

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Мікроконтролерний модуль для керування лабораторною вагою

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41

спеціальності 172 Електронні комунікації та

радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

Сташків В.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Марценюк А.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Дозорська О.Ф.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«03» червня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Сташківу Володимирі Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Мікроконтролерний модуль для керування лабораторною вагою

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 03 » 06 2024 року № 4/7-581

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13.06.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи - живлення блока: від акумуляторної батареї з напругою 12 В або від мережі 220 В, 50 Гц через понижуючий трансформатор з напругою на вторинній обмотці – 15 В, 50 Гц

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

аналіз технічного завдання; аналіз схемних рішень виконання виробу;

розроблення схеми структурної виробу, схеми електричної принципової,

розрахунок номіналів елементів схеми електричної принципової; конструювання виробу,

а саме: обґрунтування вибору елементної бази, трасування друкованої плати,

розробка компоновки друкованого вузла.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Структурна схема;

2. Схема електрична принципова;

3. Друкована плата;

4. Друкований вузол;



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Мікроконтролерний модуль для керування лабораторною вагою». Кваліфікаційна робота бакалавра // ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, група РАС-41. // Тернопіль, 2024р. //с.- 56, рис.- 21, бібліог.- 21, додат.- 3.

Ключові слова: МІКРОКОНТРОЛЕР, АЦП, ЛАБОРАТОРНА ВАГА.

В роботі проведено розробку мікроконтролерного модуля для керування лабораторною вагою.

Проведено огляд аналогів та встановлено спільні риси, зокрема застосування моста з тензорезистивних давачів для вимірювання навантаження на вагу. В проектованому модулі використано високоефективний модуль АЦП на базі CS5532 для оцифрування отриманого з моста сигналу. Наступне опрацювання виконується з допомогою мікроконтролера AT89C51. На основі цього було запропоновано схему структурну, функціональну та електричну мікроконтролерного модуля. Проведено розрахунки, обґрунтовано вибір компонентів та розроблено друковану плату і друкований вузол модуля.

## ANNOTATION

Theme of qualification work: "Microcontroller module for controlling a laboratory scale". // Ternopil, 2024. // p.- 56, fig.- 21, bibliog.- 21, appendix- 3.

Keywords: MICROCONTROLLER, ADC, LABORATORY WEIGHT.

In the work, the development of a microcontroller module for controlling a laboratory scale was carried out.

A review of analogs was conducted and common features were established, in particular, the use of a bridge made of strain-resistive sensors for measuring the weight load. The designed module uses a highly efficient CS5532-based ADC module to digitize the signal received from the bridge. The following processing is performed using the AT89C51 microcontroller. Based on this, the structural, functional and electrical scheme of the microcontroller module was proposed. Calculations were carried out, the choice of components was justified, and the printed circuit board and the printed unit of the module were developed.

## Зміст

|   |    |
|---|----|
| Вступ .....   | 7  |
| 1 Основна частина .....   | 8  |
| 1.1 Аналіз завдання .....   | 8  |
| 1.2 Огляд аналогів .....  | 8  |
| 1.3 Аналіз принципу роботи проєктованих ваг лабораторних .....                  | 24 |
| 1.4 Розробка схем структурної та функціональної мікроконтролерного модуля ..... | 25 |
| 1.5 Розробка і розрахунки схеми електричної мікроконтролерного модуля .....     | 27 |
| 1.6 Вибір елементної бази .....   |    |
| 1.7 Розробка компоновки та монтажу блоку .....                                  | 35 |
| 1.8 Висновки до розділу 1 .....   | 46 |
| 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці .....                           | 47 |
| 2.1 Заходи електробезпеки при роботі з виробом .....                            | 47 |
| 2.2 Пожежна безпека .....   | 49 |
| 2.3 Висновки до розділу 2 .....   | 52 |
| Висновки .....  | 53 |
| Список використаних джерел .....  | 54 |
| Додатки   |    |

|                  |            |                |               |             |   |                  |              |                |
|------------------|------------|----------------|---------------|-------------|---|------------------|--------------|----------------|
|                  |            |                |               |             |   | СІВ 2.893.001 ПЗ |              |                |
| <i>Зм</i>        | <i>Арк</i> | <i>№ докум</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> |   |                  |              |                |
| <i>Розроб.</i>   |            | Сташків І.В.   |               |             | Мікроконтролерний модуль<br>для керування лабораторною<br>вагою | <i>Лім</i>       | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Перевір.</i>  |            | Дедів І.Ю.     |               |             |   | у                | 6            | 56             |
| <i>Н. контр.</i> |            | Марценюк А.С.  |               |             |   | ТНТУ, РАс-41     |              |                |
| <i>Зат. каф.</i> |            | Дунець В.Л.    |               |             |   |                  |              |                |
| <i>Рецензент</i> |            | Дозорська О.Ф. |               |             |   |                  |              |                |

## Вступ

В роботі проводиться розроблення мікроконтролерного модуля для керування лабораторними вагами, які застосовуються для визначення ваги речовин і матеріалів зокрема на виробництві.

Ваги призначені для зважування зразків при проведенні фізико-хімічних випробувань, а також можуть використовуватися як динамометр при виконанні лабораторних досліджень.

Принцип роботи ваг ґрунтується на використанні тензорезистивного моста Вітстона, сигнал розбалансування з якого надходить на мікроконтролерний модуль. Живлення власне модуля можливе або від акумулятора чи мережі електроживлення.

*Практичне значення.* Розглянутий модуль є досконалішим за прототип, оскільки використовує більш сучасну та надійну елементну базу, а масо-габаритні параметри виявились кращими за прототип. Отримані результати можна використати при серійному виготовленні таких ваг.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 7   |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

## 1 Основна частина

### 1.1 Аналіз завдання

Мікроконтролерний модуль призначений для опрацювання сигналу, що надходить з чутливого елемента, та формування сигналу, що подається на блок індикації для відображення поточної ваги об'єкта на поверхні ваги ВК-300.

Технічні вимоги:

- живлення модуля: або від акумулятора чи мережі електроживлення;
- реалізацію порта обміну даними;
- блок повинен мати можливість підключення індикаторів для відображення режимів його роботи;
- наявність звукової сигналізації;
- робочий температурний діапазон  $+10^{\circ}\text{C} \dots +35^{\circ}\text{C}$ .

### 1.2 Огляд аналогів

#### 1.2.1 Способи вимірювання ваги

Для поставленої задачі використовуються різного роду датчики, основними відмінностями яких є межі вимірювань, динамічні та частотні діапазони, точність, допустимі умови експлуатації, масогабаритні характеристики.

Поширений ємнісний метод заснований на залежності зміни електричної ємності між обкладками і вимірювальної мембрани від тиску, що подається. Основною перевагою ємнісного методу є захист від перевантажень: вимірювальна мембрана при перевантаженні лягає на стінки обкладки

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 8   |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |



конденсатора, тривалий час не піддаючись деформації, а при знятті перевантаження мембрана відновлює вихідну форму, при цьому додаткове калібрування сенсора не потрібне. Також забезпечується висока стабільність метрологічних характеристик та зменшення впливу температурної похибки за рахунок малого об'єму рідини, що заповнює середину, безпосередньо в ємнісному осередку.

П'єзоелектричний метод. Такі датчики використовуються для вимірювання акустичних і імпульсних тисків, що швидко змінюються, мають широкі динамічні і частотні діапазони, мають малу масу і габарити, високу надійність і можуть використовуватися в жорстких умовах експлуатації.

В основі роботи розглянутих в роботі ваг лежить використання тензорезистивних датчиків тиску.

Розглянемо основні компоненти, з яких складається тензорезистивний датчик.

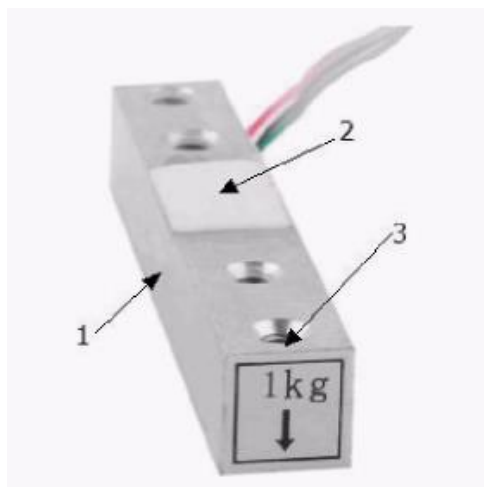


Рисунок 1.1 – Тензорезистивний датчик

1. Пружний елемент - тіло, що сприймає навантаження, виготовляється переважно з легованих вуглецевих сталей, попередньо термооброблених для отримання стабільних характеристик. Конструктивно виготовлений у вигляді консолі. Крім консолі, пружний елемент може мати вигляд кільця, стрижня.

2. Тензорезистор, приклеєний до пружного елемента, змінює свій опір пропорційно до деформації пружного елемента, яка у свою чергу пропорційна навантаженню. Тензорезистори бувають фольговими або дротяними.

Місце застосування навантаження. Для правильного функціонування ваг важливо дотримуватись характеру докладання навантаження. Вектор сили, що впливає на датчик, повинен бути доданий строго у напрямку, вказаному виробником (стрілка на корпусі). Для виключення бічного впливу навантаження застосовують самовстановлювані (самоцентровані) конструкції. Поверхня опор таких тензодатчиків має випуклу сферичну форму.

Принцип дії тензодатчика заснований на реєстрації зміни опору тензорезисторів, наклеєних на пружне тіло, яке через вагу вантажу деформується та деформує розміщені на ньому тензорезистори.

Широке застосування отримала схема включення тензорезисторів - міст Уїтстона. Схема включає 4 тензорезистора, з'єднаних в електричний міст.

#### 1.2.2 Ваги електронні ВСП4

Структурна схема ваг наведено рис. 1.2.

Конструктивно ваги складаються з наступних пристроїв:

- вантажоприймальна платформа, відповідного варіанта виконання;
- вторинний вимірювальний перетворювач (термінал) НВТ-1.

Вантажоприймальна платформа включає зварну рамну конструкцію, забезпечену чотирма тензодатчиками з кульовими опорами і платою суматора.

Конструкція вантажоприймальної платформи визначається варіантом виконання ваги.

Термінал включає блок управління (БУ), акумулятор, трансформатор, дисплей, лицьову та задню панель.

