

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: “Частотомір електронний”

(назва теми)

(назва теми)

(назва теми)

Виконав (ла): студент (ка) IV курсу групи РАс-41

спеціальності: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(шифр і назва напряму підготовки)

Томс Б.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник:

Марценюк А.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль:

Марценюк А.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент:

Стрембіцький М.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет: прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра: радіотехнічних систем

(повна назва кафедри, циклової комісії)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

“ ” червня 20 21 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня: бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю: 172 “Телекомунікації та радіотехніка”

(назва освітнього ступеня)

студенту: Томсу Богдану Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: “Частотомір електронний”

Керівник роботи: Марценюк Анатолій Сергійович, ст. викл

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

затверджена наказом ректора від “ 31 ” травня 20 21 року № 4/7-435

2 Термін подання студентом завершеної роботи: 25 червня 2021 р.

3 Вихідні дані роботи: <u>Максимальна вимірювана частота, МГц</u>	<u>30;</u>
<u>Максимальний крок вимірювання частоти, Гц</u>	<u>6;</u>
<u>Чутливість по входу, мВ</u>	<u>250;</u>
<u>Точність вимірювання частоти, Гц</u>	<u>0,01;</u>

4 Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Проектування та рахунок схеми електричної структурної

2 Проектування та рахунок схеми електричної структурної

3 Розробка програми

4 Проектування друкованого вузла

5 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

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

6 Схема електрична структурна (обов'язкове)

7 Схема електрична принципова (обов'язкове)

8 Алгоритм роботи

9 Друкований вузол (деталь) (обов'язкове)

10 Складальне креслення друкованого вузла (обов'язкове)

11 Технічні показники (плакат)

6 Консультанти розділів роботи:

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

Дата видачі завдання “ 31 ” травня 20__р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>	<i>17.02.2021</i>	
2	<i>Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи</i>	<i>24.02.2021</i>	
3	<i>Розробка та розрахунок схеми електричної структурної</i>	<i>03.03.2021</i>	
4	<i>Розробка та розрахунок схеми електричної принципової</i>	<i>17.03.2021</i>	
5	<i>Розробка алгоритму</i>	<i>19.04.2021</i>	
6	<i>Проектування конструкторське</i>	<i>05.05.2021</i>	
7	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>12.05.2021</i>	
8	<i>Нормоконтроль</i>	<i>16.05.2021</i>	
9	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>09.06.2021</i>	
10	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>23.06.2021</i>	

Студент

_____ (підпис)

Томс Б.Є.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Марценюк А.С.
_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи: “Частотомір електронний” // Кваліфікаційна робота бакалавра // Томс Богдан Євгенович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, кафедра радіотехнічних систем, група РАС-41 // Тернопіль, 2021 // с. – 53, рис. – 28, табл. – 1, бібліографія – 9, креслення – 5.

Ключові слова: АЛГОРИТМ, ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПЕРІОД, ЧАСТОТА, ЧАСТОТОМІР, ЧУТЛИВІСТЬ.

Проведено аналіз методів та засобів вимірювання частоти. Обґрунтовано вибір інтервального методу вимірювання частоти. Вимірюваний сигнал перетворюється в послідовність імпульсів і вимірюється період їх слідування. На базі проведеного аналізу розроблено схеми електричну структурну частотоміра. Розроблено схему електричну принципову та проведено розрахунок каскадів. Розроблено алгоритм роботи лічильника періоду, відображення інформації та управління частотоміром. Частотомір управляється однією кнопкою.

Технічні параметри частотоміра:

Максимальна вимірювана частота 30 МГц;

Максимальний крок вимірювання частоти 6 Гц;

Чутливість по входу 250 мВ;

Точність вимірювання частоти 0,01 Гц.

Annotation

Work qualification theme: “Frequency meter is electronic” // Bachelor qualification work // Toms Bohdan Ievhenovych // Ivan Pulyuj Ternopil National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Radio Engineering Systems Department, group RAs-41 // Ternopil 2021 // p. – 57, fig. – 28, table – 1, bibliography – 16, drawing – 5.

Keywords: ALGORITHM, DYNAMIC RANGE, MICROCONTROLLER, PERIOD, FREQUENCY, FREQUENCY METER, SENSITIVITY.

The analysis of methods and means of frequency measurement is carried out. The choice of interval method of frequency measurement is substantiated. The measured signal is converted into a sequence of pulses and the period of their following is measured. On the basis of the conducted analysis schemes of electric structural frequency meter are developed. An electrical circuit diagram has been developed and cascades have been calculated. An algorithm for the operation of the period counter, information display and frequency meter control has been developed. The frequency meter is controlled by one button.

Technical parameters of the frequency meter:

The maximum measured frequency is 30 MHz;

Maximum frequency measurement step 6 Hz;

Input sensitivity 250 mV;

Frequency measurement accuracy 0.01 Hz.

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	7
Вступ.....	8
1 Основана частина	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.2 Обґрунтування методу вимірювання частоти.....	10
1.3 Схема електрична структурна	14
1.3.2 Розрахунок конденсаторів індивідуальної розв'язки.....	22
1.3.3 Вибір конденсаторів групової розв'язки живлення	23
1.3.4 Розрахунок елементів вхідного кола.....	24
1.4 Проектування програмне	32
1.4.1 Розробка алгоритму роботи мікроконтролера	32
1.5 Програма управління семисегментним індикатором	35
1.6 Конструкція друкованого вузла.....	43
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	46
2.1 Планування робіт з охорони праці та контроль за їх безпекою	46
2.2 Проведення аварійно-відновлювальних робіт на лініях і об'єктах зв'язку, радіомовлення і телебачення	49
Висновки	51
Список використаних джерел	52
Додатки.....	53

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Томс Б.Є.</i>			Частотомір електронний <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Марценюк А.С.</i>					6	48
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ імені Івана Пулюя, ФПТ, каф. РТ, гр. РАС-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Марценюк А.С.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Дунець В.Л.</i>						

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

АЧХ – амплітудно-частотна характеристика;

ФЧХ – фазочастотна характеристика;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

МП – мікропроцесор;

ОБР – область безпечної роботи;

ЕСКД – єдина система конструкторської документації;

ЕСПД – єдина система програмної документації;

САПР – система автоматизованого проектування;

БЖД – безпека життєдіяльності.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Частота це найважливіша характеристика періодичних процесів, яку визначають числом повних циклів (періодів) коливань за одиницю часу. Необхідність вимірювання частоти виникає в багатьох наукових та прикладних дослідженнях. Доволі часто – в радіоелектроніці, яка охоплює великий діапазон електричних коливань від інфранизьких до надвисоких частот.

