

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

До захисту «ДОПУЩЕНО»

Завідувач кафедри

кан. ф.- м. н., Т. М. Заяць

_____ 2022 р.
« ____ » _____

Кваліфікаційна бакалаврська робота

з галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації»,

напряму підготовки 171 – Електроніка

на тему «**ЦИФРОВИЙ ІНДИКАТОР НАПРУГИ**»

Виконав: студент IV курсу, групи ЕС

Ремета Богдан Русланович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Керівник:

кан. ф.- м. н. Заяць Тарас Михайлович

(вчене звання, прізвище, ім'я, по-батькові)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цієї роботи немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Ужгород 2022

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Факультет: Інженерно-технічний

Кафедра: Електронних систем

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою, доц.

_____ (Заяць Т. М.)

“ ___ ” _____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

студенту Реметі Богдану Руслановичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: **Цифровий індикатор напруги.**

Затверджена на засіданні кафедри ЕС (протокол №3 від 26 жовтня 2021р.).

2. Термін закінчення студентом бакалаврської кваліфікаційної роботи:

27 травня 2022 року,

3. Вихідні дані до роботи

Провести пошук аналогів цифрового індикатору напруги. Проаналізувати переваги та недоліки різних аналогів об'єкту проектування.

Розробити і спроектувати універсальний цифровий індикатор напруги, який з додатковими функціональними вузлами дозволяє виконувати вимірювання основних показників мікроклімату в приміщенні (температури, відносної вологості, концентрації вуглекислого газу CO₂ та інших газів).
Забезпечити можливість відображення результатів вимірювання на семисегментних цифрових світлодіодних індикаторах.

Пристрій повинен мати наступні параметри:

Яскравість індикатора повинна складати не менше 0,15 мкд на сегмент.

Напруга живлення 9В.

Діапазон індикації відносної вологості в межах від 0 до 90%.

Діапазон індикації температур в межах від 0 до 99 °С.

Діапазон індикації концентрації CO₂ та деяких інших газів в межах від 0 до 99 ppm*10².

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування

1.1. Загальні відомості

1.2. Аналог 1

1.3. Аналог 2

1.4. Аналог 3

1.5. Аналог 4

1.6. Аналог 5

2. Проектно-конструкторський розділ

2.1. Синтез електричної структурної та функціональної схеми цифрового індикатору напруги

2.2. Розробка електричної принципової схеми цифрового індикатору напруги

2.3. Розрахунок елементів цифрового індикатору напруги

Висновки

Перелік використаної літератури

Додатки:

Додаток А. Структурна схема БКР ЕС-18050032.001. Е1

Додаток Б. Принципова схема БКР ЕС-18050032.001. Е3

Додаток В. Перелік елементів БКР ЕС-18050032.001. ПЕ

6. Консультанти проекту, вказати з яких розділів.

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Заяць Т. М.		
II	Спесивих О. О.		

7. Дата видачі завдання 26.10.2022 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ (доц. Т. М. Заяць)

Завдання прийняв до виконання _____ (Б. Р. Ремета)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів бакалаврської роботи	Термін виконашля	Примітки
1.	Пошук аналогів об'єкта проектування	До 28.02.2022 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів	До 15. 04.2022 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції	До 20.04.2022 року	
4.	Синтез та аналіз структурної схеми	До 10.05.2022 року	
5.	Виготовлення креслення структурної схеми та допоміжних ілюстративних матеріалів	До 20.05. 2022 року	
6.	Оформлення бакалаврської кваліфікаційної роботи	До 25.05.2022 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії	Згідно з графіком	

Студент _____ (Б. Р. Ремета)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи _____ (доц. Т. М. Заяць)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота: сторінок – 41, рисунків – 15, формул – 15, таблиця – 1, джерел літератури – 16.

Об'єкт розробки — цифровий індикатор напруги, з можливістю підключення додаткових модулів (датчиків).

Мета роботи; огляд і аналіз аналогів об'єкту проектування та розробка структурної схеми, принципової схеми та іншої графічної документації до пристрою.

Метод дослідження - проектування, розрахунки, виготовлення графічної документації.

В бакалаврській роботі описані аналоги проектованого пристрою, приведені основні технічні характеристики; розглянуто тенденції розвитку.

Робота включає структурну та принципову схеми, розрахунки номіналів елементів пристрою.

Ключові слова:

ІНДИКАЦІЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, МІКРОКЛІМАТ, ЯКІСТЬ
ПОВІТРЯ, МОНІТОРИНГ

ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
на кваліфікаційну бакалаврську роботу
на тему:

ЦИФРОВИЙ ІНДИКАТОР НАПРУГИ

Студента групи ЕС: Ремети Богдана Руслановича

(підпис)

Керівник: доц. Заяць Тарас Михайлович

(підпис)

Ужгород 2022

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КБР ЕС-18050032.001. ПЗ			
Розробив	Ремета Б. Р				Цифровий індикатор напруги Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Первірів	Заяць Т. М.					Н	5	41
Т. контр						УжНУ, ІТФ, 4 курс, гр. ЕС		
Н. контр.	Спесивих О. О.							
Затверд.	Заяць Т. М.							

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування	8
1.1. Загальні відомості.....	8
1.2. Аналог 1	10
1.3. Аналог 2	12
1.4. Аналог 3	15
1.5. Аналог 4	19
1.6. Аналог 5	21
2. Проектно-конструкторський розділ	26
2.1. Синтез електричної структурної та функціональної схеми цифрового індикатору напруги	26
2.2. Розробка електричної принципової схеми цифрового індикатору напруги	28
2.3. Розрахунок елементів цифрового індикатору напруги	33
Висновки	39
Перелік використаної літератури	40
Додатки:	
Додаток А. Структурна схема КБР ЕС-18050032.001. Е1	
Додаток Б. Принципова схема КБР ЕС-18050032.001. Е3	
Додаток В. Перелік елементів КБР ЕС-18050032.001. ПЕ	

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						6
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вступ

Всебічне і повсякденне зростання цифрової техніки та застосування її для нових цифрових методів обробки інформації привело до появи великої кількості схемотехнічних рішень на базі цифрових інтегральних мікросхем. З'явилися досить високоефективні вирішення багатьох проблем обробки та представлення інформації, а разом із цим і цифрові пристрої, які по своїм технічним показникам набагато перевищують своїх аналогових попередників.

Цифрова вимірювальна техніка є основною частиною вимірювальної техніки, що найбільш розвивається, являє собою сукупність цифрових вимірювальних приладів (ЦВП), методів їх перевірки та правил експлуатації.

Засоби цифрової вимірювальної техніки найкраще сполучаються із засобами обчислювальної техніки, мають високу точність і швидкодію.

У більшості випадків результати вимірювань аналогових величин найкраще зчитувати з цифрового індикатора. З цією метою при необхідності застосовують різні перетворювачі (наприклад, температура-напруга, фаза-напруга, тиск-напруга), вихідний сигнал яких подають на АЦП і далі на цифровий індикатор. Цифровий індикатор напруги, що проектується в даній роботі зручно використовувати, коли потрібен недорогий вимірювач середнього ступеня точності, а застосування однокристальних АЦП з яких-небудь причин неможливо.

У даному дипломному проекті розробляється цифровий індикатор напруги, який має широкі функціональні можливості, тому, що до нього за допомогою роз'ємних з'єднань можна підключити різні типи датчиків з аналоговим виходом. У цій роботі до індикатору підключені датчики призначені для моніторингу мікроклімату в приміщенні. Даний пристрій відзначається легкою зрозумілістю принципу роботи та доступністю для повторення широким загалом; пристрій доцільно використовувати в лікарнях, реабілітаційних центрах, школах, дошкільних навчальних закладах, зонах відпочинку, складах та в побутових приміщеннях. Використання цього приладу дасть змогу контролювати мікроклімат повітря, що в свою чергу значною мірою покращить здоров'я людей та якість зберігання продукції.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						7
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. Огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування

1.1. Загальні відомості

Цифровими називаються такі вимірювальні пристрої, у яких вимірювана величина автоматично в результаті квантування та цифрового кодування представляється кодовим сигналом, що виражає значення вимірювальної величини.

Цифрові вимірювальні пристрої поділяються на цифрові вимірювальні прилади (ЦВП) і аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), ЦВП є автономними пристроями, що видають значення вимірюваної величини автоматично у візуальному вигляді на окремому цифровому відліковому або реєструючому пристрої. АЦП немає відлікових чи реєструючих пристроїв. Є частиною ЦВП або складніших вимірювально-інформаційних систем і видають результат вимірювання зазвичай у вигляді електричного кодового сигналу.

Основні напрями створення ЦВП:

- розробка ЦВП з вбудованим мікропроцесором, з автоматизацією вибору меж та виду вимірюваної величини;
- розробка ЦВП високої швидкодії з паралельними та комбінованими структурами.
- розробка ЦВП із вузлами різного функціонального перетворення.

Одну з груп серед ЦВП становлять цифрові індикатори напруги. ЦІН часто використовуються в поєднанні з певними датчиками або модульними перетворювачами, які дозволяють вимірювати різні фізичні величини та параметри електричних кіл.

За схемним рішенням ЦІН ділять на дві основні групи: на базі логіки та мікропроцесорного програмного управління.

За методом аналого-цифрового перетворення розрізняють ЦІН з такими видами перетворень:

- час - імпульсним (з одно-, дво-, і триразовим інтегруванням);
- методом порозрядного кодування;
- напруги в частоту (частотно-імпульсним перетворенням);

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						8
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

- комбіновані, що поєднують кілька методів.

По елементній основі ЦІН поділяються на прилади, виконані на електронних лампах, напівпровідникових приладах, інтегральних мікросхемах і мікропроцесорах. В даний час основну частину складають ЦІН, виконані на цифрових та аналогових мікросхемах середнього ступеня інтеграції.

Цифрові індикатори напруги поділяються на *аналогові* та *дискретні*. У аналогових індикаторах вимірювана напруга перетворюється на пропорційне значення постійного струму, що вимірюється магнітоелектричним мікроамперметром, шкала якого градується в одиницях напруги (вольти, мілівольт, мікрвольт). У дискретних індикаторах напруга, що вимірюється, піддається ряду перетворень, в результаті яких аналогова вимірювана величина перетворюється в дискретний сигнал, значення якого відображається на індикаторному пристрої у вигляді цифр. Аналогові та дискретні індикатори часто називають стрілочними та цифровими відповідно.

В даний час цифрові вимірювальні прилади застосовуються дуже широко, оскільки мають такий ряд переваг у порівнянні з аналоговими приладами - висока точність та роздільна здатність, широкий діапазон вимірювань, представлення результатів вимірювань у цифровій формі.

До недоліків використання цифрових індикаторів напруги відносять складність схем та конструкції, високу вартість. По суті ці недоліки є ретроспективою даного виду вимірювальних приладів. Їх можна віднести до розряду тимчасових, оскільки вже нині вони усуваються завдяки швидкому розвитку мікроелектроніки. І чим інтенсивніше розвиватиметься ця наука, тим ефективніше ставатиме використання всього сімейства електронних вимірювальних приладів.

Принцип роботи ЦІН полягає у перетворенні вимірювальної постійної або напруги, що повільно змінюється в електричний код, який відображається на табло у цифровій формі. Відповідно до цих узагальнена структурна схема цифрового індикатора складається з вхідного пристрою (ВХП), аналого-цифрового перетворювача (АЦП) та цифрового індикатора (ЦІ).