До складу блоку управління входять шість роз'ємів:

- роз'єм CN1, 5-контактний, для підключення до вагової платформи;

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 10  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

- роз'єм CN2, 2-контактний, для підключення мережевого вимикача ON/OFF;
- роз'єм CN3, 3-контактний, для підключення до зовнішнього роз'єму терміналу D9, для організації зовнішнього інтерфейсу RS-232C;
- роз'єм CN4, 2-контактний, для підключення до акумулятора;
- роз'єм CN5, 3-контактний, для підключення до мережевого трансформатора;
- роз'єм JP1, 3-контактний, для перемикання терміналу з режиму користувача в сервісний.

Робота ваг ґрунтується на перетворенні величини деформації тензометричного датчика (далі датчика), яка виникла внаслідок прикладеного навантаження, в електричний сигнал з подальшою цифровою обробкою та відображенням на дисплеї терміналу. У вагах використовуються чотири тензометричні датчики сили, які розташовані по кутах вантажоприймальної платформи.

Датчик є металевою балкою консольного типу із закріпленням кінцем (рис. 1.2).

На датчик наклеєна схема з тензорезисторів - тензорезисторний міст.

При зміні навантаження на датчик пропорційно змінюється вихідний сигнал тензорезисторного мосту  $U_{\text{сиг}}$ .

Під час роботи ваги на датчики подається напруга живлення  $E_{\text{пит.}} = +5$  В.

Електричне з'єднання датчиків здійснюється на платі суматора.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 11  |

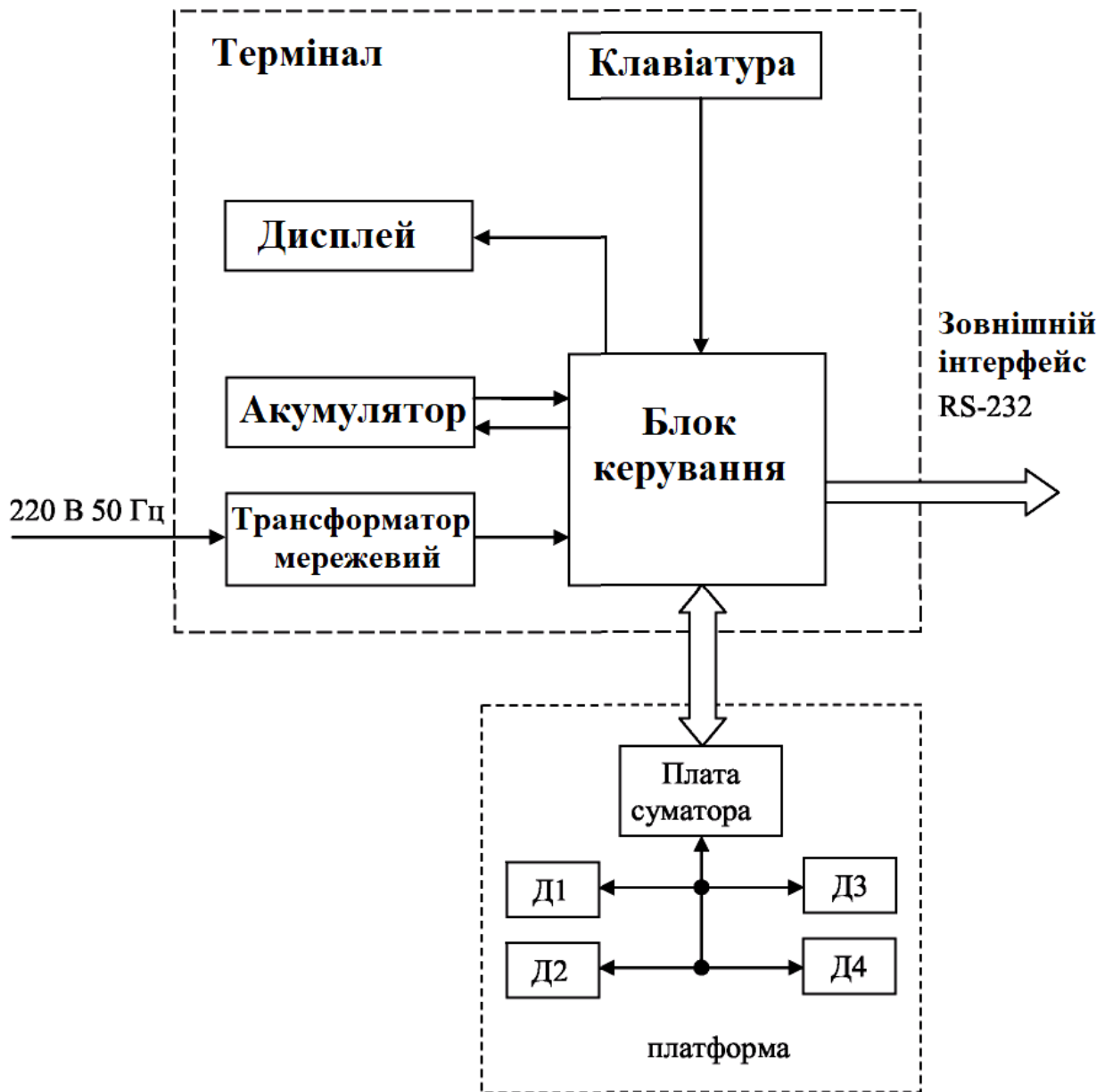


Рисунок 1.2 – Структурна схема ваг ВСП4

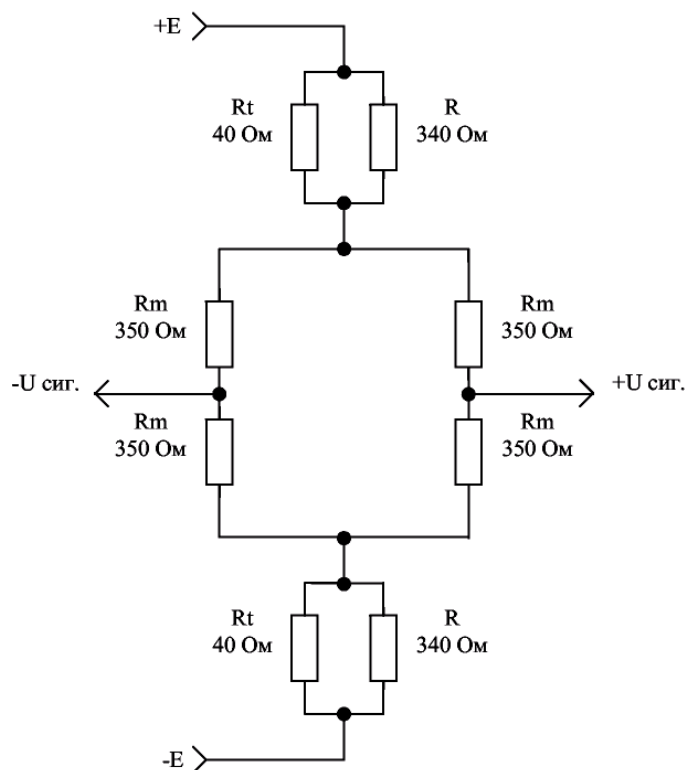


Рисунок 1.3 – Схема моста на тензорезисторах

Заряджання акумулятора проводиться у складі ваги при підключенні її до мережі 220В 50Гц.

Живлення ваги може здійснюватися як при роздільному, так і при спільному підключенні до мережі 220В 50Гц і акумуляторі.

З роз'єму терміналу через змінні резистори R1 - R4 плати суматора, стабілізована напруга  $E = +5\text{В}$  подається на датчики Д1, Д2, Д3, Д4.

Вихідні сигнали датчиків  $U_{\text{сиг}}$  надходять на плату суматора, де вони підсумовуються та подаються на термінал.

Схема з'єднань показана рис. 1.4.

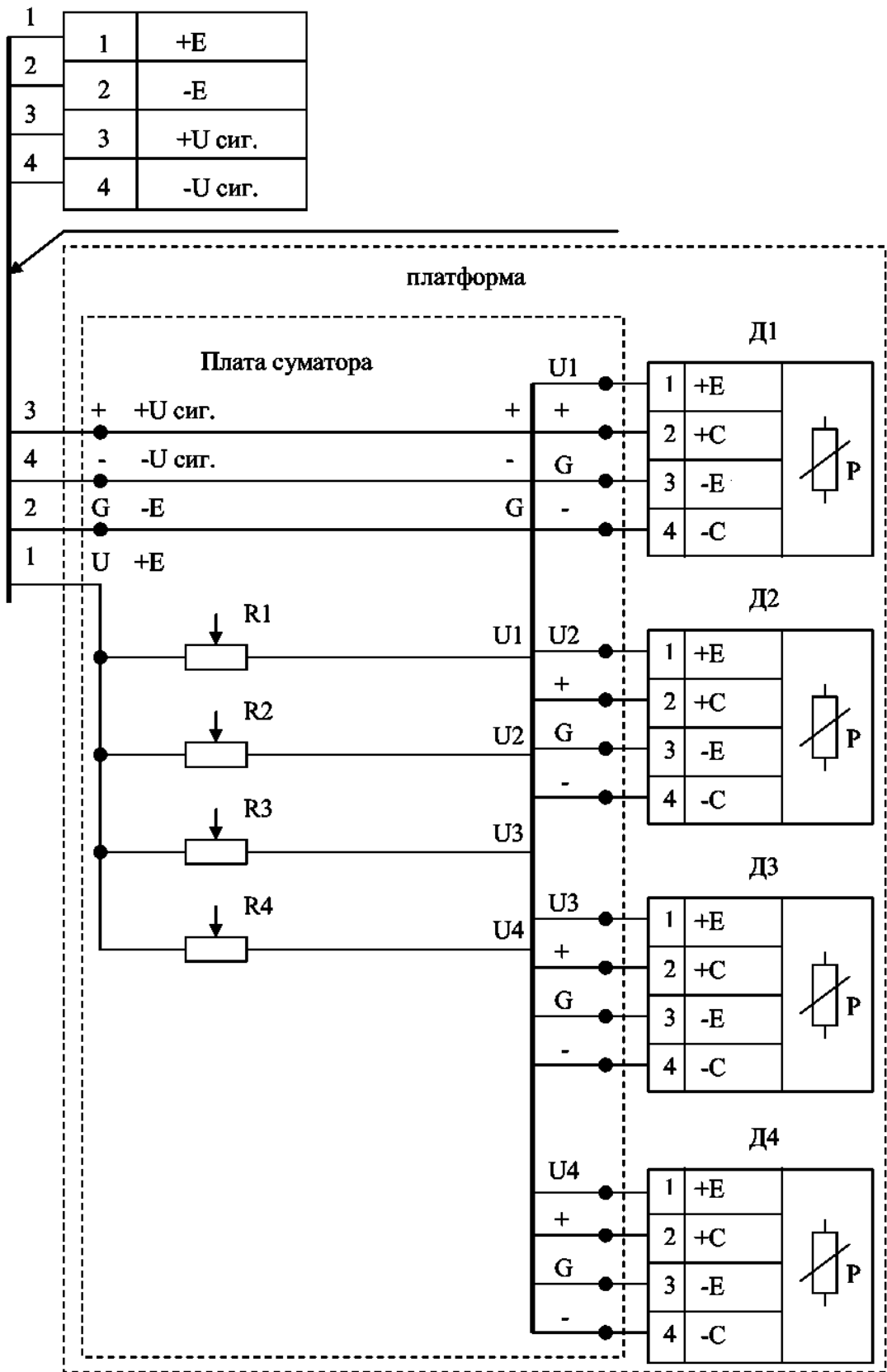


Рисунок 1.4 – Схема з'єднань ваг

Д1-Д4 - тензометричні датчики, встановлені по куту вантажоприймальної платформи. R1..... R4 - змінні резистори 67WR 10 Ом.