Частота – це повторення події. Якщо T – період повторюваної події, то частота $f = 1 / T$. Міжнародна система одиниць (СІ) стверджує, що період завжди повинен бути виражений в одиницях секунд (с), а частота завжди повинна бути виражена в герцах (Гц). Частота електричних сигналів часто вимірюється в одиницях кілогерц (кГц) або мегагерцах (МГц), де 1 кГц дорівнює 1000 (10³) циклів в секунду, а 1 МГц дорівнює 1 мільйона (10⁶) циклів в секунду.

Середню частоту за інтервал часу можна дуже точно виміряти. Інтервал часу є одним з чотирьох основних еталонів вимірювання (інші – довжина, маса та температура). З цих чотирьох базових стандартів часовий інтервал (і частоту) можна виміряти з найбільшою роздільною здатністю і найменшою невизначеністю. У деяких галузях метрології 1 частина на мільйон (10⁻⁶) вважається цілком досягненням. У частотній метрології вимірювання 1 частини на мільярд (10⁻⁹) є звичним явищем, і навіть 1 частина на трильйон (10⁻¹²) є звичним явищем.

Для вимірювання частоти періодичного процесу або його гармонічних складових сигналу використовують частотомір.

Методи вимірювання включають прямий підрахунок, аналогову інтерполяцію, перетворення часу в напругу, вимірювання часу та перетворення часу в цифровий. Однак усі ці методи складні, а інструменти є дорогими.

За методами вимірювань прилади безпосередньої оцінки (аналогові) та порівняння (резонансні, гетеродинні, електронно-рахункові).

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Вимірювані величини: аналогові (частота синусоїдних коливань), гетеродинні, резонансні, вібраційні (частота гармонійних складових) і електронно-лічильні, конденсаторні (частота дискретних відліків).

Частотомір пристрій вимірювання повторень за одиницю часу (зазвичай секунду) електромагнітної хвилі. Використовують різні типи частотомірів. Багато є приладами типу відхилення, які зазвичай використовуються для вимірювання низьких частот, але можуть використовуватися для частот до 900 Гц. Вони діють шляхом збалансування двох протилежних сил. Зміни частоти, що підлягає вимірюванню, спричиняють зміну цього балансу, яку можна виміряти відхиленням вказівника на шкалі. Вимірювачі дефлекторного типу два типи – електрично-резонансні та раціометри.

Багато людей не знають про частоти, що використовуються електричними виробами, які вони використовують у повсякденному житті. Однак деякі пристрої визначають певну підтримувану частоту, і використання цих продуктів з електрикою на непідтримуваній частоті створює ризик пошкодження, пожежі та інших небезпек.

Деякі електричні машини, що використовуються в промислових цілях, призначені для роботи як на одній, фіксованій, так і на змінній частоті. Ця сторінка забезпечує легке для розуміння вступ до фундаментальних знань про методи вимірювання частоти в контексті електричних вимірювань.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Основана частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Вимірювання частоти – це дуже важливе застосування як підрахунку, так і часу. Використання може бути таким різноманітним, як кількість відліків, отриманих за хвилину в лічильнику Гейгера, скільки циклів в секунду (тобто Герц) відбувається в електронних чи акустичних вимірах або скільки обертів коліс за одиницю часу в вимірювання швидкості. Потрібні як лічильник, так і таймер, таймер для вимірювання контрольного часу та лічильник для підрахунку кількості подій за цей час.

Найбільшого застосування в сучасній вимірювальній техніці отримали вимірювальні прилади з цифровими перетворювачами, які використовують для вимірювань, з передачею вимірювальної інформації на відстані, як проміжні перетворювачі для введення інформації в електронно-обчислювальну машину.

У даній роботі проектується частотомір електронний на базі мікропроцесора з наступними параметрами:

Максимальна вимірювана частота, МГц 30;
Максимальний крок вимірюваної частоти, Гц: 10;
Чутливість по входу, мВ 250;
Точність вимірювання частоти \pm Гц: 1.

1.2 Обґрунтування методу вимірювання частоти

Пропонований метод дозволяє вимірювати частоту в широкому діапазоні з невеликою і постійною похибкою. Вимірюваний сигнал надходить на вимірювач де перетворюється в послідовність імпульсів період T_x яких дорівнює періоду вимірюваного сигналу. Одночасно формується перший часовий інтервал тривалістю Δt_1 , який заповнюється n імпульсами періодичної послідов-

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ності, які фіксується і є незалежним від послідовності. Співвідношення $\Delta t_1/n$ відповідає періоду вимірюваного сигналу T_x , а величина обернена до $\Delta t_1/n$ – значенню f_x частоти вимірюваного сигналу. Відхилення від значення f_x визначається похибкою дискретизації, зменшенням якої займімося. На рисунку 1.1 зображено діаграму вимірювання частоти.