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						9
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

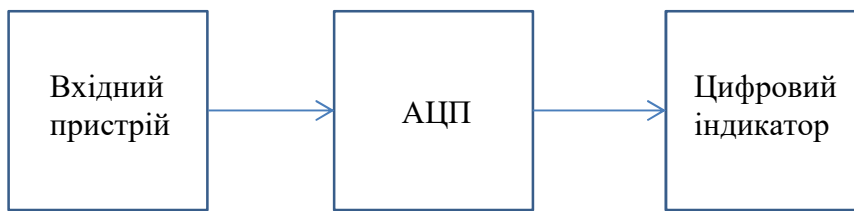


Рис. 1 Узагальнена структурна схема ЦІН

Аналого-цифрові перетворювачі призначені для перетворення аналогових сигналів у відповідних ним цифрові, тобто для перетворення сигналів з безперервною шкалою значень у сигнали, що мають дискретну шкалу значень. На звітному екрані відображається значення вимірюваної величини в цифровій формі.

У вимірювальних індикаторах напруги використовуються, в основному, схеми інтегруючого АЦП, і прилад, що проектується, не є винятком. До складу двотактних інтегруючих АЦП зазвичай входять операційні підсилювачі, компаратор напруги, аналогові ключі, джерело опорної напруги, двійково-десятковий лічильник, регістр дешифратор, генератор тактових імпульсів, вихідні схеми керування. [7]

1.2. Аналог 1

Цифровий індикатор напруги на мікросхемі СА3162Е.

Мікросхема СА3162Е, призначена для створення вимірювача аналогової величини з відображенням результату на трирозрядному цифровому індикаторі. Мікросхема СА3162Е являє собою АЦП з максимальною вхідною напругою 999 mV і логічною схемою, яка видає відомості про результат вимірювання у вигляді трьох двійково-десяткових чотирирозрядних кодів, що по черзі змінюються, на паралельному виході і трьох виходах для опитування розрядів схеми динамічної індикації.

Щоб отримати закінчений прилад, потрібно додати дешифратор для роботи семисегментного індикатору. В цьому пристрої використовується світлодіодна індикація із трьох семисегментних індикаторів із загальними анодами. Індикатори включені за схемою динамічної матриці, тобто всі їх сегментні (катодні) контакти

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						10
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

включені паралельно. А для опитування, тобто послідовного перемикання, використовуються загальні анодні контакти.

На рис. 2 показана схема індикатору напруги, який вимірює напругу від 0 до 2V (0...1,99V). Вимірювана напруга надходить контакти 11-10 (вхід) мікросхеми D1 через дільник на резисторах R1-R3. Конденсатор C3 виключає вплив перешкод на результат вимірювання. Резистором R4 встановлюють показання приладу на нуль, за відсутності вхідної напруги. А резистором R5 виставляють межу вимірювання так, щоб результат вимірювання відповідав реальному, тобто, можна сказати, калібрують прилад.

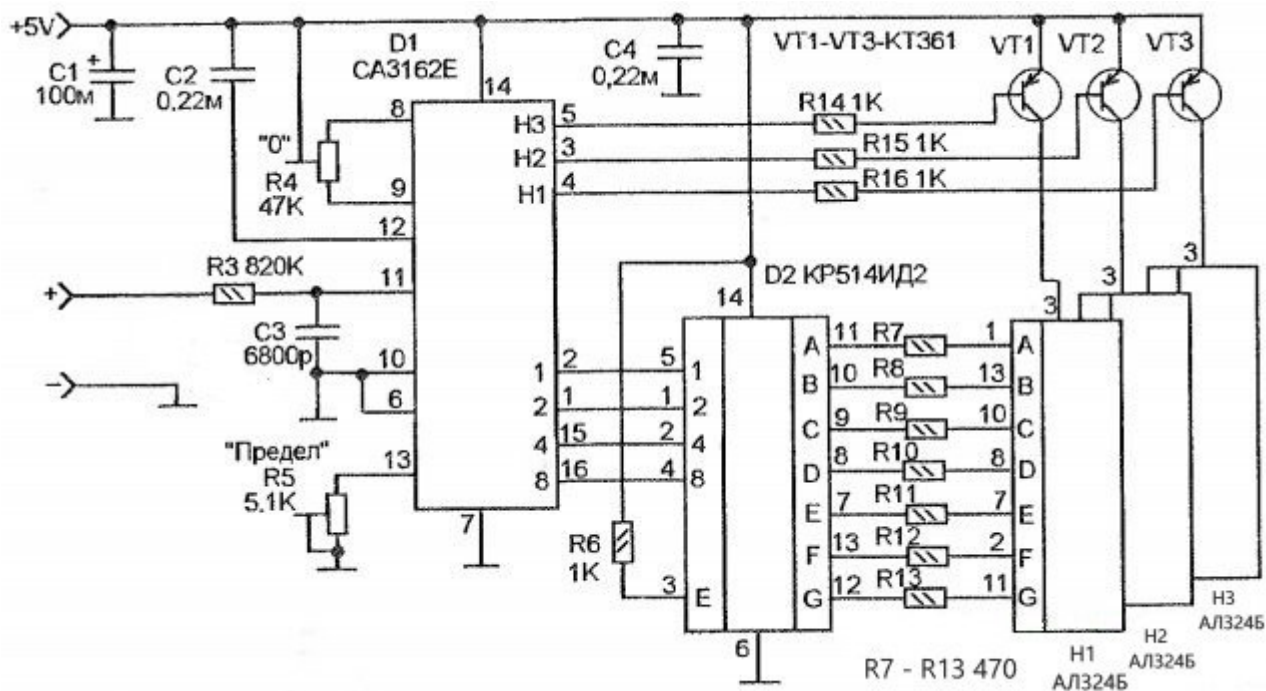


Рис. 2. Цифровий індикатор напруги на мікросхемі CA3162E [8]

Тепер про виходи мікросхеми. Логічна частина CA3162E побудована за логікою ТТЛ. На виходах «1-2-4-8» формується двійково-десятковий код, який періодично змінюється, забезпечуючи послідовну передачу даних про три розряди результату виміру. Якщо використовується дешифратор ТТЛ, як, наприклад, KP514ID2, то його входи безпосередньо підключаються до даних входів D1, Якщо ж буде застосований дешифратор логіки КМОП або МОП, його входи буде необхідно підтягнути до плюсу за допомогою резисторів. Це потрібно буде зробити, наприклад, якщо замість KP514ID2 буде використано дешифратор

Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

K176ID2 або CD4056. Виходи дешифратора D2 через струмообмежувальні резистори R7-R13 підключені до сегментних висновків світлодіодних індикаторів H1-H3. Одноіменні сегментні контакти всіх трьох індикаторів з'єднані разом. Для опитування індикаторів використовуються транзисторні ключі VT1-VT3, на бази яких подаються команди з виходів H1-3 мікросхеми D1. Ці контакти теж зроблено за схемою із відкритим колектором. Активний нуль, тому використовують транзистори структури p-n-p.

Живлення приладу здійснюється постійною, стабілізованою напругою 5В. У джерелі живлення, в яке вони будуть встановлені, необхідно передбачити наявність такої напруги при струмі не нижче 150 мА.

Налагодження пристрою не являє собою нічого складного. Спочатку замкнемо між собою висновки 10 і 11 D1, і крутячи резистор R4 виставимо нульові показання. Далі, прибираємо перемичку, що замикає висновки 11-10 і підключаємо до клем «навантаження» зразковий прилад, наприклад, мультиметр. Регулюючи напругу на виході джерела, резистором R5 калібруємо прилад так, щоб його показання збігалися зі показаннями мультиметра. [8]

1.3. Аналог 2

Високоомний стрілочний індикатор напруги

Аналогове представлення вимірюваної напруги, зазвичай більш наочно у разі її швидкої зміни — не потрібна інтерпретація «більше-менше», але у нього менша точність, ніж при цифровій індикації. Високоомний стрілочний індикатор напруги виготовлено з вхідним опором більше 20 МОм, для порівняння, дешеві цифрові мультиметри зазвичай мають вхідний опір в режимі вимірювання напруги всього 1 МОм або 10 МОм, а магнітоелектричний ТЛ-4М всього близько 300 кОм на діапазон струму. Число діапазонів для індикатора було обрано рівним чотирма, за кількістю положень наявного компактного галетного перемикача. Живиться прилад від мережі змінного струму, що унеможливорює періодичну необхідність заміни батарей.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		12

Принципова схема високоомного стрілкового індикатору напруги показана на рис. 3:

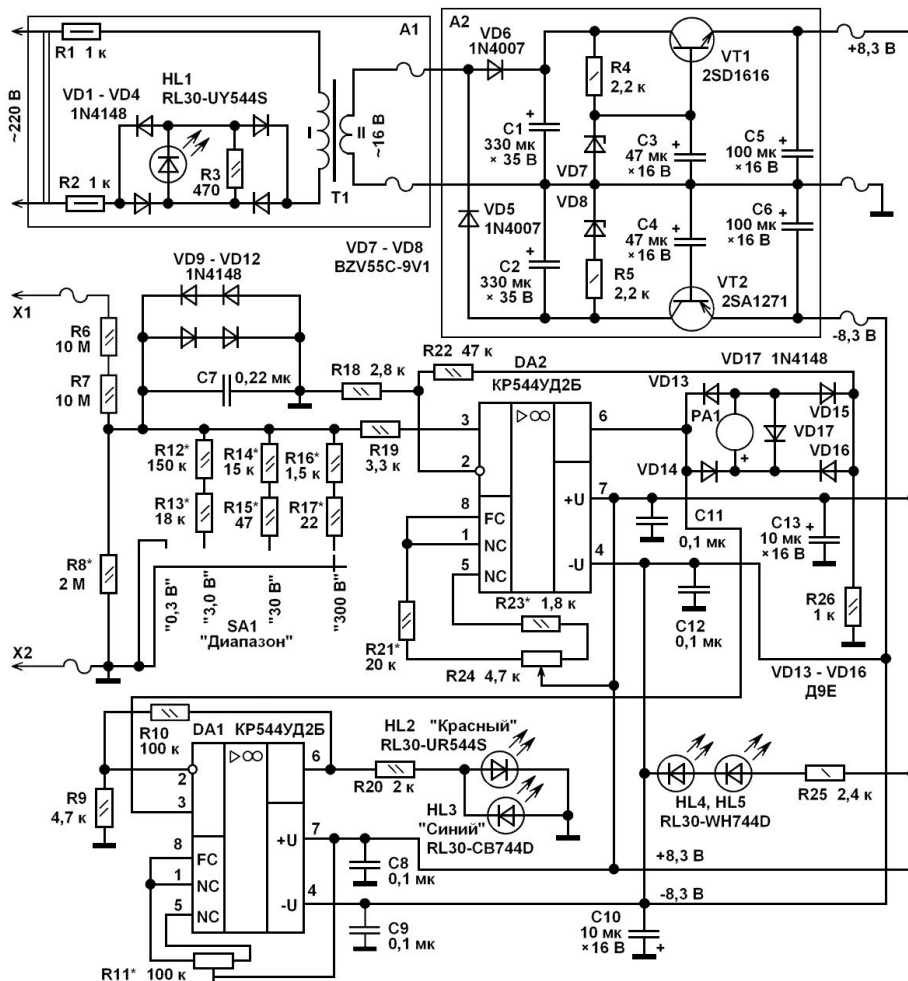


Рис. 3. Високоомний стрілочний індикатор напруги [15]

Вимірювана напруга постійного струму надходить на неінвертуючий вхід, операційного підсилювача DA2 через послідовно включені високоомні резистори R6, R7, які спільно з резистором R8 утворюють дільник вхідної напруги. У випадку, коли перемикач діапазонів SA1 знаходиться в лівому за схемою положенні, індикатор буде вимірювати напругу до 0,3 В. В інших положеннях перемикача SA1 до загальної шини буде підключено один з ланцюжків резисторів R12R13, R14R15 або R16R17, відповідно, положення SA вибрано діапазон вимірювань 0,3, 3,0, 30 або 300 Вольт. Коефіцієнт посилення DA2 по напрузі залежить від співвідношення опорів резисторів R22/R18, обраний близько 16, що необхідно для роботи мікроамперметра PA1 з відносно низькою чутливістю. Мікроамперметр включений у діагональ випрямного мосту VD13 - VD16. Діод VD17 знижує величину навантаження PA1. Конденсатор C7 зменшує

чутливість приладу до наведень напруги змінного струму. Діоди VD8 - VD12 захищають DA2 від пошкодження високою вхідною напругою.