Склад терміналу НВТ-1:

- блок керування;
- корпус передній;
- корпус задній;
- трансформатор мережевий;
- акумулятор;

Структурну схему терміналу наведено на рис.1.5, а електричну принципову – на рис. 1.6.

До складу блоку управління входить: мікроконтролер IC6, стабілізатори напруги +8В (IC11), +5В (IC 10), драйвер LED (IC3, IC4), формувач напруги контролю живлення (PR3, PR4), дільник напруги контролю заряду акумулятора (R5, R6), драйвер зовнішнього інтерфейсу (IS9), підсилювач напруги розбалансу датчиків (IC1), комутатор (IS2), інтегратор (IS3A), компаратор (IS3B), світлодіодний дисплей (SM1, SM2, SM3).

У терміналі відбувається формування напруги живлення датчиків +5В.

Напруга розбалансу, що виникає при навантаженні на ваги, несе інформацію про вагу та надходить на вхід диференціального підсилювача IC1 (конт. 2,3) і далі на вхід комутатора IC2 (конт.1). Для контролю напруги заряду акумулятора, на цей же комутатор (конт. 5) надходить напруга контролю заряду акумулятора з резистора R6 і напруга контролю живлення датчиків (конт. 4) з резистора PR3. Всі три сигнали по черзі проходять через IC2 комутатор, керований мікроконтролером IC6, інтегратор IC3A (конт. 2) і надходять на компаратор IC3B (конт. 6). Внаслідок всіх перетворень на конт. 13 мікроконтролера IC6 надходить імпульсна послідовність, параметри якої змінюються при зміні ваги вантажу.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 15  |





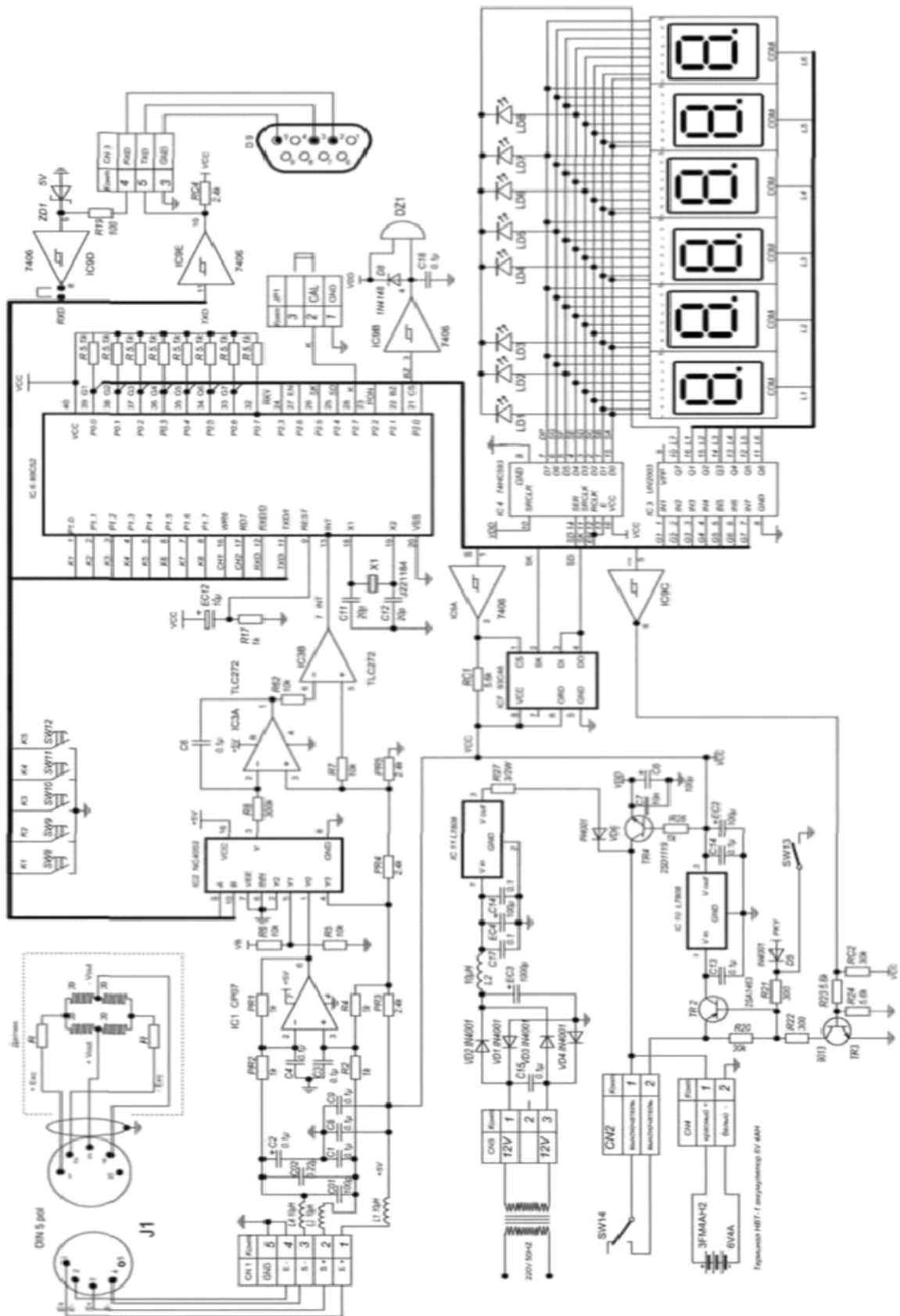


Рисунок 1.6 – Схема електрична ваг електронних

|    |     |         |        |      |
|----|-----|---------|--------|------|
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |
|----|-----|---------|--------|------|

### 1.2.3 Електронні важельні ваги

Ваги призначені для зважування зразків при проведенні фізико-хімічних випробувань, а також можуть використовуватися як динамометр при виконанні лабораторних дослідів.

Технічні характеристики

Діапазон вимірювання ваги або сили 0...+1999 мг, покази цифрові

Є вихід на зовнішній роз'єм з коефіцієнтом перетворення 1 В/г (1 мВ/мг)

Роздільна здатність 1 мг

Точність зважування +1 мг (при проведенні процедури калібрування перед зважуванням)

Зсув нуля (установка ваги тари) в межах -1500 мг... +200 мг

Потужність, що споживається, не більше 10 В · А

Можливість роботи відразу після включення, для покращення точності час прогрівання не більше 15 хвилин

Комплектація: силовимірювальний датчик, електронний блок керування

Ваги складаються з силовимірювального датчика, що перетворює вимірюване зусилля в електронний сигнал, і електронного блоку управління, який виконує функції перетворення, вимірювання та індикації сигналу датчика, а також служить джерелом живлення. Силовимірювальний датчик побудований за важільною схемою (рис. 1.7) і складається з двох рівноплечих важелів - коромисла, встановленого на опорі голки. На один кінець коромисла підвішується чашка, в яку поміщується вимірюваний зразок. Коромисло врівноважується магнітоелектричним приводом, що є постійним магнітом, що знаходиться всередині диференціального соленоїда. Постійний магніт, виготовлений на основі магнітного порошку з термостабільними властивостями та полімерного сполучного і намагнічений в установці імпульсного намагнічування, закріплений на іншому кінці коромисла, а диференціальний соленоїд встановлений на ваговій станині. Як датчик

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 18  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |







На рис. 1.11. зображено електричну принципову схему цифрового вольтметра з діапазоном вимірювання 0 ... +1999 мВ. Вольтметр зібраний за типовою схемою на мікросхемі DA1 ICL7107, яка виконує функцію аналого-цифрового перетворювача (АЦП) з подвійним інтегруванням, автоматичною корекцією нуля та оцінюванням полярності вхідного сигналу. До виходу мікросхеми безпосередньо підключається 3.5-декадне цифрове табло з 7-сегментними індикаторами світлодіодного типу АЛС321Б (АЛС324Б). Джерело опорної напруги (ІОН) +1000 мВ зібране за схемою резистивного дільника R1R2, що підключається безпосередньо до джерела напруги живлення +5 В, який повинен мати достатню стабільність. Режим роботи АЦП визначається параметрами навісних елементів R4, R5, C1 – C4. Вимірювана напруга подається на контакти ВХІД+, ВХІД-вольтметра. Потенціал цих контактів може бути довільним в межах діапазону напруги живлення. Конструктивно вольтметр включає 2 друковані плати, на одній з яких зібрано АЦП із навісними елементами, а на іншій - цифрове табло. Плати з'єднуються за допомогою кабелю.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 22  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |











## 1.5 Розробка і розрахунки схеми електричної мікроконтролерного модуля

Напруга живлення з виходу понижуючого трансформатора (рис. 1.15) подається на роз'єм XS1. З нього вона надходить на випрямляч на діодному мості VD2 та ємнісний фільтр C2, C4. На мікросхемі DD1 виконано стабілізатор напруги, яка з виходу мікросхеми через діод VD3 п'єднується з напругою, що надходить через роз'єм XS1 (верхні два по схемі виводи) з акумуляторної батареї.

На мікросхемах DA1, DA2 виконано інтегральні стабілізатори напруги живлення блоку індикації.

Мікросхема DD2 – мікроконтролер, мікросхема DD4 – контролер шини, мікросхема DD3 – аналогово-цифровий перетворювач. Вимірювальний перетворювач підключається до роз'єму XS9.