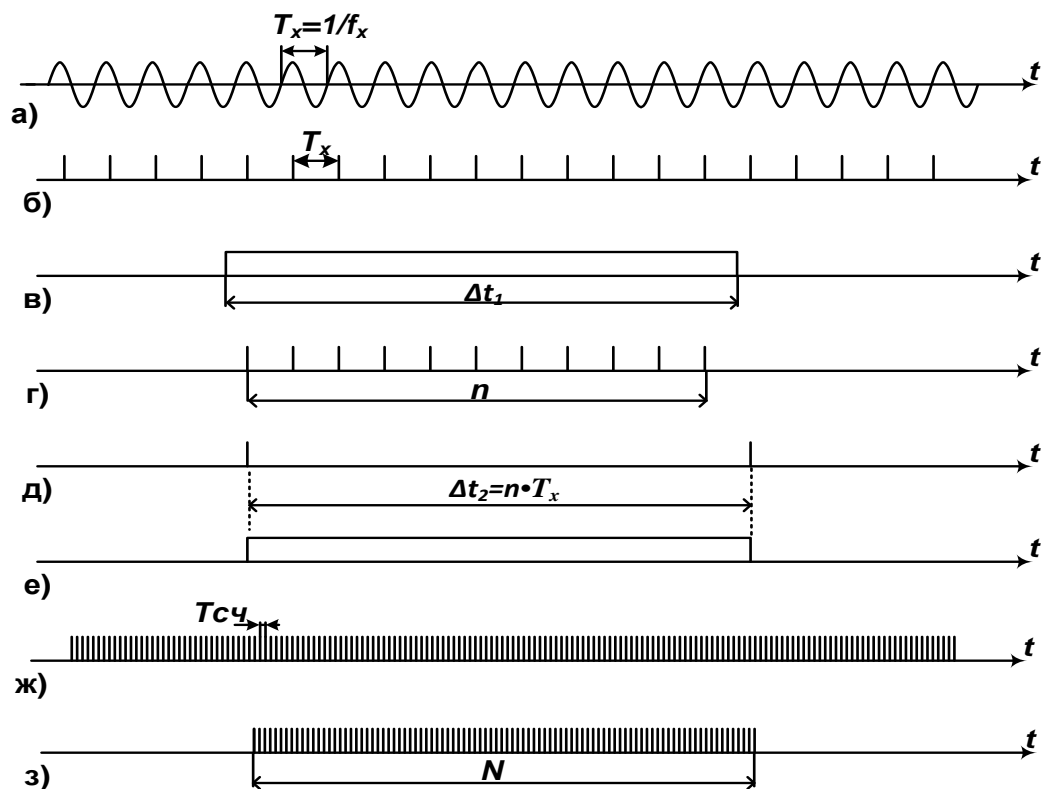


Рисунок 1.1 – Діаграма вимірювання частоти

Одночасно формується другий часовий інтервал початок, якого співпадає з імпульсом послідовності, що з'являється на початку першого часового інтервалу, а спад формується відразу по закінченні першого часового інтервалу. Другий часовий інтервал має тривалість, яка містить ціле число періодів вимірюваного сигналу, тобто $\Delta t_2 = nT_x$.

Послідовність імпульсів, яка сформована вимірюваним сигналом синхронізує початок та завершення утворених інтервалів, тому округлююча похибка відпадає. Другий часовий інтервал наповнюється імпульсами, які підраховуються. Число N яких запам'ятовується.

Кількість імпульсів в другому часовому інтервалі визначається співвідношенням

$$N = ntT_x / T_p = ntF_p / f_x \quad (1.1)$$

звідки

$$f_x = nF_p / N \quad (1.2)$$

де

F_p – частота слідування імпульсів, які підраховуються.

Відносна похибка дискретизації вимірної частоти δf_x . Максимальне значення відносної похибки дискретизації вимірювання інтервалу часу $\Delta t_2 = nT_x$ визначаємо через абсолютну похибку. Оскільки інтервал заповнюється імпульсами, які підраховуються з періодом повторення F_p , то максимальна абсолютна похибка $\Delta_2 = \pm F_p$. Тоді значення максимальної відносної похибки

$$\delta_2 = \pm T_p / \Delta t_2 = \pm T_p / nT_x \quad (1.3)$$

Рівність $\Delta t_2 = nT_x$ представляємо у вигляді $f_x = n / \Delta t_2$. При непрямих вимірюваннях похибка функції f_x пов'язана з похибкою аргументу Δt_2 співвідношенням

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\delta f_x = \delta_2 \quad (1.4)$$

Підставивши δ_2 з (1.3) в

$$\delta f_x = \pm T_p / n T_x = \pm (f_p / n) T_p \quad (1.5)$$

При підстановці в (1.5) замість f_p / n співвідношення $f_p / n = 1 / \Delta t_1$ виходить

$$\delta f_x = \pm T_p / \Delta t_1 = \pm 1 / F_p \Delta t_1 \quad (1.6)$$

Згідно формули (1.6) значення максимальної відносної похибки дискретизації виміру частоти запропонованим методом дискретної лічби не залежить від значення частоти і, є однаковою у всьому діапазоні частот.

Необхідна при цьому частота дискретизації

$$F_p = \pm 1 / \delta f_x \Delta t_1, \quad (1.7)$$

де δf_x – задана похибка дискретизації вимірювання.

Наприклад, частота імпульсів, які підраховуються 10 МГц, а тривалість часових інтервалів 1 с (для більшості частотомірів) максимальне значення похибки дискретизації дорівнює $\pm 10^{-8}$.

Таким чином, запропонований метод дозволяє проводити вимірювання частоти 1 Гц ... 1МГц без зміни меж та методу вимірювання. Виключаються додаткові операції контролю параметрів вимірюваної частоти.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Схема електрична структурна

Схема електрична структурна включає наступні основні вузли: мікроконтролер, вхідний пристрій, генератор лічильних імпульсів, два лічильники, формувач другого часового інтервалу, пристрою виведення інформації.

Вимірюваний сигнал частотою f_x рисунок 1.1 (а) після вхідного каскаду поступає на вхід формувача імпульсів, перетворившись в періодичну імпульсну послідовність 1.1 (б).

Як поступає вхід 1 селектора часового 2 рисунок 1.2, на вхід 2 подається стробуючий імпульс, який є першим часовим інтервалом з тривалістю $\Delta t_1 = 1c$ (в).