При налаштуванні цього високоомного стрілкового індикатору напруги було виявлено, що температура захисних діодів VD8 - VD12 впливає на показання PA1, тому було встановлено чотири захисні діоди. Резистор R26 обмежує струм через мікроамперметр, діоди випрямного мосту та вихід DA2. Змінним резистором R24 при замкнених між собою щупах X1, X2 встановлюють стрілку PA1 на нульове розподіл шкали.

На операційному підсилювачі DA1 зібраний індикатор полярності напруги, що вимірюється. Якщо на щупі X1 плюс, то світить червоний світлодіод HL2. Якщо на X1 мінус, то світить синій HL3. Підстроювальним резистором R11 при замкнених щупах X1, X2 і встановленої на нуль стрілки PA1 встановлюють мінімально можливу напругу на виході DA1, контакт 6. Максимальна напруга на щупах X1, X2 не повинна перевищувати 1000 В, інакше можливі пробої резисторів дільника напруги та іскрові пробої між контактами монтажу.

Мікросхеми DA1, DA2 живляться двополярною напругою +/- 8,3 В від параметричних стабілізаторів напруг позитивної і негативної полярності, зібраних на транзисторах VT1, VT2 і елементах їх обв'язки. Модуль стабілізаторів напруги виготовлений на окремій платі, на принциповій схемі позначений як A2. На стабілізатори напруг надходить напруга змінного струму близько 16 В від мережевого адаптера, позначеного як модуль A1. Резистори R1, R2 зменшують ймовірність пошкодження понижуючого трансформатора T1 і знижують струм холостого ходу. Світлодіод HL1 світить при включенні адаптера до мережі змінного струму 220 В. Світлодіоди HL4, HL5 підсвічують шкалу мікроамперметра.

Більшість деталей високоомного стрілкового індикатору напруги встановлено на монтажній платі розмірами 79×35 мм. Монтаж двосторонній навісний. Деталі стабілізатора напруги встановлені на монтажній платі розмірами 73×32 мм. Прилад поміщений у пластмасовий корпус розміром 85×85×42 мм. Корпус зсередини частково обклеєний липкою алюмінієвою фольгою, електрично з'єднаною із загальним дротом, точка підключення - резистор R8, до

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						14
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

якого також підключений щуп Х2. Як мережний адаптер застосовано джерело живлення для телевізійного антенного підсилювача. Галетний перемикач малогабаритний імпортований, кабель, що йде до нього, повинен бути екранований. Мікроамперметр застосований типу М4167. Слід враховувати, що шкала із таким мікроамперметром буде нелінійною. Нульова поділка шкали має бути в місці знаходження стрілки при знеструмленій котушці. Максимальний поділ шкали повинен бути у правій частині, не доходячи близько 5-10 градусів до обмежувача ходу рухомої стрілки. Для налаштування виготовленого високоомного стрілкового індикатору напруги щупи Х1, Х2 з'єднують разом. Після цього, підбором опорів резисторів R21, R23 домагаються того, щоб при переміщенні повзунка змінного резистора R24 з кінця в кінець, стрілка РА1 переміщалася від нульової поділки шкали до її середини в обох крайніх положеннях R24. Встановивши стрілку РА1 на нульову поділку шкали, підбором опору резистора R8 настроюють роботу приладу на діапазоні 0,3 В. Потім виготовляють робочу копію шкали РА1. Після збирання мікроамперметра підбором резисторів R12 - R17 настроюють роботу індикатору на інших діапазонах. При налаштуванні приладу напруга, що вимірюється, не повинна містити змінної складової. Якщо буде застосований більш чутливий мікроамперметр, посилення DA2 можна зменшити, встановивши резистор R18 більшого опору. [15]

1.4. Аналог 3

Цифровий термометр

До побутових термометрів зазвичай пред'являють такі вимоги, як точність вимірювання - не гірше $0,5^{\circ}\text{C}$ в інтервалі температури від -50 до $+100^{\circ}\text{C}$ - (при вимірюванні температури тіла людини - не гірше $0,1 \dots 0,2^{\circ}\text{C}$), малогабаритність, економічність, автономність харчування, мала теплова інерційність та гігієнічна нешкідливість.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						15
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Структурна схема:

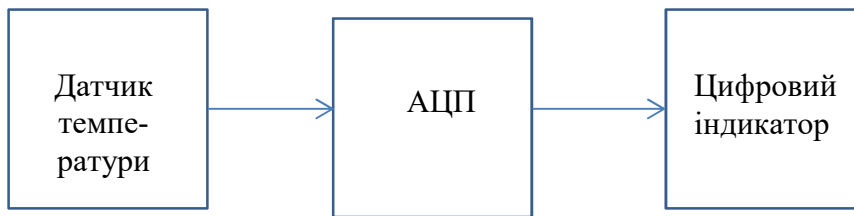


Рис. 4 Структурна схема цифрового термометра

За допомогою датчика знімається рівень напруги, відповідний певної температурі навколишнього середовища, потім за допомогою аналого-цифрового перетворювача напруга аналогового сигналу перетворюється на цифрову форму для подальшого відображення рівня сигналу цифровим індикатором.

Принципова схема:

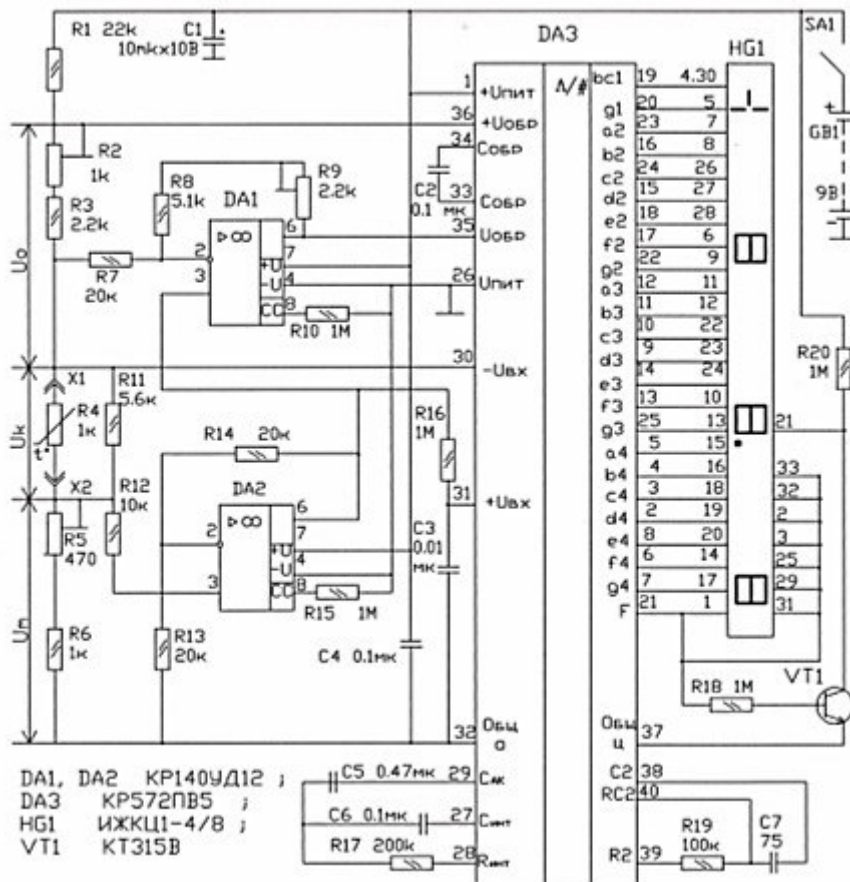


Рис. 5 Принципова схема цифрового термометра [16]

Принципова схема термометра зображено на рис. 5. Чутливим елементом приладу служить температурний датчик, принцип дії якого заснований на властивості деяких матеріалів, змінювати свій електричний опір при зміні

Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

температури. Датчики температури можуть бути різними. У промисловості, наприклад, часто використовують масивні металеві (мідні або платинові) термоперетворювачі. Для побутових приладів найбільш підходять напівпровідникові малогабаритні терморезистори ММТ, КМТ, СТ1, СТ3, ТР-4, ММТ-4, які порівняно з металевими перетворювачами значно менш теплоінерційні, мають майже в десять разів більший температурний коефіцієнт опору (ТКС), більший електричний опір, що дозволяє повністю знехтувати опором проводів, які з'єднують датчик із приладом. Найкращими характеристиками має мініатюрний краплеподібний форми засклений терморезистор ТР-4 зі зменшеним ТКС. Він має розміри 6X4X2, 5 мм; гнучкі висновки довжиною 80 мм виготовлені із дроту із низькою теплопровідністю. Його маса - 0,3 г. Основні електричні характеристики терморезистора ТР-4: номінальний опір - $1\text{ кОм} \pm 2\%$ за температури $+25\text{ }^\circ\text{C}$, ТКС - приблизно $2\text{ } \%/^\circ\text{C}$, робочий температурний інтервал $-60\dots+200\text{ }^\circ\text{C}$, постійна часу - 3с. Недолік напівпровідникових терморезисторів - нелінійність залежності опору від температури та значний розкид характеристик, що є основною причиною, що стримує їхнє широке застосування для вимірювання температури.

Основа приладу - інтегруючий аналого-цифровий перетворювач (АЦП) DA3, до виходу якого підключений чотирирозрядний рідкокристалічний індикатор HG1. Така елементна база дозволила знизити енергоспоживання та забезпечити прилад малими габаритами та масою. Вимірювальний ланцюг приладу утворюють струмозадаючий резистор R_1 , резистори R_2 і R_3 , що формують зразкову напругу $U_{зр}$, терморезистор R_4 , напруга U_T , на якому змінюється в залежності від температури, і резистор, що компенсує, функцію якого виконують резистори R_5 , R_6 . Для зменшення похибки від самопрогрівання терморезистора номінал струмозадаючого резистора R_1 обраний таким, щоб струм вимірювального ланцюга дорівнював приблизно 0,1 мА. R_4 і зразковий резистор (R_2+R_3) включені послідовно і через них протікає однаковий струм. Падіння напруги, що виникає на терморезисторі, надходить на вхідні висновки 30 і 31, а падіння напруги на зразковому резисторі, що виконує функцію джерела зразкової напруги $U_{обр}$ -на висновки 35 і 36 АЦП DA3. При такому способі вимірювання

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						17
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

результат перетворення АЦП не залежить від струму у вимірювальному ланцюгу, а значить, відпадає потреба у традиційно застосовуваних високоякісних джерелах струму та зразкового напруження, від яких багато в чому залежать точнісні характеристики вимірювача.