Транзистор VT9 – підсилювач, який комутує зумер (динамік) до шини живлення з звуковою частотою, яка задається мікроконтролером. Сам зумер підключається до роз'єму XS6

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 27  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

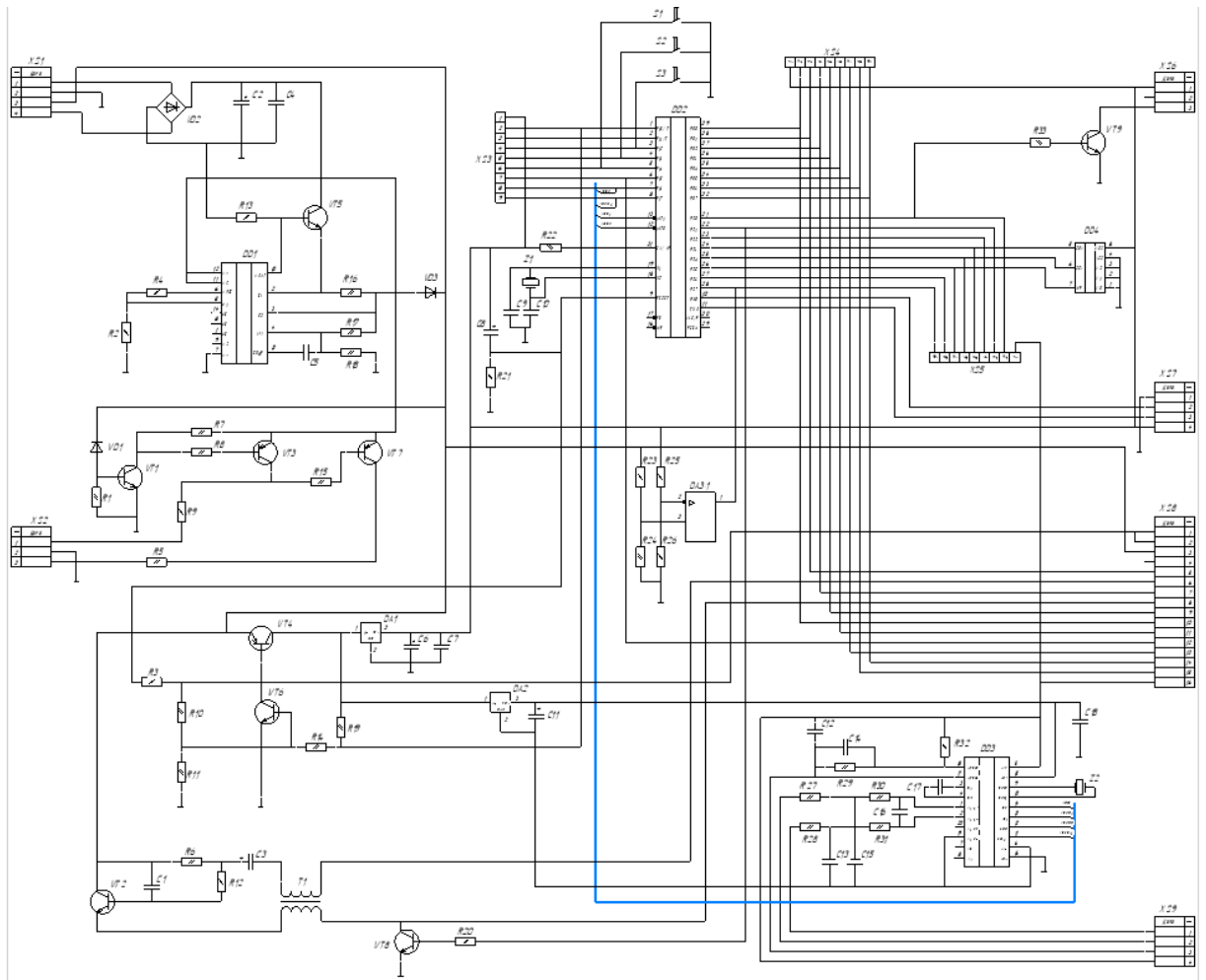


Рисунок 1.15 – Схема електрична мікроконтролерного модуля

Розрахуємо кола джерела живлення.

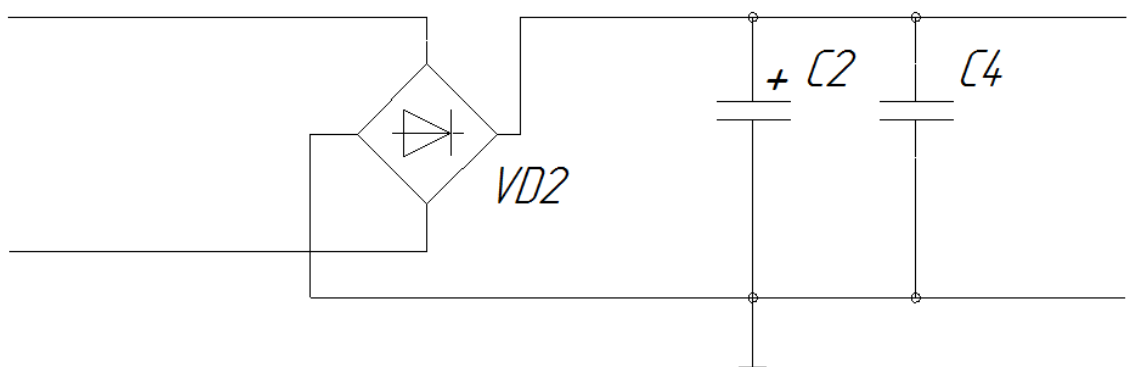


Рисунок 1.16 – Схема електрична принципова випрямляча

|    |     |         |        |      |
|----|-----|---------|--------|------|
|    |     |         |        |      |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |

Діодний міст VD2 випрямляє мережеву напругу, тому його зворотня напруга повинна бути більшою за амплітудне значення напруги мережі, тобто більше 15 В. Вибирається діодний міст, типу W10M, для якого максимальна зворотня напруга рівна 800 В, прямий струм –  $i_{np} = 1,5A$ , максимальний прямий струм (при  $\tau_m < 10мс$ )  $i_{np.m} = 200A$ .

Так як після моста VD1 стоїть ємнісний фільтр (елементи C1, C2), в початковий момент часу він являється коротко замкнутим, і струм, який буде протікати через міст, може вивести його з ладу. Технічні умови на випрямлячі дозволяють при роботі на ємнісне навантаження збільшити одиничний імпульс струму в 1,57 раза, тобто  $i_{np.m} = 314A$ . Перевіряємо початковий імпульсний струм через міст:

$$i_{np.m} = \frac{315}{2} = 157,5A \quad (1.1)$$

де 2 – орієнтовний активний опір діодів моста.

Отже діоди вибрано правильно.

Ємність конденсатора C2 знаходимо за формулою:

$$C2 = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{жс}^2} \quad (1.2)$$

де  $P_n$  - номінальна потужність (15 Вт),

$K_n$  - коефіцієнт пульсацій (10%),

$U_{жс}$  - напруга живлення (15 В),

$$C2 = \frac{15}{200 \cdot 0,1 \cdot 15^2} = 413мкФ \quad (1.3)$$

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 29  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

Приймаємо  $C2=470$  мкФ,  $C4=0,01$  мкФ.

## 1.6 Вибір елементної бази

При конструюванні приладу необхідно звернути увагу на вимоги до габаритних розмірів, маси, потужності приладу, для того, аби вибрана елементна база відповідала вимогам мініатюризації приладу при достатній потужності.

Для друкованого вузла приладу використовуються наступні пасивні елементи: конденсатори К50-35 та К73-17, резистори С2-33.

В якості діодів було вибрано діоди HZ7A1, W10M та FR157.

Транзистори вибрано типів ТІР31С, ТІР36В, SS8550, SS9014.

Подібним чином вибираються мікросхеми типів LM2940, ОРА2107, LM723СN, АТ89С51, СS5532, НТ24LC02.

LM2940-N і LM2940С є звичайними стабілізаторами позитивної напруги, які можуть отримувати 1 А вихідного струму в широкому діапазоні температур із падінням напруги приблизно 0,5 В і максимум 1 В. Також була реалізована схема зменшення струму спокою, яка зменшує струм заземлення, коли різниця напруг між вхідною та вихідною напругою перевищує приблизно 3 В.

LM2940-N і LM2940С, а також усі регульовані схеми захищені від зворотного встановлення батарей або стрибків двох батарей, що робить їх ідеальними для застосування в автомобілях. Регулятор негайно вимкнеться, щоб захистити як внутрішні ланцюги, так і навантаження під час перехідних процесів у мережі, таких як скидання навантаження, коли вхідна напруга може раптово перевищити встановлену максимальну робочу напругу. Тимчасове вставлення дзеркального зображення не впливає на LM2940-N і

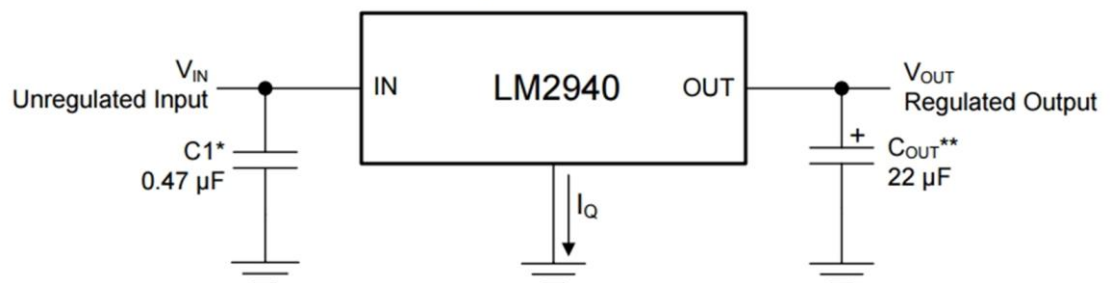
|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 30  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

LM2940С. Включено захист від КЗ та теплового перевантаження, а також інші стандартні функції регулятора.

#### Функції та переваги LM2940

- низьке падіння напруги: 0,5 В при 1 А вихідного струму
- Захист від реверсу акумулятора
- Внутрішній захист від КЗ
- Міцний корпус із захистом від дзеркального вставлення
- Діапазон вхідної напруги від 6 В до 26 В
- Кваліфікація вдосконалення продукту Р+

#### Схема застосування LM2940



\*Required if regulator is located far from power supply filter.

