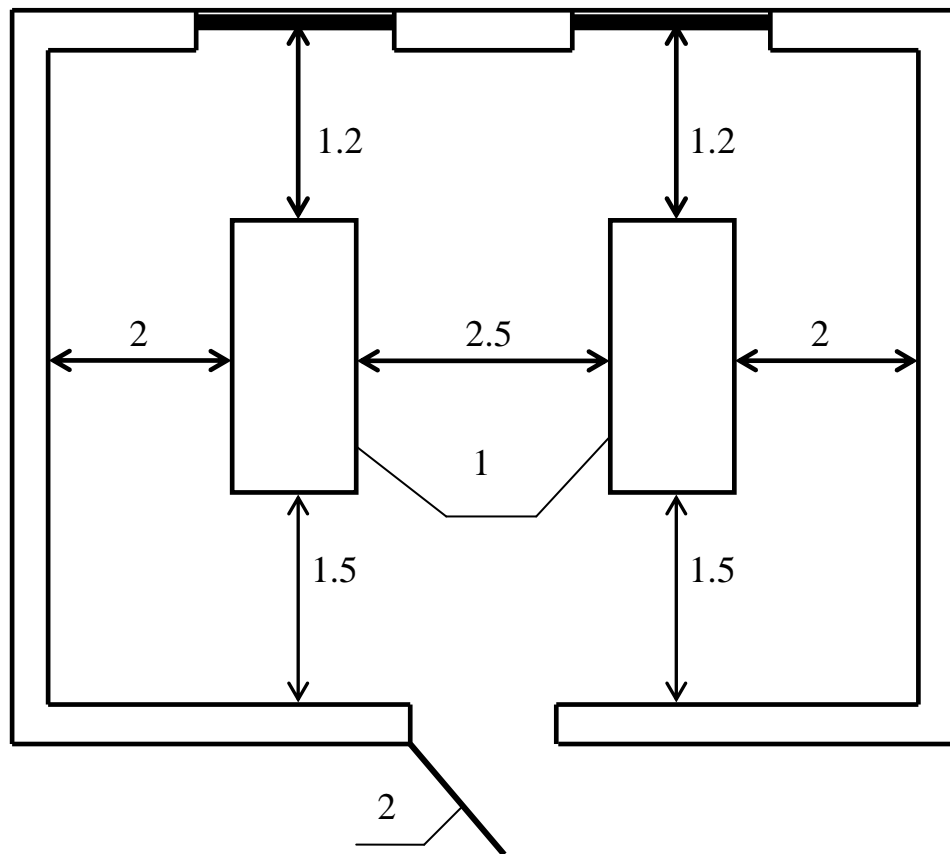
$$F_1 = F \cdot W = 3120 \cdot 1.42 = 4430.4, \text{ (лм)}$$

Так, якщо всі лампи типа ЛБ-40 в приміщенні замінити на лампи типа ЛТБ-65 з $F=3980$ лм E_ϕ буде рівне:

$$E_\phi = \frac{2 \cdot 3980 \cdot 2 \cdot 0.89}{6.5 \cdot 3.7 \cdot 1.1 \cdot 1.5} = \frac{14168.8}{39.6825} = 357, \text{ (лк)}$$

Таким чином, в цьому випадку фактична освітленість також практично відповідатиме нормативному значенню.

На рисунку 4.2 представлена схема розташування двох світильників, в кожному з яких знаходиться по дві лампи типу ЛТБ-65.



1 – світильник;

2 – двері

Рисунок 4.2 – План розташування світильників в лабораторному приміщенні

Висновки та рекомендації

1. Алгоритм функціонування стабілізатора температури дозволяє оптимізувати схемне рішення вузлів пристрою і виконати його більш компактним та економічним по відношенню до існуючих аналогів.

2. Схема електрична принципова у встановленому режимі забезпечує точність підтримки температури $0,5^{\circ}\text{C}$ з дискретністю індикації 1°C , що достатньо при проведенні технологічного тренування блоків мікроелектронних пристроїв на виробництві.

3. Аналіз функціонування автоматичного пристрою підтримки заданої температури відповідає проведеним розрахункам та використаним методам розрахунку цифрових електронних схем.