Для приладу, що працює в режимі вимірювання температури, є типовою задачею компенсації початкового значення термоопору при нульовій температурі. Для цього опір компенсаційного резистора (R_5+R_6) вибирають рівним опору терморезистора R_4 при нульовій температурі, а щоб компенсувати суму значень напруги U_T+U_K , що надходить на висновок 30 АЦП, на його висновок 31 подають напругу, що дорівнює $2 U_K$, яке формує DA2 з коефіцієнтом посилення $K=(1+R_{14}/R_{13})=2$. Тоді з урахуванням того, що з підвищенням температури опір терморезистора зменшується, маємо $U_{вх\ ацп} = U_{вх} + U_{вх} = 2U_K - (U_T+U_K) = U_K - U_T$. Лінеаризацію нелінійної залежності термоопору від температури реалізують шунтуванням терморезистора R_4 резистором R_{11} - частково, а точно-введенням у пристрій ОУ DA1. Але шунтуючий резистор R_{11} лише частково спрямовує цю нелінійність, дещо розширюючи робочий температурний інтервал. Принцип точної лінеаризації ґрунтується на зміні коефіцієнта перетворення АЦП залежно від зразкової напруги $U_{зр}$. Вона змінюється завдяки зворотному зв'язку через DA1. При такому зв'язку частина вхідної напруги $U_{вх}$, що визначається коефіцієнтом посилення ОУ DA1 $B=[1+(R_8+R_9)/R_7]$ додається до напруги $U_{зр}$. Чим більше збільшується опір терморезистора при зниженні температури, тим швидше зростає зразкова напруга, а це призводить до пропорційного зменшення коефіцієнта перетворення АЦП. Якщо прийняти ціну поділу молодшого розряду, що дорівнює $0,1^\circ\text{C}$, то в кінцевому вигляді показання цифрового індикатора HG1 визначиться виразом:

$$N = 100 \cdot \frac{U_{вх}}{U_{обр}} = \frac{100 \cdot (U_K - U_T)}{U_0 - \beta(U_K - U_T)} = \frac{100(R_5 + R_6 - R_4)}{(R_2 + R_3) - \beta(R_5 + R_6 - R_4)} \quad (1.1)$$

Інші елементи термометра, що забезпечують роботу АЦП, є типовими. Транзистор VT1, увімкнений інвертором, служить для індикації в цифровому індикаторі HG1 знака десяткової точки. Деталі приладу змонтовані на друкованій

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						18
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

платі із фольгованого склотекстоліту товщиною 1,5 мм (рис. 3). Мікросхема DA3 змонтована із боку друкованих провідників. Гнізда X1, X2 (від роз'єму 2PM) припаяні безпосередньо до друкованих майданчиків плати. Для кріплення перемикача SA1 також передбачено друкарські майданчики. Постійні резистори - C2-29B, підстроювальні - СПЗ-38а. Конденсатори: C1 – K50-6, C3 та C7 – K22У, C5 – K73-17, C2 та C6 – K73-24. Перемикач SA1 – ПД9-2, батарея живлення GB1 – "Корунд". Індикатор ІЖКЦ1-4/8 можна замінити на ІЖЦ-5. [16]

1.5. Аналог 4

Термогігрометр-вимірювач CO2 AZ-7727

AZ-7727 – компактний пристрій для безперебійного контролю основних параметрів мікроклімату в установах, офісах, кімнатах, ТЦ, школах, конференц-залах, складських закладах та в будь-яких приміщеннях (концентрація вуглекислого газу (CO2) в повітрі, температура, відносна вологість) та оцінки якості повітря.

Зовнішній вигляд монітору AZ-7722 приведений на рис. 6.



Рис. 6. Термогігрометр-вимірювач CO2 AZ-7727 [1]

Прилад містить сенсорну панель для швидкого та інтуїтивно зрозумілого керування, недисперсійний інфрачервоний датчик (NDIR) з високою точністю вимірювання для визначення показників CO2, рідкокристалічний дисплей для одночасного відображення значення вологості, температури, концентрації

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						19
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

вуглекислого газу в повітрі, часу та звукову сигналізацією для забезпечення належного рівня комфорту та своєчасного реагування на зміни параметрів мікроклімату в приміщенні.

Дисплей має підсвічування трьома кольорами для індикації стану якості повітря в приміщенні (з хорошим (зеленим), нормальним (жовтим), поганим (червоним) індикатором), спеціальний нічний режим, щоб зменшити підсвічування в нічний час та 7-кольорове підсвічування, яке можна використовувати створення власного стилю в домі чи офісі.

Сучасний, комфортний дизайн, невеликі габарити та універсальні кріплення для розміщення на стіні або столі дозволяють приладу органічно вписуватись в будь-який інтер'єр. [1]

Таблиця 1.1.

Технічні характеристики термогігрометра-вимірювача CO₂ AZ-7727:

Модель	7727
Діапазон вимірювання CO ₂	200 ~ 5000 ppm
Роздільна здатність при вимірюванні CO ₂	1 ppm
Точність при вимірюванні CO ₂	±50 ppm або ±5 % від показання (200~3000 ppm), інший діапазон становить ±10 % від показання
Час відгуку при вимірюванні CO ₂	<2 хвилини (зміна кроку 63 %)
Діапазон вимірювання температури повітря	0.0 ~ 50.0 °C (32 ~ 122 °F)
Роздільна здатність при вимірюванні температури повітря	0.1 °C/°F
Точність при вимірюванні температури повітря	±0,6 °C/±0,9 °F
Час відгуку при вимірюванні температури повітря	<2 хв (зміна кроку 90 %)
Діапазон вимірювання вологості повітря	5 ~ 95 % RH

Роздільна здатність при вимірюванні вологості повітря	1 % RH
Точність при вимірюванні вологості повітря	±5 % RH (при 25 °С, 10 ~ 90 %RH) ±7 % RH (при 25 °С, інший діапазон)
Час розігріву	10 секунд
Час відгуку при вимірюванні вологості повітря	< 20 хв (зміна кроку 90 %)
Температура та вологість повітря при експлуатації приладу	0 ~ 50 °С, 0 ~ 95 % RH (уникати конденсації)
Температура та вологість повітря при зберіганні приладу	-20 ~ 50 °С, 0 ~ 95 % RH (уникати конденсації)
Джерело живлення	Порт USB типу С або 5 В постійного струму
Споживання енергії	< 500 мА
Звукова сигналізація	~70 дБ на відстані 10 см
Габарити пристрою	108 x 67 x 30 мм
Розміри дисплея	60 x 37.5 мм
Вага пристрою	90 г

1.5. Аналог 5

Цифровий термометр-терморегулятор на мікросхемі К572ПВ2

Прилад складається з двох основних функціональних вузлів: електронного терморегулятора та цифрового вимірювача. Керуючі сигнали в терморегуляторі формуються на основі порівняння напруги, що отримується від термопари (ТП), з опорною напругою.

Основні технічні характеристики приладу:

- діапазон контрольованих температур від 0 до 200 або до 1200 ° С залежно від датчика;

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						21
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

- похибка термометра трохи більше 1,5% від верхньої межі виміру;
- максимальна точність підтримання температури 0,05°C;
- максимальна частота комутації навантаження 12,5 Гц;
- струм навантаження до 0,1А (при використанні додаткового симісторного ключа до 80 А при напрузі ~220 В);
- габаритні розміри 120x75x160 мм.

Слід враховувати, що система з використанням термопари є диференціальною. Тобто напруга на її виході пропорційна різниці температур між спаяними і вільними кінцями термопари. Тому якщо при високих контрольованих температурах вплив коливань температури навколишнього середовища на вихідну напругу термопари незначний, і його можна не враховувати, то для контрольованих температур менше 200°C необхідно застосовувати додаткові заходи щодо компенсації зміни температури вільних кінців термопари.

Змінна напруга 24 В з частотою мережі (f), що знімається з вторинної обмотки трансформатора Т1, через обмежуючий резистор R21 надходить на транзисторний оптрон U1, на контакті 5 якого утворюються синхронізуючі імпульси, фронт яких за часом практично збігається з моментами переходу мережевої напруги через 0. Далі ці імпульси надходять на цифрову частину приладу, яка на основі сигналів, що приходять з аналогової частини, формує відповідні керуючі сигнали.

Принципова схема

Аналогова частина приладу реалізована на чотирьох операційних підсилювачах мікросхеми К1401УД2. Напруга, що знімається з термопари, посилюється операційним підсилювачем DA1.1 і надходить на входи операційних підсилювачів DA1.2...DA1.4, що виконують роль компараторів. Опорна напруга, що визначає пороги їх перемикавання, задаються резисторами R8, R9, R11, R12, R14-R16.

Завдяки відсутності зворотних зв'язків в операційних підсилювачах (DA 1.2-DA 1.4) та великому коефіцієнту їх посилення досягнуто дуже високої чутливості приладу.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						22
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Резистор R12 служить для встановлення верхнього температурного порогу, при якому навантаження відключається, а резистор R9 призначений для визначення різниці температури (Dt) між верхнім і нижнім порогами перемикачання терморегулятора. Якщо регулювання Dt не потрібне, для забезпечення максимальної точності підтримки температури замість резистора R9 рекомендується встановити перемичку, резистор R8 можна виключити зі схеми.

Ланцюги на елементах VD1-VD3, C1-C3, R10 R13, R17 служать для запобігання проходження негативної напруги на входи цифрових мікросхем та усунення перешкод. Синхронізація тригерів DD1.2, DD2.1, DD2.2 здійснюється імпульсами, що формуються лічильником DD3. Логіку формування управляючих сигналів у пристрої пояснює таблиця.

У режимі роботи, коли температура на об'єкті відповідає заданій, індикатор HL2 повинен бути постійно включений, а індикатори HL1, HL3 вимкнені. Про відхилення температури сигналізує включення індикаторів HL1, HL3. Для підвищення наочності вони працюють у миготливому режимі.

Необхідні управління цими індикаторами імпульси формуються на виходах 5 і 12 лічильника dD3. З виведення 9 тригера DD1.2 через емітерний повторювач на транзисторі VT1 сигнал йде на ланцюгу індикації та управління навантаженням. Примусове відключення навантаження здійснюється вимикачем SA1, що розмикає ці ланцюги.

Для управління навантаженням використовується диністорний оптрон U2, включений до діагоналі мосту VD2. Максимальний струм, що комутується, в такому варіанті становить 0,1 А. Встановивши додатково семистор VS1 і відповідно змінивши схему включення навантаження, цей струм можна збільшити до 80 А.

Функції вимірювання температури, а також відображення її значення реалізовані на основі мікросхеми K572ПВ2 (аналог ILC7107). Вибір цього АЦП обумовлений можливістю безпосереднього підключення світлодіодних знакосинтезуючих індикаторів. При використанні РК можна застосувати K572ПВ5.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						23
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

максимальній. Для усунення взаємного впливу опорів резисторів таке регулювання слід повторити кілька разів.