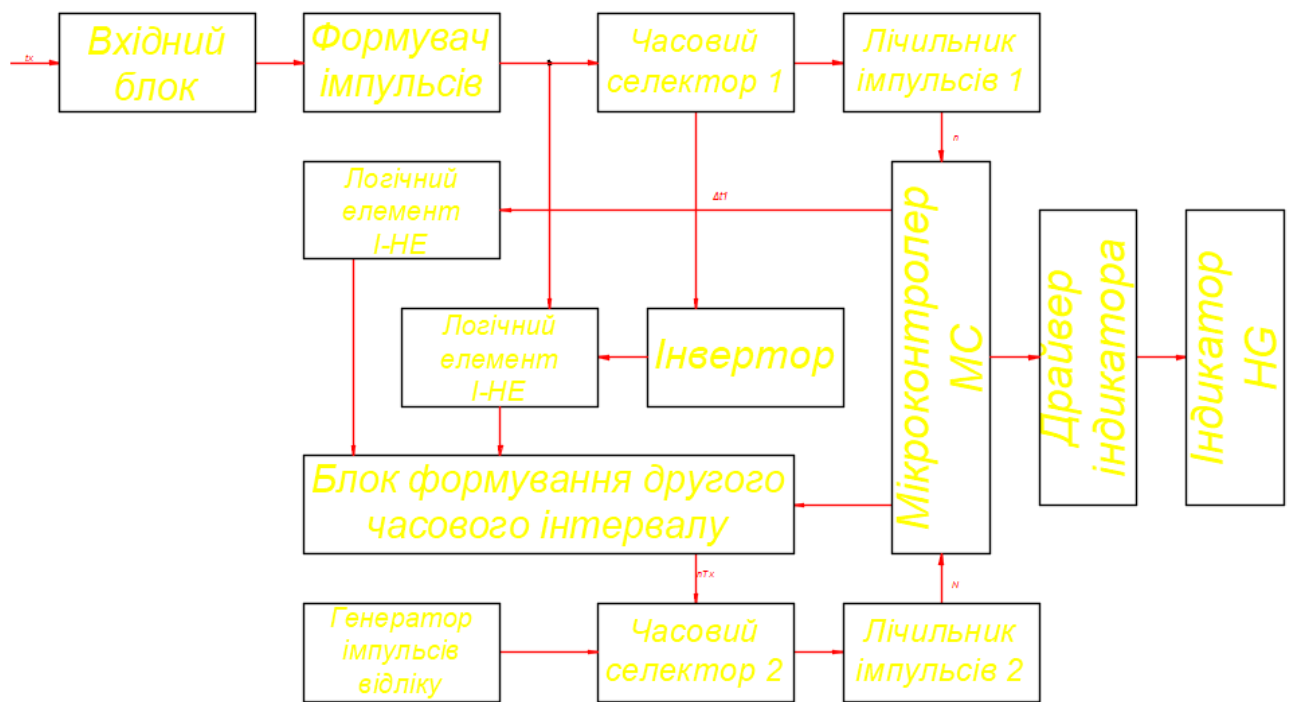


Рисунок 1.2 – Схема електрична структурна

Вхідні імпульси заповнюють часові інтервали, їх кількість n підраховується лічильником 1 і запам'ятовується. Стробуючий імпульс, а перший часовий інтервал, поступає з мікроконтролера також на вхід 2 елементу I та вхід ін-

вертора. Періодична імпульсна послідовність, подається з формувача на вхід 2 елементів I1, I2, проходять на вхід 1 каскаду формування другого часового інтервалу, на вході 2 елементу I1 стробуючий імпульс. На вхід 2 каскаду формування вони проходять, коли на вході інвертора відсутній стробуючий імпульс.

Формувач другого часового інтервалу виконано на RS тригері. Початковий імпульс, поступає через елемент I1 на вхід встановлення S, перекидаючи тригер в стан логічної 1, сформувавши фронт другого часового інтервалу. Імпульси, які поступають на вхід 1 формувача, не змінюють його стан.

Допоки на вході інвертора імпульс стробування, періодична послідовність імпульсів не проходить через елемент I2. Після завершення дії імпульсу стробування перша послідовність імпульсів надходить через елемент I2 на вхід скидання R тригера повертаючи його в початковий стан. На виході формувача утворюється спад другого часового інтервалу.

На вході 2 часового селектора 2 отримуємо другий часовий інтервал тривалістю $\Delta t_2 = nT_x$, через які проходять імпульси, які рахуються (ж). Імпульси, які потрапили в другий часовий інтервал, підраховуються лічильником 2, який фіксує їх кількість N .

Кількість підрахованих імпульсів n і N передається мікроконтролеру. У його пам'яті зберігається значення частоти лічильних імпульсів у вигляді константи. На основі отриманих даних мікроконтролер розраховує значення частоти вимірюваного сигналу f_x відповідно до формули (1.2). Далі мікроконтролер виробляє відповідні перетворення з отриманим результатом, приводячи його значення до вигляду, доступному для відображення семисегментним індикатором. Отриманий результат виводиться на екран.

На підставі отриманих результатів проектуємо схему електричну принципову пристрою, що містить реальні електронні компоненти.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.3.1 Розрахунок схеми електричної принципової

Головною частиною приладу є мікроконтролер, який здійснює обчислення згідно з алгоритмом і управляє вузлами, а також режимами роботи.

Вибір мікроконтролера багато в чому визначається функціональними можливостями пристрою, його ціною, зручністю та вартістю налаштування і програмування.

У даній роботі запропоновано мікроконтролер фірми “Atmel Corporation” – AT89C2051. Він має низку важливих переваг, що й зумовило його вибір.

По-перше – це його функціональні можливості. У його склад входить два 16 розрядних таймера лічильника, що дозволяє відмовитися від використання окремих багаторозрядних лічильників. Присутній і канал послідовного введення виведення даних (UART), який дозволяє організувати інтерфейс з індикатором. У нього відсутній порт P0 та P2, що дозволяє зменшити функціональну надлишковість мікроконтролера.

По-друге, вироби цієї фірми широко поширені як на українському, так і на світовому ринку мікроконтролерів, що зменшує вартість маркетингових операцій.

По-третє – це його низька вартість (на сьогоднішній день близько 2 доларів), що також дозволяє зменшити загальну вартість виробу.

Все зазначене вище дозволяє стверджувати про доцільність його застосування в даній розробці.

AT89C2051 – низьковольтна, швидкодіюча КМОП (CMOS) 8 розрядна мікроЕОМ. Цей контролер, повністю програмно сумісний з MCS 51. Він випускається в 20 вивідному корпусі, що стало можливим внаслідок відмови від використання ліній порт P0 та P2, а також P3.6. Буква P у другій частині найменування контролера позначає 20 вивідних корпус PDIP.

Контролер AT89C2051 містить електрично перепрограмований запам'ятовуючий пристрій обсягом 2 Кбайт, внутрішнє ОЗУ обсягом 128 байт, 15

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ліній введення виведення, два таймера лічильника (16 біт), шість векторів переривань і аналоговий компаратор. Таймери лічильники повністю ідентичні відповідним вузлам MCS51, AT89C2051 має також стандартний для MCS51 послідовний порт. Підтримуються режими Idle і Power Down. Висновки портів – сільнострумні, що допускають проходження через них струму до 20 мА (сумарний струм через всі лінії порту – не більше 80 мА). Його основні характеристики наведено в додатку А.

Висновки P1.2-P1.7 і порту P3 мають внутрішні навантажувальні резистори. P1.0 і P1.1 не мають їх і використовуються відповідно як неінвертуючий (AIN0) і інвертуючий (AIN1) входи вбудованого прецизійного компаратора. Його вихід з'єднаний лінією P3.6, не виведеної з мікросхеми контролера. Лінії порту P3.0 - P3.5 виконують альтернативні функції: P3.0 - RxD, P3.1 - TxD, P3.2 - INT0, P3.3 - INT1, P3.4 - T0, P3.5 - T1.

З стандартного для контролерів сімейства MCS51 набору регістрів SFR в AT89C2051 присутній акумулятор, регістри B, PSW, IP, IE, TCON, TMOD, TL0, TH0, SP, PCON, DPTR, P1, P3, SCON, SBUF, TL1 і TH1.

В принциповій схемі частотоміра можна виділити основні вузли, які несуть певну функціональне навантаження. Це вхідний блок, що включає в себе розділові конденсатори C5-C6, струмообмежувальним резистор R1, резистори R2-R5, конденсатор C9 і операційний підсилювач DA3. Окремо можна виділити вхідну логіку приладу, розроблену на інтегральних мікросхемах DD1-DD2. Функції пристрою контролю та управління виконує мікроконтролер DD3. Джерелом еталонних рахункових імпульсів є кварцовий генератор на мікросхемі DA2. Регістр зсуву DD4 служить для зберігання отриманого результату і зв'язку мікроконтролера з пристроєм відображення інформації на чотирьох семисегментних індикаторах HG1-HG4.