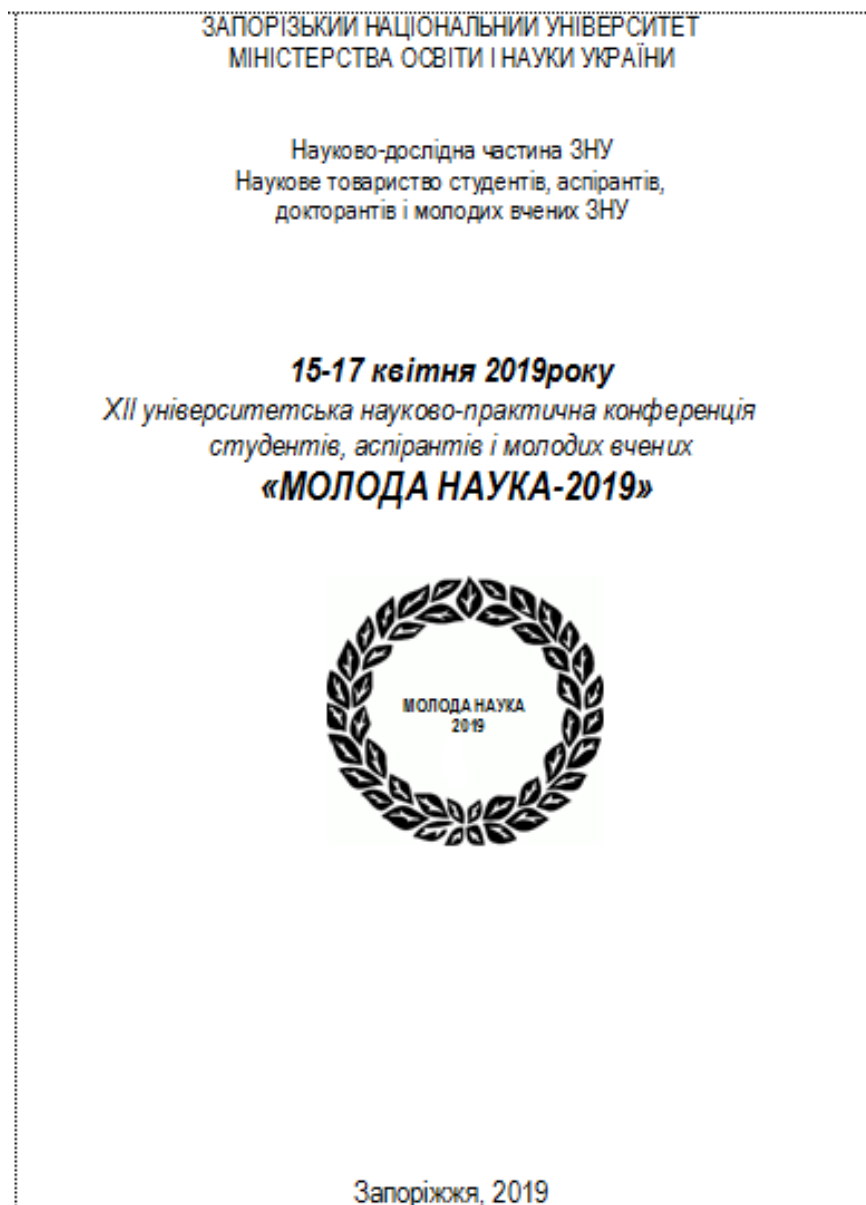
Результати роботи можуть бути використані для подальшої модернізації цифрових стабілізаторів температури у тому числі і з застосуванням мікроконтролерів.

Перелік посилань

1. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Стадник Б.И., Гордко М.Т. Температурные измерения: Справочник. Киев: Наук. думка, 1984. 493 с.
2. Верба В.С., Удалов А.И. Тепловое проектирование радиоэлектронных средств: Учебное пособие. М.: Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет), 2005. 187 с.
3. Шелестов И.П. Радиолюбителям: полезные схемы. М.: «СОЛОН-Р», 2000. 222 с.
4. Евсеев А. Способы измерения электрических величин в цифровых. В помощь радиолюбителю. М.: ДОСААФ. №85, 1991. С. 30 – 32.
5. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.
6. Основи схемотехніки електронних систем : підручник / Бойко В.І. та ін. К.: Вища шк., 2004. 527 с
7. Прянишников В.А. Электроника курс лекций. Санкт Петербург.: «КОРОНА принт», 1998. 401 с.
8. Бойт К. Цифровая схемотехника. М. : Техносфера, 2007. 472 с.
9. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. К.: Вища шк., 1997. 271с.
10. Кожемякін Г.Б. Рижков В.Г., Белоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

11. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. К. : Вища шк., 1988. 240 с.
12. Горобец А.И., Степаненко А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. К. : Техника, 1987. 345 с.