Правильно зібраний прилад подальшого налаштування не потребує, необхідно лише встановити резистором R9 необхідне значення Dt, а резистором R15 - допустиму межу перевищення температури до включення аварійної сигналізації.

Як датчик температури можна використовувати напівпровідниковий діод. Основними перевагами останнього є низька вартість і набагато менша інерційність порівняно з інтегральним датчиком, точність вимірів досягає 0,2 ° С в діапазоні температур від -50 до +125 ° С.

Живлення низьковольтної частини пристрою здійснюється від двополярного стабілізатора напругою ± 5 , зібраного на елементах DA2-DA3, C4-C9. Для управління оптроном U1 використовується напруга +12 В. Забороняється увімкнення приладу без заземлення. Прилад має високу запобіжну захищеність, що допускає значну протяжність лінії, що з'єднує його з датчиком.

Однак для забезпечення надійної роботи приладу не слід прокладати її поблизу силових проводів, що несуть високочастотні та імпульсні струми.

Прилад забезпечує високу чутливість і стійкість до перешкод, легку зміну режимів роботи. Він є надійним та безпечним у роботі завдяки гальванічній розв'язці по ланцюгах живлення та управління. Оптронна система синхронізації із частотою мережі мінімізує комутаційні перешкоди.

Пристрій можна використовувати для автономного контролю температури в овочесховищах та теплицях, сушильних шафах та електropечах, а також у медичній сфері.

Автор: В. Е. Тушнов, м. Луганск. Україна. [2]

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						25
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2. Проектно-конструкторський розділ

2.1. Синтез електричної структурної та функціональної схеми цифрового індикатору напруги

Провівши огляд різних схем аналогів приладу та проаналізувавши їх, синтезуємо структурну схему пристрою, що проектується. Структурна схема приладу цифрового індикатору напруги з можливістю підключення додаткових датчиків (модулів) приведена в додатку А та складається з таких компонентів:

- Датчик температури;
- Датчик вологості
- Датчик якості повітря;
- АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
- Лічильник;
- Дешифратор;
- Світлодіодний індикатор;

Відомі такі методи побудови АЦП: паралельний і паралельно модифікований, ваговий та числовий [3].

АЦ перетворення, що здійснюється за числовим методом, вимагає незначних апаратних затрат. При цьому використовуються прості засоби і досягається висока точність, хоча, час перетворення виявляється значно більшим, чим при інших методах. Як правило, він складає 1 – 100 мс. Для нашого випадку цього достатньо, так як процеси, що контролюються змінюються відносно повільно. Найважливіші варіанти числового методу: компенсаційний; пилкоподібної напруги та подвійного інтегрування. Серед них найпростішим являється другий варіант, в якому використовується лінійно наростаюча напруга (ЛНН), а принцип його роботи базується на представленні вхідної напруги пропорційним їй часом інтегрування. Для цього використовується генератор ЛНН і компаратор. Поки ЛНН росте від 0 до значення вхідної напруги $U_{вх}$, що вимірюється, то на виході компаратора зберігається, наприклад, логічний 0, а для визначення часового проміжку в якому наростаюча напруга досягає вхідної,

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						26
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

підраховується число коливань тактового генератора (ТГ). Якщо перед початком вимірів перевести лічильник в стан «0», то при перевищенні порога компаратора в лічильник буде записаний код:

$$Z = \frac{\Delta t}{T} \quad (2.1), \text{ де } \Delta t - \text{ часовий проміжок за який ЛНН виросла з } 0 \text{ до } U_{\text{вх}}, \text{ а}$$

T – період коливань тактового генератора.

Після кожного виміру лічильник і генератор ЛНН скидаються в 0, чого достатньо для вимірів позитивних напруг, які подаються на вхід з датчків. Щоб забезпечити постійну видачу даних, попередній числовий результат необхідно запам'ятати, поки формується новий.

На основі цього побудуємо функціональну схему пристрою, яка зображена на рисунку 8.

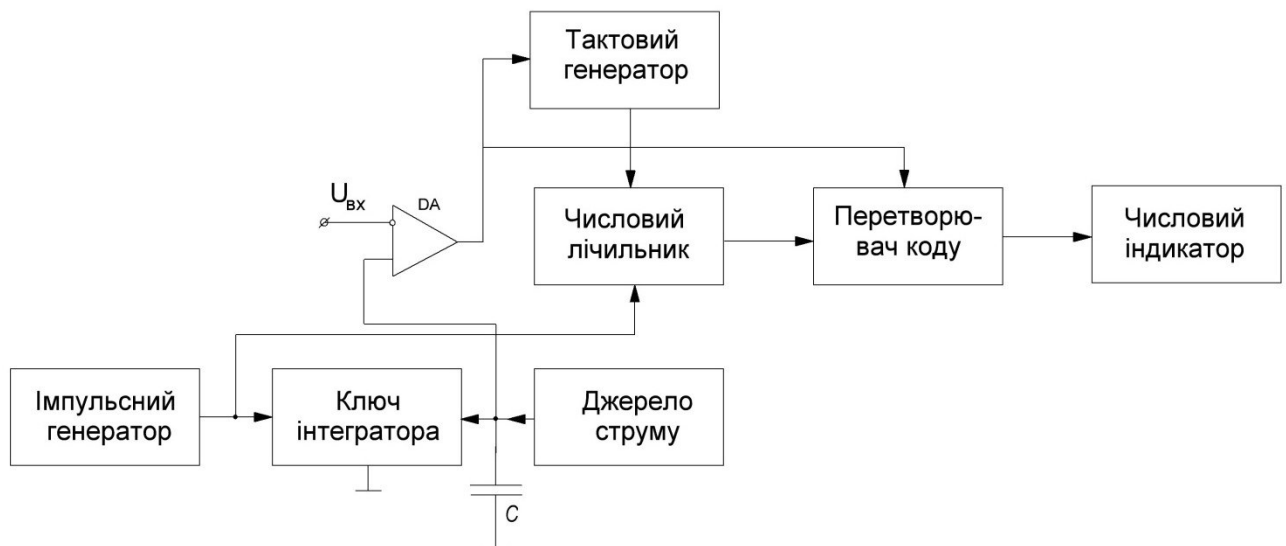


Рис. 8. Функціональна схема пристрою

Генератор ЛНН складається з інтегратора, який управляється імпульсним генератором. Інтегратор побудуємо за допомогою конденсатора C , що періодично заряджається джерелом струму і розряджається ключем. Лінійно наростаюча напруга з конденсатора C подається на компаратор DA , де порівнюється з вхідною напругою $U_{\text{вх}}$. Вихідний сигнал компаратора керує тактовим генератором, імпульси якого подаються на числовий лічильник. На виході числового лічильника отримуємо код Z , який відповідає значенню вимірюваної напруги.

Для відображення інформації на числовому індикаторі в десятковій формі застосуємо перетворювач коду.

Для індикації температури, відносної вологості та концентрації CO₂ в повітрі, достатньо ста одиниць числового індикатора.

2.2. Розробка електричної принципової схеми цифрового індикатору напруги

В додатку Б зображено принципову схему цифрового індикатору напруги.

На принциповій схемі датчик температури позначено, як модуль M1. Мікросхему датчика температури оберемо під назвою LM35DZ. Цей датчик повною мірою дозволяє виконати поставлені завдання стосовно вимірювання температури. Аналоговий датчик LM35DZ призначений для вимірювання температури в діапазоні від 0 до + 100 ° С. Хороша лінійність, економічність, швидкодія та точність перетворення дозволяють використовувати його як гідну альтернативу цифровим датчикам температури.

Характеристики датчик LM35DZ:

- можливість калібрування в градусах Цельсія;
- лінійний аналоговий вихід з кроком зміни напруги + 10.0 mV / °С;
- робочий діапазон вимірювань температур від 0 до +100 °С;
- робочий діапазон напруг від 4 до 30 Вольт;
- струм менше 60 мкА;
- низький саморозігрів 0.08 °С.

Наступний датчик — відносної вологості позначимо як модуль M2. Мікросхему датчика відносної вологості оберемо під назвою НН-4000-001. Цей датчик являє собою оброблений лазером термореактивний полімерний ємнісний елемент, з аналоговим виходом (напруга на виході). Його основні особливості:

- лінійний аналоговий вихід з кроком 31 мВ на 1 % RH;
- низька споживана потужність;
- робочий діапазон вимірювань відносної вологості від 1 до 99 % RH;
- швидкий час відповіді.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						28
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Третій датчик — датчик концентрації CO₂, який позначений, як МЗ. Модуль датчика концентрації CO₂ оберемо під назвою МН-Z14А. Цей датчик являється оптичним, а саме недисперсним інфрачервоним (NDIR) датчиком вуглекислого газу з наступними характеристиками:

- напруга живлення 5 В;
- струм живлення 40 мА;
- діапазон вимірювань від 0 до 10000 ppm;
- діапазон робочих температур від -10 до +500С;
- діапазон робочої вологості від 0 до 90%.

Маштабний підсилювач побудуємо на основі операційного підсилювача МС33172DT. Його основні характеристики:

- вид монтажу: smd;
- мінімальна робоча температура: - 40 °с;
- максимальна робоча температура: +105 с;
- напруга зведеного живлення: +/- 3 v, +/- 5 v, +/- 9 v;

Для двополярного живлення застосуємо мікросхему TPS65133 з такими основними характеристиками:

- діапазон вхідної напруги від 2,9 В до 5,0;
- стабілізована позитивна вихідна напруга 5,0 В (VPOS);
- стабілізована негативна вихідна напруга - 5,0 В (VNEG);
- високий ККД, близько 90%.

Далі сигнал з певного модуля поступає на вхід аналогово-цифрового перетворювача АЦП. Принцип роботи АЦП заснований на вимірі часу зарядки конденсатора С1 до напруги, яка дорівнює вхідній напрузі, і подальшому його перетворенню у цифрову форму.

Пропорційність вимірюваних часу і напруги забезпечується стабілізацією струму зарядки. Для стабілізації струму зарядки С1 конденсатора застосуємо стабілізатор на польовому транзисторі VT2 КП103І.

Роботою АЦП управляє генератор прямокутних імпульсів елементах DD1.3. DD1.4. Коли на виході генератора з'являється логічний 0, транзистор VT3

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						29
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

закривається, але в входах V лічильників DD2 DD3 діє логічний 0, дозволяючи рахунок імпульсів з генератора на DD1.1, DD1.2. Конденсатор $C1$ заряджається від генератора струму на транзисторі VT2. Коли зростання напруги на конденсаторі зрівняється з вхідною, на виході 9 компаратора DA1 з'явиться високий логічний рівень. Транзистор VT1 інвертує його, тому робота генератора на елементах DD1.1 та DD1.2 блокується. Одночасно з цим на входах з DD4, DD5 діє логічна 1, що дозволяє запис інформації з лічильників DD2, DD3. Зафіксоване число відображається на світлодіодних індикаторах HG1. HG2.

Як тільки на виході генератора на елементах DD1.3, DD1.4 з'явиться логічна 1, відкривається транзистор VT3 і конденсатор $C1$ розряджається. Компаратор DA1 змінює свій стан і блокує запис у перетворювачі коду (дешифратори) DD4, DD5. Через невеликий проміжок часу, що визначається ланцюгом R8C4, логічна 1 подається на входи V лічильників DD2, DD3, записуючи в них логічний 0. Після цього цикл із вимірювання повторюється.