На вхід приладу подається змінна напруга, значення якої може бути 0,5-10 вольт, а діапазон частот від 1Гц до 30МГц. Воно надходить на розділові конденсатори C5, C6, які відсікають постійну складову вимірюваного сигналу. При

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цьому змінна складова залишається без зміни. Цей сигнал подається на вхід аналогового компаратора, виконаного на операційному підсилювачі DA2. ОП включений без кіл зворотного зв'язку, що забезпечує його роботу в якості компаратора. Якщо рівень сигналу, що надходить на його неінвертуючий вхід, перевищує величину напруги на його інвертуючому вході, то напруга на виході ОП стрибком збільшиться до максимально можливого. Ця напруга ненабагато менше величини його джерела живлення додатної полярності. І, навпаки, за умови що рівень сигналу, який надходить на його неінвертуючий вхід, менше величини напруги на його інвертуючому вході, то напруга на виході ОП стрибком зменшиться до мінімального. Мінімальне значення напруги на виході визначається величиною його джерела живлення негативної полярності.

В роботі використовується прецизійний швидкодіючий операційний підсилювач AD8055 – SOT-23-5 фірми Analog Devices [10]. Це недорога мікросхема, яка може працювати як з двополярним, так і з однополярним живленням.

Живлення ОП здійснюється однополярним джерелом +5 вольт. Досліджуваний сигнал подається на неінвертуючий вхід ОП. Для того, щоб він міг порівнювати як від'ємну, так і додатну півхвилі вхідного сигналу, необхідно встановити на обох входах мікросхеми постійний потенціал, рівний половині напруги живлення. Для цього служить дільник напруги на резисторах R2 і R5. Ця ж напруга подається на анод і катод відповідного обмежувального діода. Вхідні струми операційного підсилювача протікають через резистори R3 і R4. Падіння напруги на цих діодах в результаті протікання вхідних струмів повинно бути менше напруги помилки. Конденсатор C9 зменшує високочастотні наводки.

Максимальна вхідна напруга ОП не повинна перевищувати напруга живлення +5 вольт, а мінімальне – бути менше потенціалу землі. Для обмеження вхідного сигналу служать діоди VD1 VD2. Якщо напруга, що прикладається до діода перевищить пороговий рівень, він відкривається і підтримує цю напругу на постійному рівні. Як діод обраний імпульсний діод 1N906AM.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таким чином, пройшла змінна складова вхідного сигналу обмежена напругою пробою (відкривання) обмежувальних діодів, тобто не перевищує за абсолютною величиною 1 вольт. Для обмеження прямого струму через діоди в межах допустимого служить струмообмежувальний резистор R1. З виходу ОП отримуємо імпульсну послідовність вимірюваної частоти з ТТЛ-рівнями.

Ця послідовність надходить потім на вхід часового селектора, виконаного на елементі "І НЕ" мікросхеми логіки DD1 CD4012A. Основні характеристики наведено в додатку В.

При включенні мікроконтролера, він ініціалізує свої лічильники T0 і T1 (відповідно виводи портів P3.4 і P3.5) в режимі підрахунку зовнішніх імпульсів. При переході вхідного сигналу з 1 в 0 вміст лічильника збільшується на одиницю. Максимальна частота підраховуваних імпульсів дорівнює 1/24 частоти тактових імпульсів контролера, тобто 1 МГц. З початком процесу вимірювання, на виведенні лінії порту P3.7 програмно формується високий логічний рівень тривалістю 1 с, відкривається перший часовий інтервал. Імпульси з виходу ОП починають проходити через селектор 1 (DD2.2) на вхід лічильника T0, і в 16 ти розрядному буфері лічильника TH0 + TL0 фіксується їх число.

На елементах DD1.1 DD2.1 виконана схема формування другого часового інтервалу. Елементи DD1.4 і DD2.1 включені за стандартною схемою RS тригера з інверсними входами. Імпульс тривалістю 1 с надходить з контролера на елемент DD1.2. Перший же імпульс вимірюваної частоти з операційного підсилювача, що подається на другий вхід DD1.2 змінює стан логічного елемента, що в свою чергу призводить до зміни рівня сигналу на виході RS тригера з 0 в 1. Відкривається другий часовий інтервал. Через селектор 2, виконаний на елементі DD2.3, імпульси еталонної частоти починають надходити з виходу кварцового генератора на вхід лічильника T1 мікроконтролера. Кількість цих імпульсів починає підраховуватися.

Кварцовий генератор імпульсів для лічби виконаний на основі інтегральної мікросхеми генератора імпульсів SN74S124. Частота роботи мікросхем цієї

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серії – не більше 50 МГц, напруга живлення +5 вольт, споживана потужність – не більше 19 мВт. Замість конденсатора, до входів генератора підключено кварцовий резонатор на 10 кГц, що забезпечує високу стабільність часових параметрів лічильних імпульсів.

При зміні стану лінії P3.7 в логічний нуль, тобто по закінченні першого часового інтервалу, імпульси перестають проходити через часовий селектор 1, їх підрахунок припиняється. У мікроконтролері фіксується кількість імпульсів вимірюваної частоти – n .

З приходом самого першого імпульсу після закінчення перших тимчасових воріт на вхід DD1.3, тригер змінює свій стан. Закінчується формування другої тимчасових воріт, і лічильник T1 мікроконтролера фіксує число імпульсів N , що пройшли через часовий селектор 2 (DD2.3). Основний вимірювальний процес закінчується і залишається тільки зробити відповідні обчислення і отримати результат у вигляді конкретного значення частоти. Тепер весь хід робіт перекидається на мікроконтролер.

В результаті попереднього вимірювального циклу роботи приладу, в пам'яті контролера знаходяться значення пройшли імпульсів n і N . Мікроконтролер виробляє ряд операцій над двійковими числами n і N . В результаті за формулою (1.2) обчислює значення вимірюваної частоти в двійковому вигляді. Тепер це значення частоти необхідно вивести на пристрій відображення.

Згідно з програмою, проводяться подальші операції. Отриманий результат перекладається з двійкового коду в двійково десятковий код. Визначається межа частоти – Герц або Кілогерц і виділяється визначна частина, тобто чотири старші цифри. Потім відбувається визначення місця коми і виводиться результат з урахуванням межі вимірювання. Проводиться перетворення отриманого результату в код семисегментного індикатора. Після всіх операцій виходить результат в семисегментному коді, який займає 4 байти (7 байт – цифра і восьмий – кома) і два додаткових біти – границю межі вимірювання (Гц або кГц).