Додаток А



Мірошниченко Богдан
магістрант 2 курсу фак-ту ЕЕІТ
Наук. кер.: к.т.н., доц. Верьовкін Л.Л.

ЦИФРОВА ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА

Пристрої підтримки заданої температури з цифровою індикацією застосовується для підтримки температури в обмеженому об'ємі середовища. Стабілізатор температури виконано у вигляді приставки до термошафи і дозволяє вимірювати і автоматично підтримувати необхідну позитивну температуру з точністю не гірше $0,5^{\circ}\text{C}$. Дискретність індикації температури 1°C . Потрібна температура встановлюється в діапазоні $40\dots 85^{\circ}\text{C}$ (з дискретністю 5°C). Діапазон і дискретність можна змінити. Датчиком температури служить терморезистор розміщений в термокамері (рис. 1).

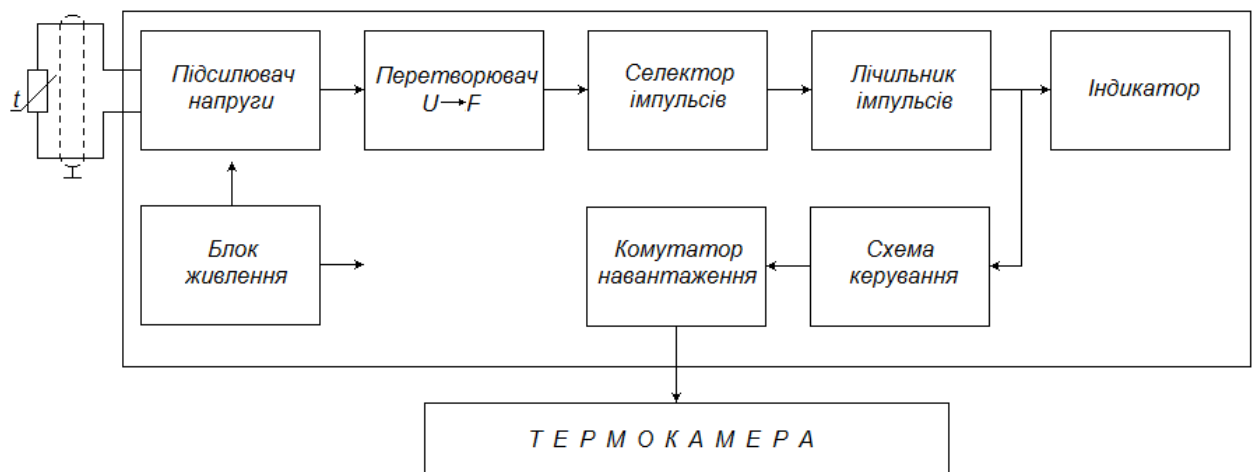


Рисунок 1 – Структурна схема термостабілізаційної системи

Напруга, що знімається з термодатчика, посилюється підсилювачем напруги і поступає на прецизійний перетворювач напруга-частота ($U \rightarrow f$).

На виході перетворювача напруга-частота формуються двох-полярні імпульси. Селектор формує інтервал імпульсів, що поступають на лічильник. Лічильник налаштовується так, щоб число імпульсів, що приходять за фіксований інтервал часу, відповідало температурі, що вимірюється і змінювалося пропорційно її зміні. Температура, що вимірюється відображається на індикаторному пристрої. Режим термостабілізації здійснюється за рахунок роботи схеми керування та силового комутатора.

Алгоритм функціонування термостабілізаційної системи дозволяє оптимізувати схемне рішення вузлів пристрою і виконати його більш компактним та економічним по відношенню до існуючих аналогів

Література

1. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник. Запоріжжя: ЗДІА, 2016. 214 с.