Якщо на вході пристрою напруга дорівнює нулю, то на виході компаратора DA1 є високий логічний рівень, що дозволяє запис DD4, DD5 та блокуючий генератор на DD1.1. DD1.2. При цьому в лічильники DD2, DD3 записуються нулі, що відображаються індикаторами.

В якості лічильника вибираємо мікросхему K561IE14 (рис. 9). Мікросхема K561IE14 - чотирирозрядний реверсний лічильник. Він може працювати як двійковий і як десятковий дільник. Внутрішня структура лічильника для збільшення швидкодії забезпечена схемою прискореного перенесення. Лічильник має чотири роздільні виходи Q0-03 і вихід перенесення $C_{вих}$.

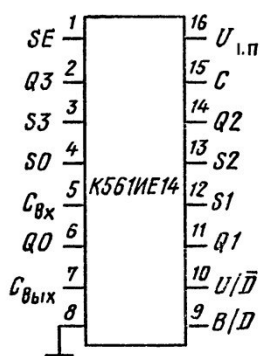


Рис. 9. Мікросхема K561IE14

Вхід тактових імпульсів C єдиний для рахунку на збільшення та зменшення. Забороняється рахунок, тобто, дія тактових імпульсів, за допомогою високого рівня на вході перенесення $C_{вих}$. За допомогою входу дозволу попереднього запису SE (коли на ньому присутня напруга високого рівня) можна записати в рахунок початковий код, скориставшись входами S0 - S3. Якщо на ці виводи подані напруги низьких рівнів, то відповідні ряди отримують нульовий відлік.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						30
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Якщо на входах $C_{вх}$ і SE присутні напруги низьких рівнів, лічильник дає збільшення (зменшення) з вмісту на 1 при кожному позитивному тактовому перепаді. На виході перенесення $C_{вх}$ нормальна напруга високого рівня. Вона перемикається до низького рівня, якщо в режимі «більше» рахунок став максимальним (або мінімальним у режимі «менше»). У цей час на вході $C_{вх}$ сигнал дозволяючий, тобто напруга низького рівня. Якщо вивід $C_{вх}$ не використовується, його треба підключити до нуля. Рахунок буде вестись у двійковому форматі, якщо на вході В/D (Бінарний/Децимальний) є напруга високого рівня. Рахунок буде десятковим, якщо на вхід В/D подано напругу низького рівня. Лічильник збільшує вміст, якщо на вхід U/D (Більше/Менше) подається напруга високого рівня. При нарузі низького рівня на вході U/D рахунок зменшується. При паралельному з'єднанні тактових входів кількох лічильників К561ИЕ14 отримаємо швидкий синхронний рахунок. В асинхронному режимі багатокаскадний лічильник працює повільніше. Максимальна тактова частота для лічильника К561ИЕ14 2 МГц. Час встановлення режимів після їх перемикання — понад 460 нс, тривалість часу імпульсу попереднього запису на входах S0 – S3 не менше 320 нс. [12]

Мікросхема К176ИД2 призначена для керування 7-сегментним світлодіодним індикатором. Дешифратор К176ИД2 приймає чотирирозрядний код D3...D0 від 0000 до 1001 — «дев'ять». Більш старші комбінації не відображаються. Якщо на вхід S подати «1», мікросхема транслює вхідний код на індикатор. При S = 0 сигнал засувається, і залишається на індикаторі. Входи Dn сигнал не приймають. Напруга живлення складає від 3 до 15 В, час затримки розповсюдження — 850 нс. [14]

У пристрої використані постійні резистори МЛТ-0.125, конденсатори С2-С4 можуть бути будь-які керамічні. Підстроювальний резистор RS - СП5-2 або інший багатооборотний; конденсатори С1 і С3 - керамічні з малим ТКЕ, як С1 можна також встановити К73-17. Світлодіодні індикатори НГ1, НГ2 можна замінити на АЛС324Б (із загальним анодом), підключивши входи S перетворювачів коду та загальні електроди індикаторів до загального проводу. Мікросхеми DD4, DD5 можна замінити на К176ИД3. Транзистори VT1 - VT3 любі із серії КТ315.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						31
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Налагодження зібраного приладу починають з установки струму зарядки конденсатора С1. Для цього включають мікроамперметр в розрив між стоком транзистору VT2 і точкою з'єднання конденсатора С1 з колектором VT3 і підбором резистора R1 встановлюють струм близько 20 мкА. Після цього подають на вхід пристрою напругу, відповідну верхній межі діапазону вимірювань, в нашому випадку 990 мВ і резистором RS встановлюють на індикаторах число 99. Іноді, при нечіткому обнуленні лічильників (коли на індикаторах чергуються нульові та ненульові показання), потрібно підібрати резистор R8.

Для роботи певних елементів приладу потрібна напруга + 5В, тобто менша ніж напруга живлення пристрою + 9В. Виходячи з вище вказаного, для пониження напруги застосуємо простий та доступний лінійний стабілізатор напруги LM7805.

Розробка вузла індикації

У даному випадку для індикації числових значень вимірюваної величини достатньо буде двох числових розрядів. Виберемо два однорозрядні цифро-літерні семисегментні індикатори АЛС324А з висотою цифри 7,5 мм, з наступними характеристиками:

Маса трохи більше 2.5 г.

Кліматичне виконання: УХЛ.

Категорія якості: ВТК.

Виготовляються на основі світлодіодних структур галій-фосфор-миш'як за епітаксійно-дифузійною технологією. Використовуються для роботи у електронній апаратурі загального призначення. Випускаються у пластмасовому корпусі.

2.3. Розрахунок елементів цифрового індикатору напруги

В даному розділі наведемо розрахунки та технічні характеристики елементів принципової схеми приладу, що проектується.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						32
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Основним вузлом АЦП в нашій схемі є інтегратор. Максимальний час інтегрування Δt_m знайдемо з виразу [4]:

$$i = C \frac{\Delta U_m}{\Delta t_m} \quad (2.2), \text{ де}$$

i – струм джерела (попередньо вибираємо 20 мкА),

ΔU_m – максимальний приріст напруги на конденсаторі C (при заданому номіналі напруги живлення 9 В вибираємо 7 В)

C – номінал конденсатора, обираємо 15 нФ .

$$\Delta t_m = C \frac{\Delta U_m}{i} \quad (2.3) \quad \Delta t_m = 15 \cdot 10^{-9} \frac{7}{20 \cdot 10^{-6}} = 5,25 \cdot 10^{-3} \text{ с.}$$

Джерело струму побудовано на польовому транзисторі типу КП103И.

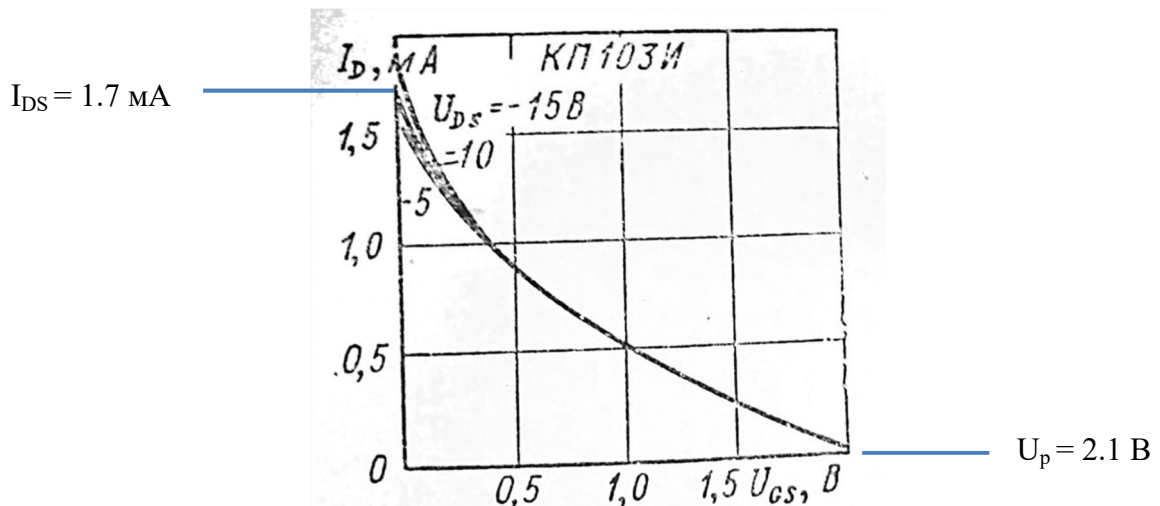


Рис. 10. Характеристика транзистора КП103И.

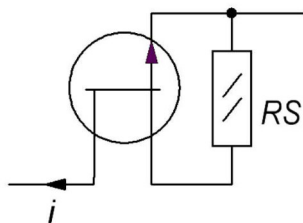


Рис. 11. Вузол джерела струму

Для вибраного номіналу струму $I_D = 20$ мкА визначимо значення опору R_S [4]:

$$R_S = \frac{|U_p| \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{RS}}}\right)}{I_D} \quad (2.4) \quad R_S = \frac{|2,1| \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{20 \cdot 10^{-6}}{1,7 \cdot 10^{-3}}}\right)}{20 \cdot 10^{-6}} = 93,6 \text{ кОм.}$$

Стандартний номінал 91 кОм.

					КБР ЕС-18050032.001. ПЗ	Арк.
						33
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

В якості ключа виберемо транзистор КТ315Б, струм бази I_b якого має забезпечити насичення транзистора VT. Вибираємо значення струму $I_b = 0,4$ мА, що забезпечить насичення транзистора при початковому розрядному струмі конденсатора C не менше 20 мА [4]. Для забезпечення вказаного струму бази величина опору резистора:

$$R = \frac{U_{вх} - U_{бенас}}{I_b} \quad (2.4) \quad R = \frac{9 - 0,24}{0,4 \cdot 10^{-3}} = 20,7 \text{ кОм, де}$$

$$U_{вх} = U^1 \approx U_{п} = 9\text{В,}$$

$U_{бенас}$ – напруга база – емітер транзистора в режимі насичення.

Стандартний номінал $R = 22$ кОм.

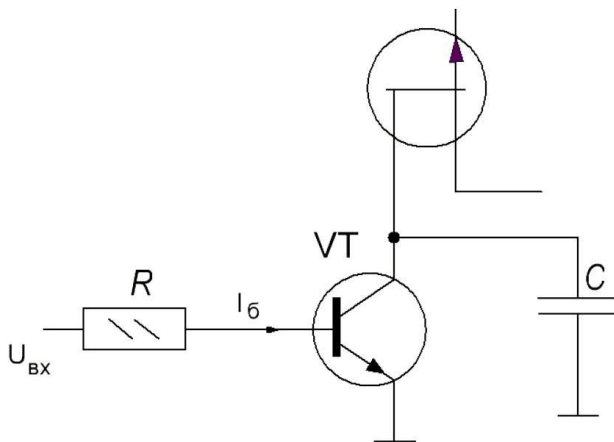


Рис. 12. Ключ інтегратора

Тепер розрахуємо імпульсний генератор. Частоту генератора вибираємо $f = 50$ Гц. Адже при такій частоті биття з наведеними мережевими завадами не проявляється.