\*\*C<sub>OUT</sub> must be at least 22 μF to maintain stability. May be increased without bound to maintain regulation during transients. Locate as close as possible to the regulator. This capacitor must be rated over the same operating temperature range as the regulator and the ESR is critical; see curve.

Рисунок 1.17 – Схема включення LM2940

#### Програми LM2940

- Акумуляторне обладнання
- Програми SMPS
- Постійний регулятор для перемикання живлення
- Високоєфективний логічний блок живлення з регульованим джерелом живлення
- Сканери штрих-кодів
- Промислове приладобудування

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 31  |





виходу буде споживаний струм 3 мА (статичний струм). Статичний струм елемента LDO набагато менший, ніж він є.

2. Через цю характеристику при застосуванні LM2940 потрібне більш дисципліноване вирівнювання конденсаторів для підтримки адекватної потужності.

3. Виходи LM2940 мають струм до 1 А, що на 0,5 А менше, ніж у старого 7805. Для пристроїв, які потребують джерела струму  $> 1$  А, LM2940 може не підійти.

Підсумовуючи, LDO-регулятор напруги LM2940 є покращеною заміною LM7805 завдяки його конфігурації контактів.

Подвійний операційний підсилювач ОРА2107 забезпечує точну продуктивність Difet з економією вартості та місця подвійного операційного підсилювача. Він корисний у широкому діапазоні точних і малошумних аналогових схем і може використовуватися для підвищення продуктивності конструкцій, які зараз використовують підсилювачі типу VIFET®. ОРА2107 виготовлено за власною технологією діелектричної ізоляції (Difet). Це утримує вхідні струми зміщення на дуже низьких рівнях без шкоди для інших важливих параметрів, таких як вхідна напруга зміщення, дрейф і шум. Вхідна схема з лазерною корекцією забезпечує чудову продуктивність постійного струму. Досягаються чудові динамічні характеристики, але струм спокою підтримується на рівні менше 2,5 мА на підсилювач. ОРА2107 є стабільним у одиничному посиленні. ОРА2107 доступний у пластикових корпусах DIP та SOIC. Доступні версії для промислового діапазону температур. Вибір елементної бази пояснюється дешевизною РЕК з їхньою високою надійністю, малою масою і габаритними розмірами. Також вибрані РЕК працюють в колах, як високої так і низької частоти. Крім того, вони стандартизовані і уніфіковані, що спрощує ремонт і заміну.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 33  |

LM723/LM723C — це регулятор напруги, розроблений переважно для серійних регуляторів. Сам по собі він буде видавати вихідні струми до 150 мА; але зовнішні транзистори можуть бути додані для забезпечення будь-якого бажаного струму навантаження. Схема характеризується надзвичайно низьким споживанням струму в режимі очікування, а також передбачено лінійне або зворотне обмеження струму.

LM723/LM723C також корисний у широкому діапазоні інших застосувань, таких як шунтовий регулятор, регулятор струму або регулятор температури.

AT89C51 — це 8-розрядний мікрокомп'ютер з 4 Кбайтами флеш-пам'яті, що дає можливість програмування її за допомогою звичайного програматора енергонезалежної пам'яті.

Сімейство CS5531/32/33/34 високоінтегрованих аналого-цифрових (A/D) перетворювачів Delta Sigma використовує методи балансування заряду для досягнення 16-розрядної (CS5531/33) і 24-розрядної (CS5532/34) продуктивності. Аналого-цифрові перетворювачі оптимізовані для вимірювання низькорівневих уніполярних/біполярних сигналів, управлінні процесами, наукових і медичних додатках. Щоб відповідати цим додаткам, аналого-цифрові перетворювачі постачаються як 2-канальні (CS5531/32) або 4-канальні (CS5533/34) пристрої та включають в себе інструментальний підсилювач із дуже низьким рівнем шуму, стабілізованим із переривником ( $6 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$  при 0,1). Гц) із можливістю підсилення 1x, 2x, 4x, 8x, 16x, 32x і 64x. Ці аналого-цифрові перетворювачі також включають дельта-сигма-модулятор. Для зв'язку з мікроконтролером конвертери включають простий 3-провідний послідовний інтерфейс (сумісний із SPI та Microwire) із входом тригера Шмітта (SCLK). Широкий динамічний діапазон, програмована вихідна швидкість і гнучкі варіанти джерела живлення роблять ці аналого-цифрові перетворювачі ідеальними рішеннями для ваг і програм керування процесом.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 34  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

HT24LC02 — це 2К-розрядний послідовний пристрій читання/запису з енергонезалежною пам'яттю, що використовує процес плаваючого вентиля CMOS. Його 2048 біт пам'яті організовано в 256 слів, і кожне слово складається з 8 біт. До однієї 2-провідної шини можна підключити до восьми пристроїв HT24LC02. HT24LC02 має гарантію на 1 млн циклів стирання/запису та 40 років збереження даних.

### 1.7 Розробка компоновки та монтажу блоку

Розглянемо детальніше конструктивні особливості розроблюваного модуля. В конструкції друкованого вузла блоку використані радіоелементи тільки з штирьовими виводами (встановлені з одного боку ДП). Використана елементна база наведена в додатках – в переліку елементів та специфікації. Вона включає в себе 13 неелектролітичних конденсаторів з одним типорозміром корпуса та 5 електролітичних конденсаторів з двома типорозмірами корпуса, 32 резистори, що можуть бути встановлені автоматизованим способом. Також в конструкції друкованого вузла використано 3 діоди, 9 транзисторів та 7 мікросхем.

На цьому етапі було проведено трасування друкованої плати за допомогою САПР, тобто отримано РСВ топології провідного рисунка.

У світі сучасної електроніки друкована плата (РСВ) є основоположним стовпом, що дозволяє створювати все більш складні та компактні електронні пристрої. Від найпростіших схем до складних систем, проектування друкованих плат є ключовим аспектом електроніки, який передбачає створення компоновання та конфігурації друкованої плати. Плати є фундаментальними компонентами майже всіх електронних пристроїв, слугуючи платформою для з'єднання різних електронних компонентів і забезпечуючи шляхи для проходження електричних сигналів між ними.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 35  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

Конструкція друкованої плати — це компоновання або розташування електронних компонентів і провідних шляхів на платі, виготовленій із непровідного матеріалу, такого як скловолокно або композитна епоксидна смола. Вона служить основою для створення електронних пристроїв і систем. Розробка друкованої плати передбачає розміщення компонентів на платі таким чином, щоб полегшити їхнє з'єднання відповідно до бажаної функціональності схеми.

Після завершення розробки дизайну друкованої плати її можна буде використовувати для виготовлення фактичних друкованих плат, які потім заповнюються електронними компонентами.

**Компактність:** друковані плати дозволяють щільно розміщувати електронні компоненти в невеликому просторі, що дозволяє створювати компактні та легкі електронні пристрої.

**Надійність:** добре продумана розмітка друкованої плати забезпечує добре з'єднання компонентів.

**Електричні характеристики:** друковані плати забезпечують регульований імпеданс і належне заземлення, мінімізуючи погіршення сигналу, перехресні перешкоди та електромагнітні перешкоди, таким чином покращуючи електричні характеристики схеми.

**Масштабованість:** конструкції ДП можна масштабувати вгору або вниз, щоб відповідати різним складностям схем і форм-факторам.

**Простота виробництва:** друковані плати можна масово виробляти за допомогою автоматизованих виробничих процесів, що призводить до економічно ефективного та стабільного виробництва.

**Модульність:** друковані плати полегшують модульну конструкцію, дозволяючи легко замінювати або оновлювати компоненти без перепроєктування всієї системи.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 36  |

Тестування та налагодження: друковані плати дозволяють систематичне тестування та налагодження електронних схем, оскільки компоненти розташовані на платі логічно та організовано розміщені.

Стандартизація: друковані плати відповідають галузевим стандартам щодо розмірів компонентів, розмірів і з'єднань, сприяючи взаємодії та сумісності між окремими системами.

Проектування друкованої плати та проектування схем є двома різними, але тісно пов'язаними процесами у розробці електронних схем. Ось чим вони відрізняються:

Проектування друкованої плати передбачає переведення принципової схеми у фізичний макет на ДП.

Це передбачає розміщення електронних компонентів на ДП та прокладання трас (електричних з'єднань) між ними відповідно до з'єднань, зазначених у схемі.

При проектуванні друкованої плати враховуються такі фактори, як розміщення компонентів, топологія маршрутизації, стек шарів, цілісність сигналу, розподіл живлення, керування температурою та технологічність.

Програмні інструменти проектування ДП використовуються для створення та оптимізації макета, гарантуючи, що кінцевий дизайн відповідає функціональним вимогам і обмеженням дизайну.

Метою проектування друкованої плати є реалізація функціональності схеми у фізичній формі, яка підходить для виробництва, тестування та розгортання в електронних пристроях.

Схематичне проектування передбачає створення графічного представлення схеми за допомогою символів для представлення компонентів і ліній для позначення зв'язків між ними.

Зосереджене на логічному розташуванні компонентів та їх взаємозв'язках, ілюструючи, як сигнали проходять по колу.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 37  |

Схематичний дизайн служить схемою для електронної схеми, забезпечуючи високорівневе уявлення про функціональність і структуру схеми.

Програмні інструменти для проектування схем використовуються для створення та моделювання електричних схем, допомагаючи розробникам перевірити функціональність схеми та виявити потенційні проблеми.

Розробка ДП включає ряд етапів, від концептуалізації до підготовки виробництва. Ось загальний огляд процесу проектування друкованої плати:

#### 1. Визнення вимог:

Треба визначити функціональні вимоги та специфікації електронної схеми чи системи, яку підтримуватиме друкована плата.

Слід врахувати такі фактори, як форм-фактор, обмеження розміру, вимоги до живлення та екологічні міркування.

#### 2. Схематичний дизайн:

Потрібно створити електричну схему за допомогою програмного забезпечення.

Треба вибрати і розмістити електронні компоненти відповідно до функціональних вимог.

Встановлення електричних з'єднань між компонентами та визначення шляхів проходження сигналу.

#### 3. Вибір компонентів:

Слід вибирати електронні компоненти на основі схеми, враховуючи такі фактори, як функціональність, продуктивність, вартість і доступність.

Треба перевірити розміри компонентів і переконатися в сумісності з програмним забезпеченням компонування друкованої плати.