МАТЕРІАЛИ
XXIV НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ, МАГІСТРАНТІВ,
АСПІРАНТІВ І ВИКЛАДАЧІВ
ІНЖЕНЕРНОГО ІНСТИТУТУ
ЗНУ

**Секція мікроелектронних
інформаційних систем**

29 листопада 2019 р.

УДК 621.311

Мірошніченко Богдан ст. гр. МН-18-мд
 Верьовкін Л.Л. доцент, кандидат технічних наук – науковий керівник

ЦИФРОВА ТЕРМОСТАБІЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА

Інженерний інститут Запорізького національного університету, кафедра МЕІС

Пристрої підтримки заданої температури з цифровою індикацією застосовуються для підтримки температурного балансу в обмеженому об'ємі середовища. Стабілізатор температури виконано у вигляді приставки до термошафи і дозволяє вимірювати і автоматично підтримувати необхідну позитивну температуру з точністю не гірше $0,5^{\circ}\text{C}$. Дискретність індикації температури 1°C . Потрібна температура встановлюється в діапазоні $40\dots 85^{\circ}\text{C}$ (з дискретністю 5°C). Діапазон і дискретність можна змінити. Датчиком температури служить терморезистор розміщений в термокамері (рис. 1).

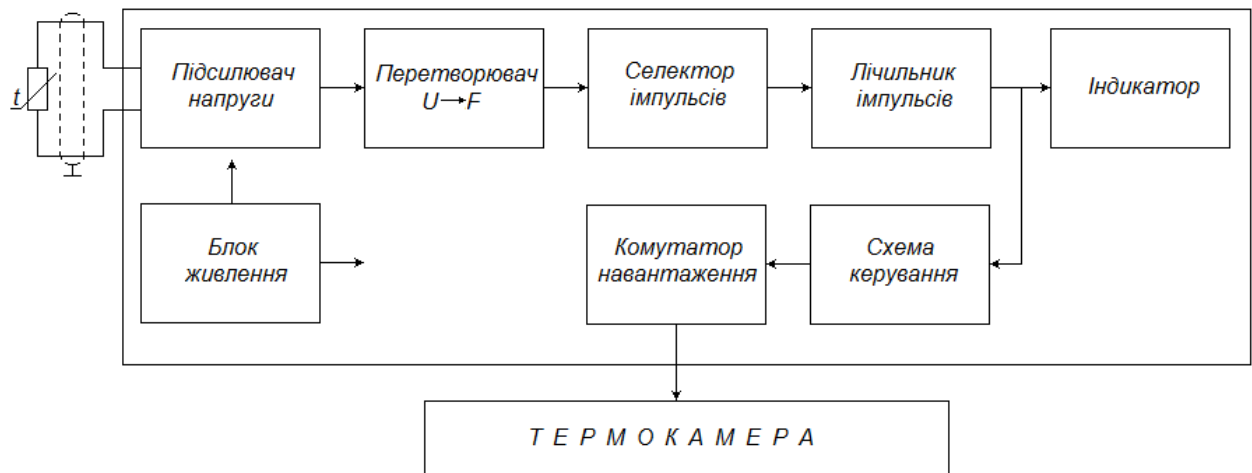


Рисунок 1 – Структурна схема термостабілізаційної системи

Напруга, що знімається з термодатчика, посилюється підсилювачем напруги і поступає на прецизійний перетворювач напруга-частота ($U \rightarrow f$).

На виході перетворювача напруга-частота формуються двох-полярні імпульси. Селектор формує інтервал імпульсів, що поступають на лічильник. Лічильник налаштовується так, щоб число імпульсів, що приходять за фіксований інтервал часу, відповідало температурі, що вимірюється і змінювалося пропорційно її зміні. Температура, що вимірюється відображається на індикаторному пристрої. Режим термостабілізації здійснюється за рахунок роботи схеми керування та силового комутатора.

Алгоритм функціонування термостабілізаційної системи дозволяє оптимізувати схемне рішення вузлів пристрою і виконати його більш компактним та економічним по відношенню до існуючих аналогів

Література

1. Геращенко О.А. Гордов А.Н., Стадник Б.И., Гордко М.Т. Температурные измерения: Справочник. Киев : Наук. думка, 1984. 493 с.
1. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: Підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.