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

готовлення мікросхеми. В серію КА7805 входять стабілізатори з фіксованим рядом вихідних напруг, наприклад КА7805 – на 5 вольт. Вхідна напруга подається на вивід 1, а вихідна знімається з виводу 3. У схемі є захист від перевантаження по виходу. Схему електричну принципову представлено на рисунку 1.3.

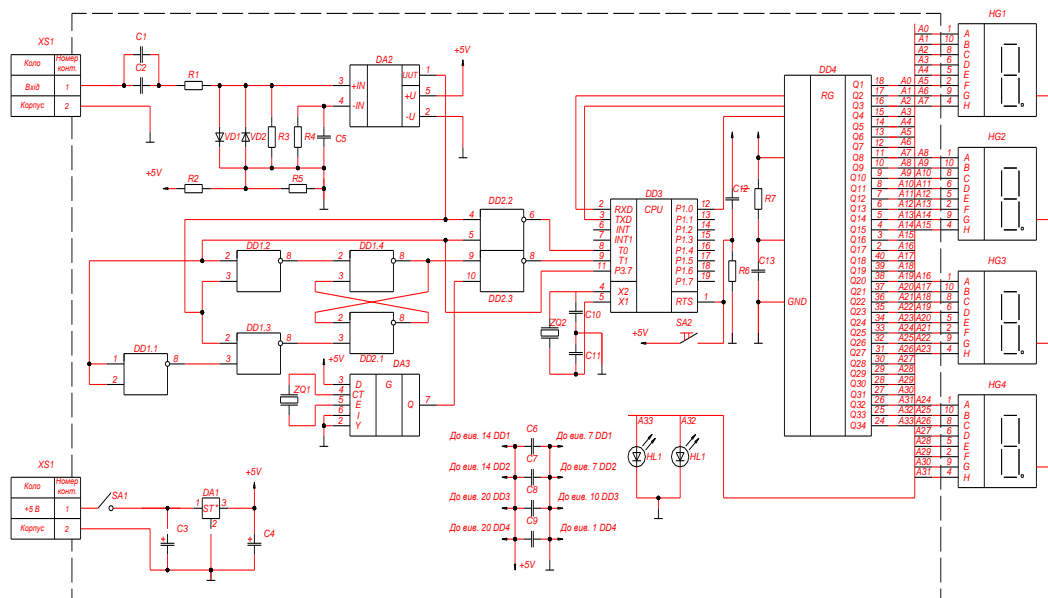


Рисунок 1.3 – Схема електрична принципова

1.3.2 Розрахунок конденсаторів індивідуальної розв’язки

При проектуванні цифрових схем необхідно враховувати імпульсні завади в колах живлення, які обумовлені, в основному, короткочасним зростанням струмів споживання інтегральних мікросхем при перемиканні з одного логічного стану в інший і динамічними струмами перезаряду паразитних ємностей сигнальних ліній зв’язку. Зменшення імпульсних завад в колах живлення досягається застосуванням індивідуальних конденсаторів розв’язки. Ідея застосування конденсаторів розв’язки для зменшення імпульсних завад полягає у введенні для кожної інтегральної схеми джерела енергії, роль яких виконують конденсатори з малою власною ємністю (як правило, керамічні КМ5, К10 9). Ці конденсатори в проміжках між перемиканнями мікросхем заряджаються до номінального рівня напруги джерела живлення, а під час перемикання ІС з одного логіч-

ного стану в інший розряджається на невелике значення напруги, віддаючи струм перезаряду мікросхеми, що перемикається. Іншими словами, індивідуальні конденсатори розв'язки дозволяють локалізувати перебіг динамічних струмів споживання в рамках кола мікросхема – індивідуальний конденсатор розв'язки.

Вибір ємності конденсаторів проводиться з умови рівності заряду, накопиченого конденсатором між перемиканнями логічного елемента, заряду. При цьому напруга на конденсаторі не повинно перевищувати деякого наперед заданого значення, рівного допустимій заваді по шині живлення. Конденсатори для погашення високочастотних пульсацій в колах живлення розміщують по площі друкованої плати рівномірно відносно мікросхем з розрахунку один конденсатор ємністю 0,02 мкФ на групу, що містить не більше 10 мікросхем. Для мікросхем підвищеного ступеня інтеграції ємність збільшують до 0,1 мкФ і встановлюють конденсатори біля кожної мікросхеми. З цих міркувань взяті конденсатори С1 С4 типу К10 9 номінальною ємністю 100 нФ \pm 10%.

1.3.3 Вибір конденсаторів групової розв'язки живлення

Через викиди струму в системі живлення виникають “повільні” коливання напруги. При правильно спроектованому колі живлення (включення великих електролітичних конденсаторів) ці коливання носять затухаючий характер. Для зниження низькочастотних пульсацій в шинах живлення застосовують блокуючі конденсатори, що включаються між виводами “живлення” і “земля” близько роз'ємну живлення друкованої плати. Якщо ж ємність обрана неправильно. У ланцюзі можуть досить довго йти коливання. З метою запобігання таких явищ включають електролітичні конденсатори великої ємності. С7 і С8 – алюмінієві електролітичні К53 16, призначені для гасіння завад у колах постійного і пульсуючого струму. Їх ємність – 10 мкФ.

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Розрахунок елементів вхідного кола

Вхідне коло пристрою повинно забезпечувати вільне проходження змінної складової вимірюваного сигналу і при цьому забезпечувати необхідний режим роботи.

Постійний резистор $R1$ на вході приладу служить для задання струмів, що протікають через обмежуючі діоди $VD1$ і $VD2$, тобто значення номіналу цього резистора визначає струми діодів у відкритому стані. У вибраних діодів КД521Г максимально можлива величина струму в прямому напрямі, що протікає через них повинна складати не більше 20 мА. Тоді максимальний струм через діод

$$I_{np} = \frac{U_{max} - U_{np}}{R1}, \quad (1.8)$$

де I_{np} – струм діода у відкритому стані, А;

U_{max} – найбільше значення максимальної величини вхідної напруги, В;

U_{np} – напруга на відкритому діоді, В;

$R1$ – необхідне значення номіналу обмежувального резистора.