#### 4. Створення сліду РСВ:

Треба створити або перевірити схемні з'єднання для кожного компонента на основі специфікацій його таблиці даних.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 38  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

#### 5. Макет друкованої плати:

Треба розмістити компоненти на програмному забезпеченні компонування друкованої плати відповідно до принципової схеми.

Слід розміщувати компоненти для оптимальної цілісності сигналу, терморегулювання та технологічності.

Треба прокладати електричні з'єднання (траси) між компонентами, мінімізуючи перешкоди сигналу, перехресні перешкоди та розбіжності імпедансу.

Також слід визначити набір шарів і впорядкувати площини сигналу, живлення та заземлення.

#### 6. Перевірка правил проектування

Треба запустити перевірку правил проектування, щоб переконатися, що макет відповідає заданим обмеженням дизайну та виробничим вимогам.

#### 7. Аналіз цілісності сигналу:

Слід виконати аналіз цілісності сигналу, щоб забезпечити його якість і цілісність, особливо для високошвидкісних сигналів.

Виявлення та пом'якшення таких проблем, як відбиття сигналу, розбіжності імпедансу та проблеми з електромагнітними засобами та електромагнітною сумісністю.

#### 8. Термічний аналіз:

Треба проаналізувати теплові характеристики компонування друкованої плати, щоб забезпечити належне розсіювання тепла та охолодження компонентів.

Треба визначити гарячі точки та оптимізувати розміщення компонентів і стратегії управління температурою.

#### 9. Створення прототипів і тестування:

Слід виготовити прототип дизайну друкованої плати для тестування та перевірки.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 39  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

## 10. Документація та випуск:

Тут потрібно створити вичерпну документацію, включаючи складальні креслення, специфікацію матеріалів, файли Gerber і примітки до виготовлення.

Існує кілька стандартів і вказівок, які гарантують, що конструкції друкованих плат відповідають найкращим галузевим практикам, виробничим вимогам і критеріям ефективності. Деякі з ключових стандартів для проектування друкованих плат включають:

IPC (Association Connecting Electronics Industries):

IPC-2221: Стандарт дизайну ДП

IPC-2222: Стандарт проектування секцій для жорстких органічних друкованих плат

IPC-2223: стандарт проектування секцій для гнучких друкованих плат

IPC-6011: Загальна специфікація продуктивності для друкованих плат

IPC-6012: Специфікація кваліфікації та продуктивності для жорстких друкованих плат

IPC-6013: Специфікація кваліфікації та продуктивності для гнучких друкованих плат

IEEE 802.3: стандарт Ethernet для локальних мереж

IEEE 1149.1: Стандартний тестовий порт доступу та архітектура граничного сканування

IEEE 802.11: стандарти бездротової локальної мережі

J-STD (Спільний стандарт):

J-STD-001: Вимоги до паяних електричних та електронних вузлів

J-STD-003: Тести на паяність друкованих плат

J-STD-020: Класифікація чутливості до вологи/оплавлення для негерметичних твердотільних пристроїв для поверхневого монтажу

RoHS (Обмеження небезпечних речовин):

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 40  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |



Директива 2011/65/ЄС: Обмеження використання певних небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні

ISO (Міжнародна організація стандартизації):

ANSI (Американський національний інститут стандартів):

ANSI/IPC-2221A: Загальний стандарт дизайну друкованої плати

UL (Underwriters Laboratories):

UL 796: друковані плати

UL 94: Займистість пластикових матеріалів для деталей у пристроях і приладах

Кілька пакетів ПЗ для проектування ДП широко вважаються найкращими в галузі завдяки своїм функціям, можливостям і популярності серед професіоналів. Ось деякі з провідних варіантів ПЗ для проектування ДП:

Altium Designer:

Altium Designer — комплексне ПЗ для розробки ДП, відоме своїми потужними функціями, інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом і уніфікованим середовищем проектування.

Він пропонує розширені можливості компоунвання ДП, маршрутизації, моделювання, 3D-моделювання та проектної документації.

Altium Designer користується популярністю серед професійних дизайнерів і інженерів ДП завдяки своїй універсальності та інструментам для підвищення продуктивності.

Cadence Allegro:

Cadence Allegro — це високопродуктивне ПЗ для розробки ДП, яке використовується інженерами та дизайнерами для складних і високошвидкісних проектів.

Він надає розширені функції для захоплення схем, компоунвання друкованої плати, аналізу цілісності сигналу та оптимізації конструкції.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 41  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

Cadence Allegro пропонує надійні інструменти для співпраці та плавно інтегрується з іншими інструментами Cadence для наскрізного проектування ДП.

Ментор Графічні панелі:

Mentor Graphics PADS — популярне ПЗ для розробки ДП, відоме своєю простотою використання, доступністю та масштабованістю.

Він надає набір інструментів для захоплення схем, компоновання, маршрутизації, моделювання та підготовки виробництва.

PADS підходить як для малих, так і для великих команд дизайнерів і підтримує співпрацю та інтеграцію з іншими інструментами та платформами дизайну.

KiCad:

KiCad — це безкоштовний пакет ПЗ для розробки ДП із відкритим кодом, який пропонує потужні функції для створення схем і компоновання друкованих плат.

Він містить багатий набір інструментів для керування компонентами, створення сліду, 3D-візуалізації та перевірки правил проектування.

KiCad популярний серед любителів, студентів і малих підприємств завдяки своїй доступності, гнучкості та активній підтримці спільноти.

OrCAD:

OrCAD — це широко використовуваний пакет ПЗ для розробки ДП, розроблений компанією Cadence Design Systems, який пропонує ряд інструментів для захоплення схем, компоновання друкованих плат і моделювання.

Він надає функції для високошвидкісного проектування, аналізу цілісності сигналу та співпраці.

OrCAD доступний у різних версіях відповідно до потреб дизайну та бюджету.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 42  |

Проектування друкованих плат є складним і повторюваним процесом, який вимагає поєднання технічних знань, креативності та уваги до деталей. Удосконалення програмних засобів і технологій виробництва продовжують стимулювати інновації в дизайні друкованих плат, дозволяючи розробляти все більш компактні, надійні та високопродуктивні електронні пристрої.

Враховуючи все вище сказане та застосувавши пакет програм P-CAD-2006 з автоматизованими трасувальщиками було розроблено дизайн друкованої плати та друкованого вузла і оформлено їх в середовищі Autocad. Результати наведено на рис. 1.20 та рис. 1.21.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 43  |

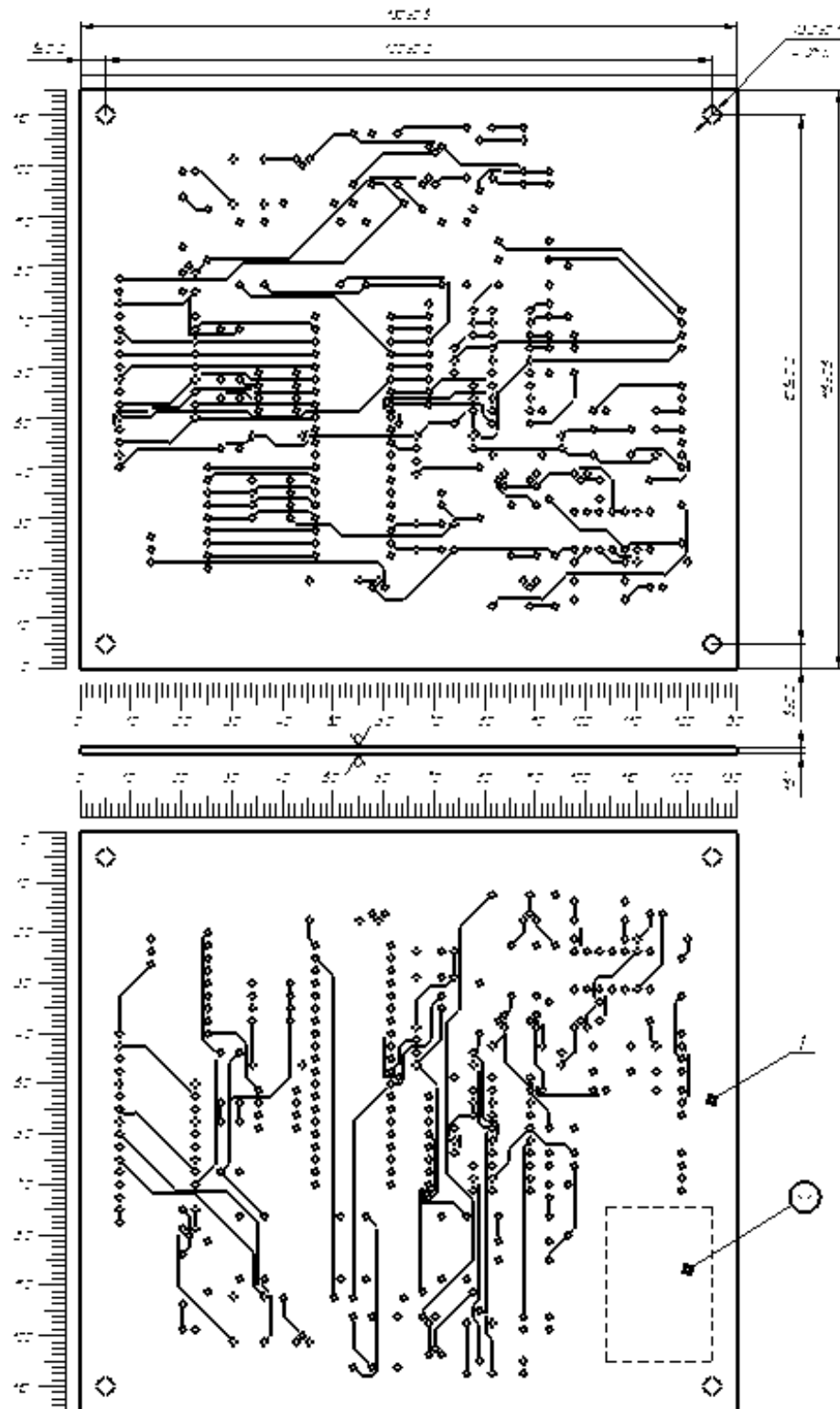


Рисунок 1.20 – Друкована плата

|    |     |         |        |      |
|----|-----|---------|--------|------|
|    |     |         |        |      |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |

СІВ 2.893.001 ПЗ

Арк  
44

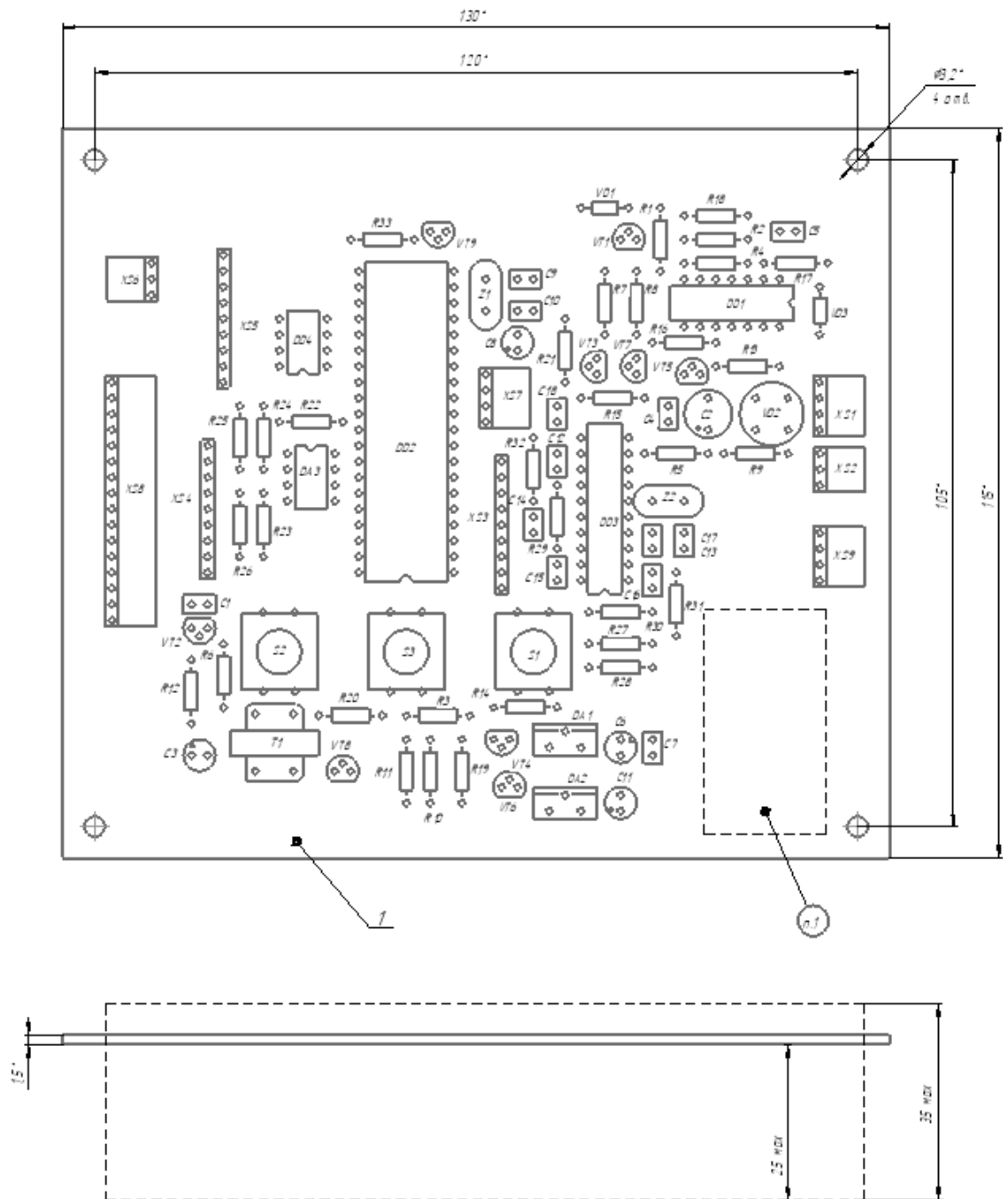


Рисунок 1.21 – Друкований вузол

Таким чином, проєктований мікроконтролерний модуль вийшов меншим за розмірами відповідно до прототипу, що зменшить масо-габаритні параметри ваг електронних в цілому.

|    |     |         |        |      |
|----|-----|---------|--------|------|
|    |     |         |        |      |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |

СІВ 2.893.001 ПЗ

Арк  
45

## 1.8 Висновки до розділу 1

В основній частині проведено аналіз завдання, огляд аналогів, аналіз принципу роботи проєктованих ваг лабораторних, розроблено схеми структурну та функціональну мікроконтролерного модуля, розроблено і проведено розрахунки схеми електричної мікроконтролерного модуля, проведено вибір елементної бази, розроблено компоновку та монтаж блоку.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 46  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

## 2 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 2.1 Заходи електробезпеки при роботі з виробом

При роботі з виробом необхідно дотримуватись загальні правила техніки безпеки. Залежно від способу захисту обслуговуючого персоналу від удару електричним струмом блок живлення можна віднести до I або II класу відповідно до діючого стандарту.

Правила техніки безпеки:

- при підозрі на несправність під час підготовки блоку до роботи необхідно відключити його від мережі електроживлення (знеструмити). Несправний блок категорично забороняється експлуатувати. Підозріння на несправність виникає із-за виникнення підозрілих шумів, тріску, запахів і тому подібне.

- заземлення на труби опалювання і водопроводу не можна вважати задовільним, оскільки завжди є вірогідність, що в іншому приміщенні на цю ж трубу заземлений блок із значним витоком струму, який може поширитися на пацієнта і обслуговуючий апаратуру персонал.

- якщо одночасно використовується декілька блоків, вони повинні мати одну точку заземлення. Не можна підключати блоки до землі послідовно, в цьому випадку утворюється "петля" заземлення, по якій циркулюють струми витоку.

- заміна патронів, вилок і інших з'єднувачів повинна робитися лише фахівцями, хоча на перший погляд робота здається дуже простою.

*Надання першої медичної допомоги при електроударах*

Першу допомогу потерпілому від удару електричним струмом потрібно надавати максимально швидко і правильно. Необхідно, насамперед, людину,

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 47  |

що постраждала, звільнити від струму, оскільки тривалість дії впливає на тяжкість електротравми. Перш за все треба відключити подачу електроенергії до місця події за допомогою рубильника або вимикача. Якщо вимикача поруч немає, а напруга живлячої лінії не перевищує 1000 В (напруга в побутових електричних мережах не перевищує 220 В), то звільняють потерпілого за допомогою сухого предмету не провідного електрика: палиці, дошки, сухої частини одягу, наприклад підлоги піджака або коміра куртки. Відтягаючи потерпілого за одяг, потрібно потурбуватися про власну ізоляцію. Для цієї мети підійде сухий шарф, надітий на руку, суконна або шкіряна кепка; можна встати на гумовий автомобільний килимок або прихопити нею потерпілого; можна перерубати дроти сокирою з сухою дерев'яною рукояткою. Перурабати або перекушувати дроти необхідно поодиноці, кожен фазу окремо. При напрузі в мережі вище 1000 В слід надіти діелектричні рукавички і боти, діяти ізолюючою штангою або виробити замикання дротів накоротко, накинувши на них гнучкий дріт, що має чималий перетин, аби не перегорів при виникненні струму короткого замикання. Іншими словами, потрібне спеціальне устаткування.

У всіх випадках удару електричним струмом потрібно викликати швидку медичну допомогу. Якщо потерпілий в свідомості, але був в непритомності, або якщо знаходиться в несвідомому стані, але дихання і пульс збережені, то його треба положити, розстібнути одяг, зігріти тіло і створити спокійну обстановку довкола. Аби потерпілий не захлинувся від блювоти, голову необхідно обернути набік. Коли потерпілий приходить в свідомість, йому забороняють підійматися і ходити до приїзду швидкої медичної допомоги. Зазвичай таких потерпілих доставляють в стаціонарне відділення і декілька днів спостерігають за їх станом.

Якщо після звільнення від дії електричного струму потерпілий не дихає або дихання у нього рідке, неглибоке, і шкірні покриви поступово синіють, то

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 48  |



необхідно провести штучне дихання. Дихання з рота в рот або з рота в ніс забезпечують вступ в легені рятованого необхідної кількості повітря, придатного для дихання. Вдування повітря здійснюється через марлю або носову хустку. При цьому методі штучного дихання видно, чи потрапляє повітря в легені рятованого, на вдиху у нього підіймаються ребра, а видих відбувається пасивно, за рахунок природної еластичності грудної клітки.

## 2.2 Пожежна безпека

Пожежа - неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, яке призводить до матеріальної шкоди.

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована. Воєнізована охорона створюється на об’єктах з підвищеною небезпекою. Крім того на підприємствах для посилення пожежної охорони організуються добровільні пожежні дружини і команди, добровільні пожежні товариства і пожежно-технічні комісії з числа робітників та

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 49  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

службовців. При Міністерстві внутрішніх справ існує управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд який здійснює:

Контроль за станом пожежної безпеки

Розробляє і погоджує протипожежні норми і праила та контролює їх виконання в проектах і безпосередньо на об'єктах народного господарства

Проводить розслідування і облік пожеж

Організовує протипожежну профілактику.

Протипожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, які спрямовані на здійснення безпеки людей, на попередження пожеж, локалізацію їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій на підприємстві є головний інженер. Начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт по її ліквідації.

Протипожежні вимоги до будинків і споруд

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із ОНТП 24-86 “Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п'ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

До категорії А належать приміщення, де перебувають спалимі та легкозаймисті рідини з температурою спалаху, що не перевищує 28°C, а також речовини і матеріали здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем або одне з одним; при утворенні вибухонебезпечних сумішей розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії Б належать приміщення, в яких є пил та волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху понад 28°C та спалимі рідини в

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 50  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні та пароповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху 5 кПа.

До категорії В належать приміщення, де перебувають спалимі та важкоспалимі рідини, тверді спалимі та важкоспалимі речовини та матеріали (в тому числі пил та волокна), а також речовини і матеріали які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря та одне з одним тільки горіти (за умови, що ці приміщення не відносяться до категорії А чи Б).

До категорії Г належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також спалимі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо; процес їх обробки супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я.

До категорії Д належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали у холодному стані.

На розвиток пожежі у приміщеннях та спорудах значно впливає здатність окремих будівельних елементів чинити опір впливу тепла, тобто їх вогнестійкість.

Вогнестійкість – здатність будівельних конструкцій чинити опір дії високої температури, утворенню наскрізних тріщин та поширенню вогню в умовах пожежі і виконувати при цьому свої звичайні експлуатаційні функції. Вогнестійкість конструкцій будівель характеризується межею вогнестійкості.