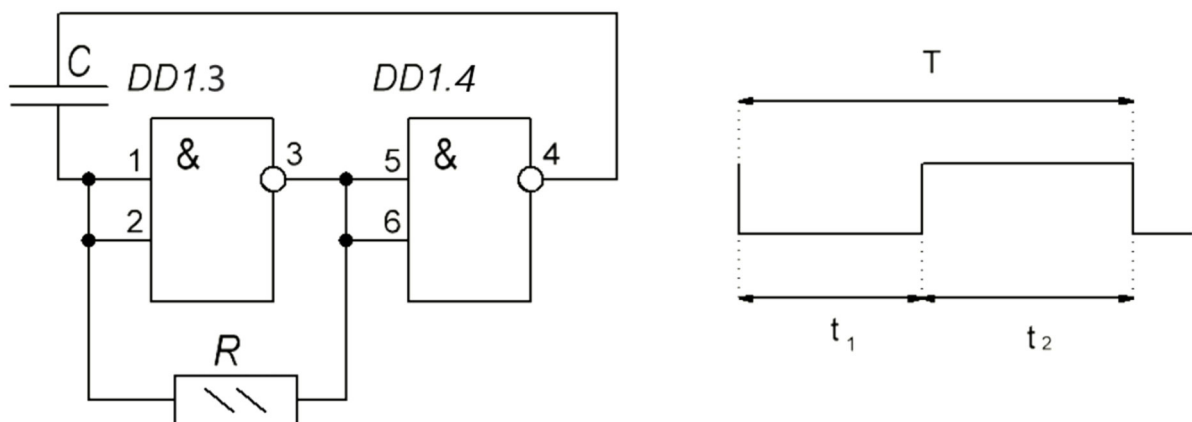


Рис. 13. Імпульсний генератор

Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Період коливань генератора визначається за формулою:

$$T = t_1 + t_2 = -RC \left(\ln \frac{U_{\pi} - U_{\text{пор}}}{U_{\pi} - U_{\text{пр}}} + \ln \frac{U_{\text{пор}}}{U_{\pi} + U_{\text{пр}}} \right) \quad (2.5), \text{ де}$$

$U_{\pi} = 9 \text{ В}$ – напруга живлення;

$$U_{\text{пор}} \approx 0,5 U_{\pi} \quad (2.6);$$

$U_{\text{пр}} = 0,7 \text{ В}$ – напруга на відкритих захисних діодах мікросхеми.

Вибираємо номінал конденсатора $C = 30 \text{ нФ}$. $T = 1/f = 1/50 = 0.02 \text{ с}$.

Знайдемо номінал резистора R :

$$R = \frac{T}{C \left(\ln \frac{U_{\pi} - U_{\text{пор}}}{U_{\pi} - U_{\text{пр}}} + \ln \frac{U_{\text{пор}}}{U_{\pi} + U_{\text{пр}}} \right)} \quad (2.7)$$

$$R = \frac{-0.02}{30 \cdot 10^{-9} \left(\ln \frac{9 - 4.5}{9 - 0.7} + \ln \frac{4.5}{9 + 0.7} \right)} = 4.34 \cdot 10^5 \text{ Ом.}$$

Стандартний номінал 430 кОм.

Інтервал робочої частини періода T :

$$t_1 = -RC \ln \frac{U_{\text{пор}}}{U_{\pi} + U_{\text{пр}}} \quad (2.8)$$

$$t_1 = -430 \cdot 10^3 \cdot 30 \cdot 10^{-9} \ln \frac{4.5}{9 + 0.7} = 9.9 \cdot 10^{-3} \text{ с} \approx 10 \text{ мс,}$$

що менше інтервала інтегрування Δt_m .

Частота тактового генератора має бути такою, щоб за інтервал часу Δt_m на лічильник прийшло 100 імпульсів.

А тому його період: $T = \frac{\Delta t_m}{100} \quad (2.9) \quad T = \frac{5,25}{100} = 0,0525 \text{ мс.}$

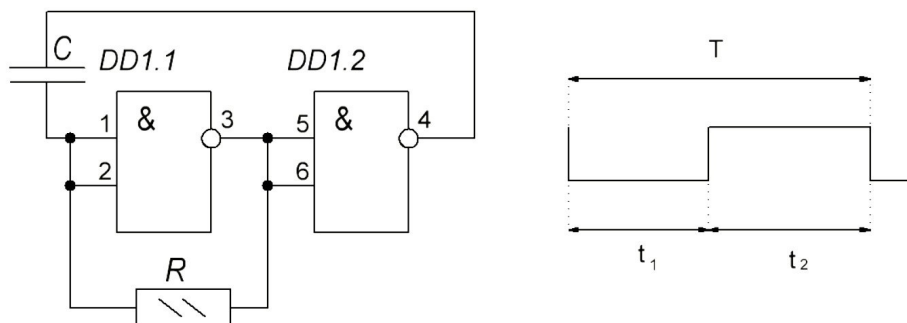


Рис. 14. Тактовий генератор

Вибираємо номінал конденсатора $C = 10^{-9}$ Ф при $T = 0,0525$ мс, номінал резистора

$$R = \frac{5,25 \cdot 10^{-6}}{10^{-9} \left(\ln \frac{9-4,5}{9+0,7} + 1 \frac{4,5}{9+0,7} \right)} = 4,0625 \cdot 10^4 \text{ Ом.}$$

При необхідності, прямої відповідності індикації вхідній напрузі, період цього

$$\text{генератора має бути } T' = \frac{5,25 \cdot 10^{-3}}{70} = 0,075 \text{ мс,}$$

$$\text{тоді номінал резистора } R' = \frac{0,075 \cdot 10^{-3}}{10^{-9} \left(1 \frac{9-4,5}{9+0,7} + \ln \frac{4,5}{9+0,7} \right)} = 4,88 \cdot 10^4 \text{ Ом,}$$

для чого в якості цього резистора можна вибрати підстроювальний.

Проаналізувавши характеристики датчиків А1 (температури), А2 (відносної вологості) та А3 (концентрації CO2 в повітрі), налаштуємо підстроювальним резистором R5 вхідний діапазон напруг пристрою від 0 до 990 мВ, з кроком підняття напруги +10 мВ на одиницю вимірюваної величини.

Як бачимо з технічної документації вихідна напруга датчика А1 не потребує масштабування. Для нього початковим значенням напруги на виході є 0 В. Крок зміни напруги становить + 10.0 мВ / °С.

Початкова вихідна напруга для датчика А2 при відносній вологості повітря 0% становить 800 мВ. На виході модуля М2 в цьому випадку отримуємо 800 мВ при відносній вологості повітря 0%, що не задовільняє вхідних характеристик приладу. Крок зміни напруги +31 мВ / 1 % . Отже потрібно привести 800 мВ до 0 В на виході модуля М2; для цього використаємо операційний підсилювач DA2, у режимі неінвертуючого підсилювача.

Розрахунок масштабного підсилювача з резистивним подільником

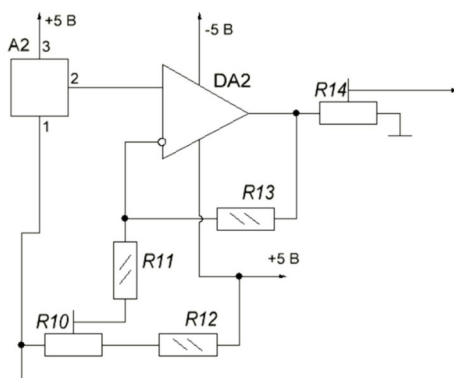


Рис. 15. Масштабний підсилювач з резистивним подільником

Для коректної роботи масштабного підсилювача задамо номінали резисторів:

					КБР ЕС-18050032.001. ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

$R_{11} = 10 \text{ кОм}, R_{13} = 100 \text{ кОм}, R_{10} = 1 \text{ кОм}, R_{12} = 4 \text{ кОм}, R_{14} = 20 \text{ кОм}.$

Знайдемо коефіцієнт підсилення K операційного підсилювача DA2:

$$K = 1 + \frac{R_{13}}{R_{11}} \quad (2.10), \quad K = 1 + \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = 11$$

Налаштуємо повзунок підстроювального резистора R_{10} , так щоб на середньому виході було 800 мВ. Опір підстроювального резистора R_{10}' :

$$R_{10}' = \frac{U_c}{\frac{U_{R_{10}, R_{12}}}{R_{12} + R}} \quad (2.11); \quad R_{10}' = \frac{0.8}{\frac{5}{5000}} = 800 \text{ Ом}$$

Знайдемо напругу на виході масштабного підсилювача. Для цього значення кроку зміни напруги помножимо на коефіцієнт підсилення K : $31 \text{ мВ} \cdot 11 = 341.0 \text{ мВ}.$

Отже на виході масштабного підсилювача крок зміни напруги становитиме 341.0 мВ на 1 %. Для приведення його до 10 мВ на 1 % застосуємо подільник напруги R_{14} . Опір лівого плеча підстроювального резистора R_{14} становитиме:

$$R_{14_{\text{лп}}} = \frac{U_{14_{\text{лп}}} \cdot R_{14}}{U_{14}} \quad (2.12); \quad R_{14_{\text{лп}}} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3}{341 \cdot 10^{-3}} \approx 586,5 \text{ (Ом)}$$

Для датчика А3 (концентрації CO_2 в повітрі) розрахунки аналогічні.

Діапазон вимірювання в одиницях ppm датчика концентрації CO_2 в повітрі заширокий для нашого пристрою, тому масштабуємо одиниці вимірювання:

$$100 \text{ ppm} = 1 \text{ ppm} \cdot 10^2.$$

Для коректної роботи масштабного підсилювача задамо номінали резисторів:

$R_{16} = 10 \text{ кОм}, R_{18} = 100 \text{ кОм}, R_{15} = 1 \text{ кОм}, R_{17} = 4 \text{ кОм}, R_{19} = 20 \text{ кОм}.$

Згідно технічної документації початкова вихідна напруга для датчика А3 при концентрації CO_2 в повітрі 0 ppm становить 400 мВ. Налаштуємо повзунок підстроювального резистора R_{15} , так щоб на середньому виході було 400 мВ. Опір підстроювального резистора R_{15}' :

$$R_{15}' = \frac{U_c}{\frac{U_{R_{15}, R_{17}}}{R_{15} + R_{17}}} \quad (2.13); \quad R_{15}' = \frac{0.4}{\frac{5}{5000}} = 400 \text{ Ом}$$

Знайдемо напругу на виході масштабного підсилювача. Для цього значення кроку зміни напруги (для датчика А3 згідно технічної документації він становить 20 мВ на $1 \text{ ppm} \cdot 10^2$) помножимо на коефіцієнт підсилення K : $20 \text{ мВ} \cdot 11 = 220 \text{ мВ}.$

Отже на виході масштабного підсилювача крок зміни напруги становитиме

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						37
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

220 мВ на $1 \text{ ppm} \cdot 10^2$. Для приведення його до 10 мВ на $1 \text{ ppm} \cdot 10^2$ застосуємо подільник напруги R19. Опір лівого плеча підстроювального резистора R19 становитиме:

$$R19_{\text{лп}} = \frac{U_{19\text{лп}} \cdot R19}{U_{19}} \quad (2.14); \quad R14_{\text{лп}} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^3}{220 \cdot 10^{-3}} \approx 909,01 \text{ (Ом)}$$

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		38

ВИСНОВКИ

Відповідно до вказаного технічного завдання в даній кваліфікаційній бакалаврській роботі було проведено огляд та аналіз аналогів об'єкту проектування, спроектовано структурну, функціональну та принципову електричні схеми пристрою. Проведено розрахунки електричних параметрів основних функціональних вузлів та компонентів схеми.