Можна обчислити $R1$

$$R1 = \frac{U_{max} - U_{np}}{I_{np}}, \quad (1.9)$$

$$R1 = \frac{10 - 1}{20 \cdot 10^{-3}} = 450(\text{Ом}).$$

Значення резистора зі стандартного ряду $R1 = 470$ Ом. Потужність розсіювання резистором P_{R1}

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$P_{R1} = I_{np}^2 \cdot R1, \quad (1.10)$$

$$P_{R1} = (20 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 500 = 0,2 (Bm).$$

Як $R1$ береться металоплівковий резистор С2 тридцять третього, застосування якого допускається на частотах, заданих в технічному завданні.

R1: С2-тридцять третього - $0,25 - 500 \pm 5\%$

Резистори R5 і R6 утворюють простий дільник, напруга в середній точці якого має дорівнювати 2,5 вольт. З однієї сторони, для зменшення споживаної потужності необхідно, щоб значення цих резисторів були як можна більше. З іншої сторони, струм дільника, повинен бути значно більше, ніж струми через відкриті діоди для забезпечення їх необхідної величини. Зазвичай задаються струмом дільника в 5 ... 8 разів більше струму відкритого діода. Нехай струм дільника $I_{дільн.} = 100$ мА, тоді

$$R2=R5 = \frac{U_{жив.}}{2 \cdot 5 \cdot I_{np}}, \quad (1.11)$$

$$R2=R5 = \frac{5}{2 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} = 25 (Om)$$

Потужність розсіювання резисторами

$$P_{R2} = P_{R5} = I_{дильн}^2 R2 \quad (1.12)$$

$$P_{R2} = P_{R5} = (100 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 25 = 0,25 (Bm)$$

Резистори необхідно взяти з запасом по потужності, а їх номінал - зі стандартного ряду.

R2: MF-12 – $27 \pm 5\%$

R5: MF-12 – $27 \pm 5\%$

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Так як джерело вимірюваного сигналу і операційний підсилювач в даному випадку є розв'язаними по постійному струму, то необхідно передбачити заземлення входів. Резистори R3 і R4 служать тим шляхом, по якому течуть вхідні струми операційного підсилювача. Значення їх номіналів повинно бути таким, щоб падіння напруги на цих резисторах при протіканні вхідних струмів не викликало помилкового спрацьовування компаратора. Мінімальна чутливість даного інтегрального підсилювача складає $U_{см} = 5$ мВ, а вхідні струми $I_{вх}$ близько 1,2 мкА. Значить, для оцінки значення резисторів можна скористатися формулою

$$R \leq \frac{U_{см}}{I_{вх}} \quad (1.13)$$

$$R \leq \frac{5 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 10^{-6}} \approx 4,3$$

Номінали обох резисторів вибираються зі стандартного ряду.

R3: MF-12 – 4,2 кОм \pm 5%

R4: MF-12 – 4,2 кОм \pm 5%

Вхідні конденсатори C5 і C6 вибираємо такими, щоб стала часу вхідного кола $(C5 + C6) \cdot (R1 + R3)$ була більшою за половину періоду вхідного сигналу мінімальної частоти. З цих міркувань вибираємо C5 і C6 рівними 150 мкФ.

C5: K53 7 - 15В - 150 мкФ \pm 20%

C6: K53 7 - 15В - 150 мкФ \pm 20%

На неінвертуючому вході операційного підсилювача можуть спостерігатися кидки напруги, наводитися імпульсні завади, а це, в свою чергу, сприятиме нестійкій роботі компаратора і може призводити до помилкових спрацьовувань. Всі ці явища носять випадковий характер і в основному залежать від умов експлуатації приладу і близькості побутових і індустріальних завод, але при цьому можуть надати досить сильний вплив на точність вимірювань та їх достовірність. Для усунення впливу цієї причини неінвертуючий вхід операційного під-

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

силювача приєднується до землі через конденсатор невеликої ємності С9. Цей конденсатор грає роль джерела постійної напруги при коротких кидках струму. Номінал ємності цього конденсатора вибирається рівним 50 нФ. С9: К10 9 - 16 В - 50 нФ ± 20%

Якщо подача напруги живлення не супроводжується достовірним скиданням (тобто утриманням одиничного рівня на вході RST протягом 24 періодів коливань резонатора), то мікро ЕОМ може почати виконання програми до того, як до регістрів спеціальних функцій будуть занесені початкові значення. При цьому не можна гарантувати, коректність виконання програми. Отже, мікроконтролер повинен мати кола, що забезпечують автоматичне формування сигналу скидання при ввімкненні живлення. Ініціалізація (скидання) мікроконтролера здійснюється сигналом RST (активний високий рівень напруги) за умови подання на мікросхему зовнішнього сигналу синхронізації при підключеному кварці. Вхід RST є входом внутрішнього тригера Шмідта. Для того, щоб скидання мікросхеми гарантовано відбулося, тривалість імпульсу на вході RST має бути більше трьох машинних циклів мікроконтролера.

Високий рівень на вході RST DD3 встановлюється при подачі живлення.

Після включення живлення комірки внутрішнього ОЗП даних приймають випадкові значення. Вивід RST під'єднаний до шини живлення через конденсатор С12 ємністю 10 мкФ, а до загального проводу через резистор опором 10 кОм. Дозволяє автоматично формувати сигнал "Reset" при ввімкненні живлення. При ввімкненні живлення дана ланка утримує високий рівень на вході RST протягом часу, який залежить від ємності конденсатора С12 і рівня, до якого він заряджений. Практика показує, що при включенні напругу живлення досягає свого номінального значення як правило, приблизно за 10 мс. При використанні кварцового резонатора з частотою 24 МГц воно не перевищує звичайно 1 мс. Отже постійна часу RC ланки, з'єднаної з виводом RST, повинна перевищувати зазначений часовий інтервал. При формуванні сигналу скидання зазначеним способом різке падіння напруги живлення викликає миттєве зниження напруга

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на виведенні RST нижче 0. Проте в мікро-ЕОМ є обмежувальні діоди, і ці викиди напруги не виводять її з ладу.

C12: K10 9 - 20 В - 10 мкФ ± 20%

R6: MF-12 – 8,2 кОм ± 5%

Вбудований тактовий генератор мікроконтролера являє собою звичайний інвертор, призначений для використання в якості елемента з позитивним резистивним опором у колі зворотного зв'язку. Роль реактивного опору грає кварцовий резонатор. Ємність конденсаторів C10, C11 особливої ролі не грає. При використанні кварцового резонатора їх рекомендовані номінали 30 пФ.