Межа вогнестійкості – це час, на протязі якого конструкція може витримати дію вогню, а потім вже починається деформація.

Будинок може належати до того або іншого ступеня вогнестійкості, якщо значення меж вогнестійкості і меж поширення вогню усіх конструкцій не перевищує значень вимог СНиП 2.01.02-85.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 51  |

### 2.3 Висновки до розділу

В розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано заходи електробезпеки при роботі з виробом, а також питання пожежної безпеки на підприємстві.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 52  |

## Висновки

В роботі проведено проектування мікроконтролерного модуля для керування лабораторною вагою. За прототип взято модуль ваги ВК-300. Проведено огляд аналогів та встановлено спільні риси, зокрема застосування моста з тензорезистивних давачів для вимірювання навантаження на вагу. Це є особливо зручним, оскільки дозволяє отримувати одразу електричний сигнал, пропорційний до такого навантаження. Саме такий міст використовується в вазі ВК-300. В проектуваному модулі використано високоефективний модуль АЦП на базі CS5532 для оцифрування отриманого з моста сигналу. Наступне опрацювання виконується з допомогою мікроконтролера AT89C51.

На основі цього було запропоновано схему структурну, функціональну та електричну мікроконтролерного модуля. Проведено розрахунки, обґрунтовано вибір компонентів та розроблено друковану плату і друкований вузол модуля.

Проектований мікроконтролерний модуль вийшов меншим за розмірами відповідно до прототипу, що зменшить масо-габаритні параметри ваг електронних в цілому.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 53  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |

## Список використаних джерел

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital\\_converter](https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter)
2. Allen, Phillip E.; Holberg, Douglas R. (2002). CMOS Analog Circuit Design. ISBN 978-0-19-511644-1.
3. Walden, R. H. (1999). "Analog-to-digital converter survey and analysis". IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 17 (4): 539–550.
4. Ndjountche, Tertulien (May 24, 2011). CMOS Analog Integrated Circuits: High-Speed and Power-Efficient Design. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 978-1-4398-5491-4.
5. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
6. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
7. Драган Я.П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. "Львівська політехніка": зб. наук. пр. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2002. № 443. С. 200-205.
8. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
9. Дедів І.Ю., Сверстюк А.С., Дедів Л.Є., Дозорський В.Г., Хвостівський М.О. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 126 с. ISBN 978-617-574-219-8.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 54  |

10. Дедів Л.Є., Сверстюк А.С., Дедів І.Ю., Хвостівський М.О., Дозорський В.Г., Яворська Є.Б. Математичне та комп'ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу: наукова монографія. Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. 120 с. ISBN 978-617-574-218-1.

11. Khvostivska L., Khvostivskyi M., Dunets V., Dediv I. (2023) Matematychnе, alhorytmichne ta prohramne zabezpechennia synfaznoho vyjavlennia radiosyhnaliv v elektronnykh komunikatsiinykh merezhakh iz zavadamy [Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises]. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol. 111, no 3, pp. 48-57 [in Ukrainian].

12. Dozorskyi V., Dediv I., Sverstiuk S., Nykytyuk V., Karnaukhov A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. Proceedings of the 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. P.233-240. ISSN 1613-0073. CEUR Workshop Proceedings. Ternopil, Ukraine.

13. Дозорський В.Г., Дозорська О.Ф., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю., Паньків І. М., Яворська Є.Б. Структура системи відбору біосигналів для задачі відновлення комунікативної функції людини. Вісник Хмельницького національного університету: технічні науки. – Хмельницький: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету". – 2019. - №2(271) – с. 183-186.

14. Хвостівська Л.В., Осухівська Г.М., Хвостівський М.О., Шадрина Г.М., Дедів, І. Ю. Розвиток методів та алгоритмів обчислення періоду стохастичних біомедичних сигналів для медичних комп'ютерно-діагностичних систем. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка,

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  | 55  |

Радіоапаратобудування. /Категорія В/ 2019. Вип. 79. С. 78-84. doi: 10.20535/RADAP.2019.79.78-84.

15. Дозорська О.Ф., Яворська Є.Б., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є. і Дедів І.Ю. Метод виявлення ознак основного тону в структурі електроміографічних сигналів для задачі компенсації порушеної комунікативної функції людини», Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (81), с. 56-64. doi: 10.20535/RADAP.2020.81.56-64.

16. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з дисципліни «Матеріали та основи технології електронних апаратів» : для студентів напряму підготовки 6.050902 "Радіоелектронні апарати" / укл. : В. Г. Дозорський. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 47 с.

17. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. 344с.

18. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник. Книга 1. Львів : «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

19. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.

20. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.

21. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів: навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

|    |     |         |        |      |                  |     |
|----|-----|---------|--------|------|------------------|-----|
|    |     |         |        |      | СІВ 2.893.001 ПЗ | Арк |
|    |     |         |        |      |                  | 56  |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дата |                  |     |



# ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедру РТ  
\_\_\_\_\_ к.т.н. Дунець В.Л.  
“03” червня 2024 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Мікроконтролерний модуль для керування лабораторною вагою»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Дедів І.Ю. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Сташків І.В. \_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 р.

Тернопіль 2024

# 1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “Мікроконтролерний модуль для керування лабораторною вагою”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-581 від 03.06.2024 р.).

## 2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Сташків І.В. групи РАс-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

## 3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка аналого-цифрового перетворювача низькочастотних сигналів, що включає в себе:

- вибір апаратного забезпечення для даного пристрою;
- вибір елементної бази розроблювального пристрою;
- розрахунок і вибір компонентів для оптимальної роботи пристрою;
- розробку друкованої плати та друкованого вузла.

## 4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

Технічні вимоги:

- живлення модуля: або від акумулятора чи мережі електроживлення;
- реалізацію порта обміну даними;
- блок повинен мати можливість підключення індикаторів для відображення режимів його роботи;
- наявність звукової сигналізації;

- робочий температурний діапазон +10 °С...+ 35 °С.

## 5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5.2. Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- Пояснювальна записка;
- Структурна схема пристрою;
- Принципова схема пристрою;
- Друкована плата;
- Друкований вузол.

## ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 - Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи

| № етапу | Назва етапу виконання  | Термін виконання |
|---------|--|------------------|
| 1       | Розробка та затвердження технічного завдання   | 22.02. 2024      |
| 2       | Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи | 1.03. 2024       |
| 3       | Вибір власних схемо-технічних рішень   | 16.03.2024       |
| 4       | Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою;   | 29.03.2024       |
| 5       | Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою.   | 12.04.2024       |
| 6       | Створення допоміжної документації  | 26.04.2024       |
| 7       | Розроблення креслень   | 26.04.2024       |
| 8       | Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності  | 10.05.2024       |
| 9       | Нормоконтроль  | 24.05.2024       |
| 10      | Попередній захист  | 31.05.2024       |
| 11      | Захист   | 23.05.2024       |

## ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.





| Форма | Зона. | Поз. | Найменування      | Найменування                | Кіл. | Примітка        |
|-------|-------|------|-------------------|-----------------------------|------|-----------------|
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   | <b><u>Документація</u></b>  |      |                 |
| A1    |       |      | СВІ 2.893.001 СК  | Складальне креслення        |      |                 |
| A2    |       |      | СВІ 2.893.001 ЕЗ  | Схема електрична принципова |      |                 |
| A4    |       |      | СВІ 2.893.001 ПЕЗ | Перелік елементів           |      |                 |
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   | <b><u>Деталі</u></b>        |      |                 |
|       |       | 1    | СВІ 7.103.001     | Плата друкована             | 1    |                 |
|       |       | 2    | СВІ 8.600.001     | Прокладка                   | 1    |                 |
|       |       | 3    | СВІ 8.600.002     | Прокладка                   | 1    |                 |
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   | <b><u>Інші вироби</u></b>   |      |                 |
|       |       |      |                   |                             |      |                 |
|       |       |      |                   | <b><u>Конденсатори</u></b>  |      |                 |
|       |       |      |                   | К50-35 ОЖ0.464.096 ТУ       |      |                 |
|       |       |      |                   | К10-17 ОЖ0.460.84 ТУ        |      |                 |
|       |       | 4    |                   | К73-17-63В-0,047мкФ±10%     | 1    | С1              |
|       |       | 5    |                   | К50-35-25В-470мкФ±20%       | 2    | С2,С11          |
|       |       | 6    |                   | К50-35-16В-6,8мкФ±20%       | 1    | С3              |
|       |       | 7    |                   | К73-17-63В-0,01мкФ±10%      | 3    | С4,С5,С7        |
|       |       | 8    |                   | К50-35-25В-100мкФ±20%       | 1    | С6              |
|       |       | 9    |                   | К50-35-16В-10мкФ±20%        | 1    | С8              |
|       |       | 10   |                   | К73-17-63В-20 пФ±10%        | 2    | С9,С10          |
|       |       | 11   |                   | К73-17-63В-0,1мкФ±10%       | 3    | С12,С14,С18     |
|       |       | 12   |                   | К73-17-63В-0,22мкФ±10%      | 4    | С13,С15,С16,С17 |

|                  |                |                 |               |            |   |  |  |                 |             |                |   |  |
|------------------|----------------|-----------------|---------------|------------|---|--|--|-----------------|-------------|----------------|---|--|
|                  |                |                 |               |            | СВІ 2.893.001   |  |  |                 |             |                |   |  |
|                  |                |                 |               |            |   |  |  |                 |             |                |   |  |
| <b>Змн.</b>      | <b>Арк.</b>    | <b>№ докум.</b> | <b>Підпис</b> | <b>Дат</b> | Мікроконтролерний модуль<br>для керування лабораторною<br>вагою<br>Друкований вузол |  |  | <b>Літ.</b>     | <b>Арк.</b> | <b>Аркушів</b> |   |  |
| <b>Розроб.</b>   | Сташків В.І.   |                 |               |            |   |  |  |                 |             | 1              | 3 |  |
| <b>Перевір.</b>  | Дедів І.Ю.     |                 |               |            |   |  |  |                 |             |                |   |  |
| <b>Н. Контр.</b> | Марценюк А.С.  |                 |               |            |   |  |  | ТНТУ, гр.РАС-41 |             |                |   |  |
| <b>Затверд.</b>  | Дунець В.Л.    |                 |               |            |   |  |  |                 |             |                |   |  |
| <b>Рецензент</b> | Дозорська О.Ф. |                 |               |            |   |  |  |                 |             |                |   |  |