Спроектований цифровий індикатор напруги з можливістю підключення різних типів датчиків з аналоговим виходом відзначається широкими функціональними можливостями. У цій роботі до індикатору підключені датчики призначені для моніторингу мікроклімату в приміщенні: датчик температури, датчик відносної вологості та датчик концентрації CO₂ в повітрі.

Параметри спроектованого пристрою повною мірою відповідають умовам технічного завдання:

- яскравість індикатора складає 0,15 мкд на сегмент;
- напруга живлення 9 В;
- діапазон індикації відносної вологості в межах від 0 до 90%;
- діапазон індикації температур в межах від 0 до 99 °С;
- діапазон індикації концентрації CO₂ та деяких інших газів в межах від 0 до 99 ppm*10².

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						39
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

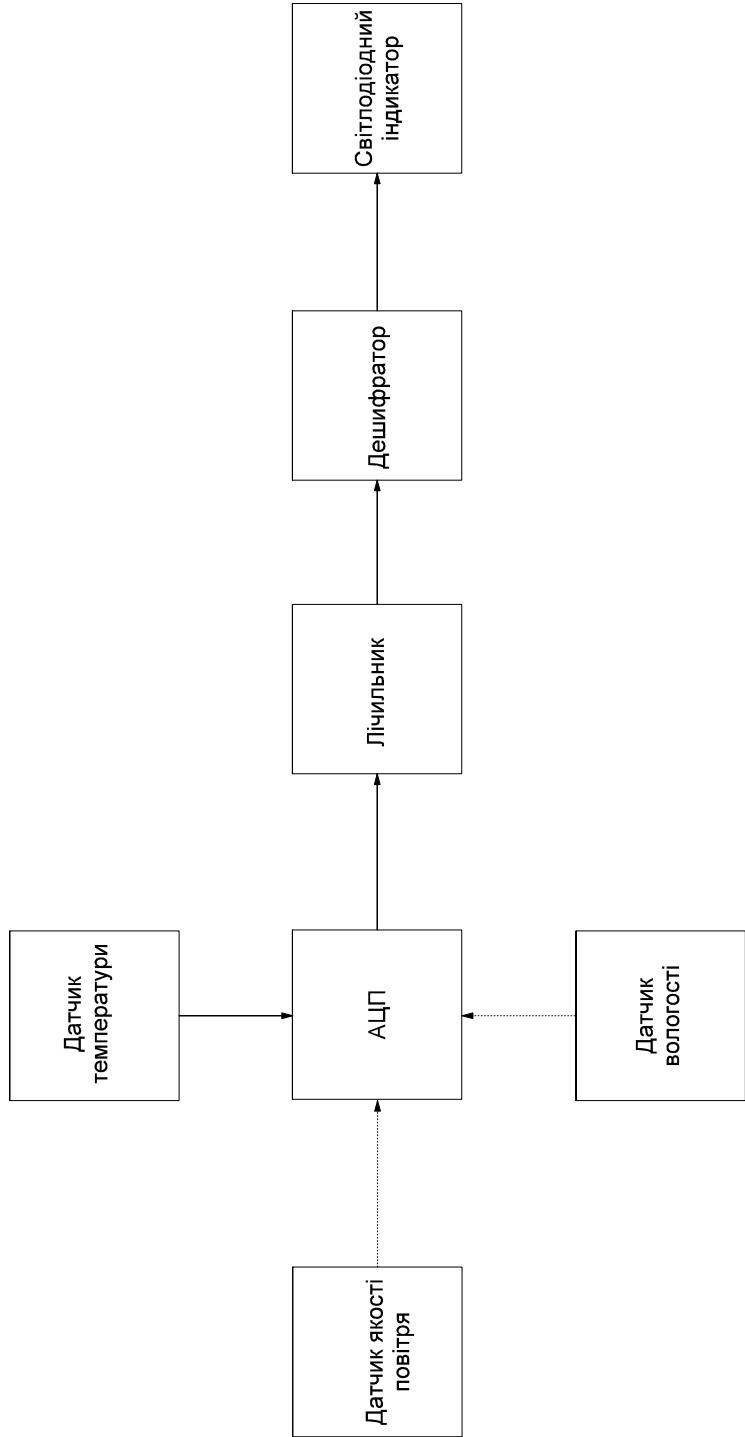
Перелік використаної літератури

1. Газоаналізатори вуглекислого газу (CO₂) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://simvolt.ua/gazoanalzatori-vuglekislogo-gazu-so2/filter/sort_price=ASC/ ;
2. Схема цифрового термометра-терморегулятора [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiostorage.net/410-skhema-cifrovogo-termometra-termoregulyatora.html> ;
3. У. Титце, К. Шенк Полупроводниковая схемотехника. М., Мир, 1982. ;
4. Полупроводниковые приборы. Транзисторы. Справочник п. р. Горюнова Н. Н. М., Энергоиздат, 1985 ;
5. Е. А. Зельдин Импульсные устройства на микросхемах, М., Радио и связь, 1991.;
6. Аналоговые устройства на операционных усилителях : учебное пособие / В. Г. Важенин, Ю. В. Марков, Л. Л. Лесная ; под общ. ред. В. Г. Важенина. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 107 с.;
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Основи проектування електронних систем» для студентів напряму 6.050802 “Електронні пристрої та системи”/ Укл.: к.т.н. доцент Багрій В.В., Кам'янське, ДДТУ, 2015, 79;
8. Схемы цифровых вольтметра и амперметра (СА3162, КР514ИД2) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiostorage.net/4264-skhemy-samodelnyh-cifrovyyh-voltmetra-i-ampermetra-sa3162-kr514id2.html>;
9. ГОСТ 2.702-2011 Єдина система конструкторської документації (ЕСКД). Правила виконання електричних схем;
10. ГОСТ 2.702-2011 Єдина система конструкторської документації ЕСКД). Правила виконання електричних схем;
11. ГОСТ 2.728-74 (СТ РЕВ 863-78 і СТ СЕВ 864-78) Єдина система конструкторської документації (ЕСКД). Позначення умовні графічні в схемах;

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	Арк.
						40
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

12. Шило В. Л. Популярныe цифровыe микросхемы: Справочник. – 2-е изд., исправленнoе. -М.: Радио и связь, 1989. - 352 с., ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 1145);
13. Цифровыe и аналоговыe интегральныe микросхемы: Справочник. С.В. Якубовский и др.; Под редакцией С.В. Якубовского.- М.: Радио и связь, 1990.-496 с.;
14. Аналоговыe интегральныe схемы: Справочник/А.Л. Булычев, В.И. Галкин, В.А. Прохоренко.-2-е изд., перераб. И доп. -Мн.: Беларусь, 1993.-382 с.;
15. Высокоомный стрелочный вольтметр [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://varikap.ru/vysokoomnyj-strelochnyj-voltmetr/> ;
16. В. Суєтін, м. П'ятигорськ, журнал Радіо №10, 1991, стор.28.

					<i>КБР ЕС-18050032.001. ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						41
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		



КБР ЕС-18050032.001.Е1		Листа	Маса	Кількість
Знак	№ документа	Рівень	Дата	
Класифікація	Розробник	Р	Н	4.1
Позначення	Знак	С.М.	Арх. 1	Знак
Г. розробки	Розробник	О		
Складено	Знак	Т.М.		
Схема електрична структура				
Універс. ЛТО. Фр. ЕС. 4 курс				

Позначення	Найменування	Кільк.	Примітка
<u>Конденсатори</u>			
C1	K10-17Б-МГО 0,015 мкФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C2	K10-17Б-М 30 нФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C3	K10-17Б-Н90 1 мкФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C4	K10-17Б-МГО 560 пФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C5	K10-17Б-М 33 нФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C6	K50-6-1-10В 10 мкФ, 16 В ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	1	
C7, C9, C10	ТЕСАР, 10 мкФ, 10 В, тип А, 10% ОЖ0.460.172ТУ	3	
C11, C14, C13	ТЕСАР, 10 мкФ, 10 В, тип А, 10% ОЖ0.460.172ТУ	3	
C8, C12	K10-17Б-Н20 100 нФ ± 10% ОЖ0.460.172ТУ	2	
<u>Транзистори</u>			
VT1	КТ 315Б АА0.336.025 ТУ	1	
VT2	КП 103І АА0.336.025 ТУ	1	
VT3	КТ 315Б АА0.336.025 ТУ	1	
<u>Резистори</u>			
R1	МЛТ - 0,125 Вт, 91 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R2	МЛТ - 0,125 Вт, 30 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R3	МЛТ - 0,125 Вт, 4,1 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R4	МЛТ - 0,125 Вт, 47 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R5	3266W-1-503LF, 50 кОм ±5%, ОЖ0.468.560 ТУ	1	
R6	МЛТ - 0,125 Вт, 22 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R7	МЛТ - 0,125 Вт, 430 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R8	МЛТ - 0,125 Вт, 12 кОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R9	МЛТ - 0,125 Вт, 1 МОм, 1% ОЖ0 468045 ТУ	1	
R10, R15	3266W-1-102LF, 1 кОм, ОЖ0.468.560 ТУ	2	
R11, R16	RI0603L1002FT, 10 кОм 1%	2	
R12, R17	RI0603L1002FT, 4 кОм 1%	2	

КБР ЕС-18050032.001. ПЕ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Ремета Б. Р.			
Перевірів	Заяць Т. М.			
Н.контр.	Спесивих О. О.			
Затверд.	Заяць Т. М.			
Цифровий індикатор напруги Додаток В Перелік елементів			Літера	Аркуш
			Н	1
				2
УжНУ, ІТФ, гр.ЕС, 4 курс				

Додаток 1

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Тарасу Зайцю

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності Електронні системи
Ремета Т. Р
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

ЩОДО САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ
НАВЧАЛЬНОЇ/КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧЕМ ОСВІТИ

Я, Ремета Тародан
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) 4 курсу, ІТФ, Електронні системи
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Цифровий індикатор
напруги

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

20.06.2022.
Дата

Ремета
Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсової) роботи

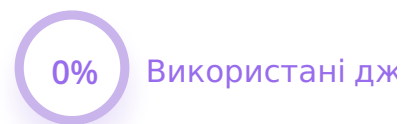
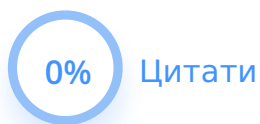
Автор роботи	Ремета Богдан
Назва роботи	Цифровий індикатор напруги
Спеціальність	ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ
Курс	4 курс
Факультет	ІТФ
Кафедра	ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ
Керівник роботи	ЗАЯЦЬ Т. М.
Роботу перевірено в програмі	Unicheck
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	2-529889430204944801
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	90%
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	90%

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

Заяць Т. М.
(прізвище, ініціали)

20.06.2022
Дата

Підпис



Схожість

Веб джерела

6

1	schematicsblog.com https://schematicsblog.com/uk/pobutova-elektronika/indikatori-detektori/7420-cifrovii-indikator-naprygi.html	8.4%
2	arduino.ua https://arduino.ua/prod933-datchik-temperatyri-lm35dz	1.69%
3	arduino.ua https://arduino.ua/index.php?categoryID=6&show_all=yes	1.11%
4	arduino.ua https://arduino.ua/index.php?categoryID=6&offset=18	1.11%
5	arduino.ua https://arduino.ua/index.php?categoryID=38&show_all=yes	1.11%
6	arduino.ua https://arduino.ua/cat38-emperatyravlajnost	1.11%