C10, C11: K10 9 - 20 В - 30 пФ ± 20%

Номінал резистора R7 визначає струм семисегментних індикаторів, струм протікає через цей резистор повинен бути в 50 разів менше струму вихідних ключів регістру DD4. Номінальний струм індикаторів – 15мА, звідси витікає

$$R7 = \frac{U_{\text{ном}}}{I_{\text{ном}}} \quad (1.14)$$

$$R7 = \frac{5 \cdot 50}{15 \cdot 10^{-3}} \approx 16650 \text{ (Ом)}$$

Потужність розсіювання резистора R7
(МВт)

Номінал резистора R7 вибирається зі стандартного ряду

R7: MF-12 – 0,125 - 16 кОм ± 5%

Конденсатор C13 - фільтруючий, проти завад

C13: K10 9 - 16 В - 50 нФ ± 20%

1.3.5 Розрахунок споживаної потужності

Для того, щоб можна було забезпечити проектуваний прилад відповідним джерелом електроживлення, необхідно дізнатися потужність, яку цей прилад

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

буде споживати при своїй роботі. Ця потужність складається з декількох основних складових.

□ По-перше, це потужність, яка розсіюється при протіканні струму через постійні резистори. Це марно витрачається потужність, яка розсіюється в навколишній простір і виділяється у вигляді тепла:

□ потужність, споживана семисегментними індикаторами, так і світлово-промінюючими діодами. Ця енергія йде на випромінювання у видимій частині електромагнітного спектру і дозволяє користувачеві вимірювального приладу судити про результати вимірювання;

□ потужність, яка споживається інтегральними мікросхемами під час своєї роботи. Значення цієї потужності приведено у відповідних довідниках, а при відсутності цих даних її можна розрахувати виходячи з значень споживаного струму і напруги живлення;

□ потужність розсіювання резисторами.

Резистори R2, R5 утворюють ділянку напруги, і через них протікає постійний струм, який визначається напругою живлення і номіналами цих резисторів

$$P_R = \frac{U_R^2}{R}, \quad (1.15)$$

де P_R – потужність розсіювання резистором, Вт; U_R – напруга на резисторі, В; R - опір резистора, Ом.

Потужність на резисторі R2

$$P_{R2} = \frac{2,5^2}{27} = 0,23 \text{ (Вт)}$$

Потужність, що виділяється на резисторі R5, також дорівнює 0,23 Вт

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

При протіканні вхідних струмів операційного підсилювача через резистори R3 і R4, на них також розсіюється певна потужність.

$$P_{R3} = P_{R4} = I_R^2 \cdot R \quad (1.16)$$

$$P_{R3} = P_{R4} = (1,2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot 4,2 \cdot 10^3 \approx 0$$

Видно, що ця потужність практично дорівнює нулю, і нею можна знехтувати.

Постійний резистор R7 задає струми вихідних ключів регістру зсуву DD4. Потужність розсіювання на ньому розраховується за формулою (1.17)

$$P_{R7} = \frac{U_{R7}^2}{R7}, \quad (1.18)$$

$$P_{R7} = \frac{5^2}{16 \cdot 10^3} = 0,002 \text{ (Вт.)}$$

Сумарна потужність розсіювання резисторами:

$$P_{R\Sigma} \approx P_{R7} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R2} + P_{R5} \text{ (Вт)} \quad (1.19)$$

$$P_{R\Sigma} = 0,002 + 0,23 + 0,23 = 0,462$$

Споживана потужність інтегральних мікросхем. Повна потужність, споживана усіма мікросхемами РМΣ

$$P_{M\Sigma} = P_{DA1} + P_{DA2} + P_{DA3} + P_{DD1} + P_{DD2} + P_{DD3} + P_{DD4}, \quad (1.20)$$

де P_{DAX} , P_{DDX} – потужність, споживана відповідно аналоговими та цифровими мікросхемами. Чисельні значення

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{M\Sigma} = 50 + 750 + 30 + 300 + 300 + 75 + 120 = 1625 \text{ (МВт)} = 1,625 \text{ (Вт)}$$

У загальну споживану потужність входить також потужність, яка витрачається на індикаторах. Кожен сегмент індикатора споживає потужність

$$P_{\text{СЕГ}} = I_{np} \cdot U_{np},$$

де I_{np} – прямий струм через pn перехід, мА;

U_{np} – падіння напруги на відкритому переході, В.

Значення потужності в міліватах.

У кожного семисегментного індикатора 8 сегментів з $I_{np} = 20$ мА і $U_{np} = 2,5$ В. Отже один індикатор споживає $8 \cdot 20 \cdot 2,5 = 400$ мВт. На світлодіодах VD3, VD4 розсіюється потужність 20 мВт. Сумарна споживана потужність всіх індикаторів $P_{\text{Инд}\Sigma}$

$$P_{\text{Инд}\Sigma} = P_{\text{HG1}} + P_{\text{HG2}} + P_{\text{HG3}} + P_{\text{HG4}} + P_{\text{VD3}} + P_{\text{VD4}}, \quad (1.21)$$

де $P_{\text{HG}X}$, $P_{\text{VD}X}$ – споживана потужність відповідного семисегментного індикатора і світлодіоди. Числове значення

$$P_{\text{Инд}\Sigma} = 400 + 400 + 400 + 400 + 20 + 20 = 1640 \text{ (МВт)}$$

У підсумку стали відомі всі складові загальної потужності, яка споживається всім приладом і тепер можна вирахувати її чисельне значення

$$P_{\Sigma} = P_{R\Sigma} + P_{M\Sigma} + P_{\text{Инд}\Sigma} \quad (1.22)$$

$$P_{\Sigma} = 462 + 1625 + 1640 = 3727 \text{ (МВт)} \approx 3,8 \text{ (Вт)}$$

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна потужність, споживана приладом становить, близько 3,8 Вт

1.4 Проектування програмне

1.4.1 Розробка алгоритму роботи мікроконтролера

Управління роботою всієї системи відбувається за допомогою мікроконтролера. Послідовність дій мікро-ЕОМ задає програма, записана у внутрішній пам'яті контролера. Алгоритм роботи мікроконтролера представлено на рисунку 1.4

При включенні, спрацьовує вбудований алгоритм скидання мікросхеми. Значення всіх регістрів встановлюється в початковий стан, забороняється обробка переривань. Далі за програмою відбувається ініціалізація і встановлення режимів роботи обох лічильників T0 і T1 за допомогою запису відповідних значень в біти спеціальних регістрів TMOD і TCON. Також встановлення необхідного біта в регістрі режиму переривань EI дозволяє мікроконтролеру виконувати програму обробки переривання по переповненню лічильника T0. Забороняється індикація встановленням на виведенні P1.0 рівня 1.

На виводи порту P3.7 встановлюються значення логічної одиниці, тобто формуються перший часовий інтервал. Потім виконується програма формування часової затримки тривалістю 1 с. Під час цього інтервалу лічильники роблять підрахунок імпульсів, що надходять на їх входи.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

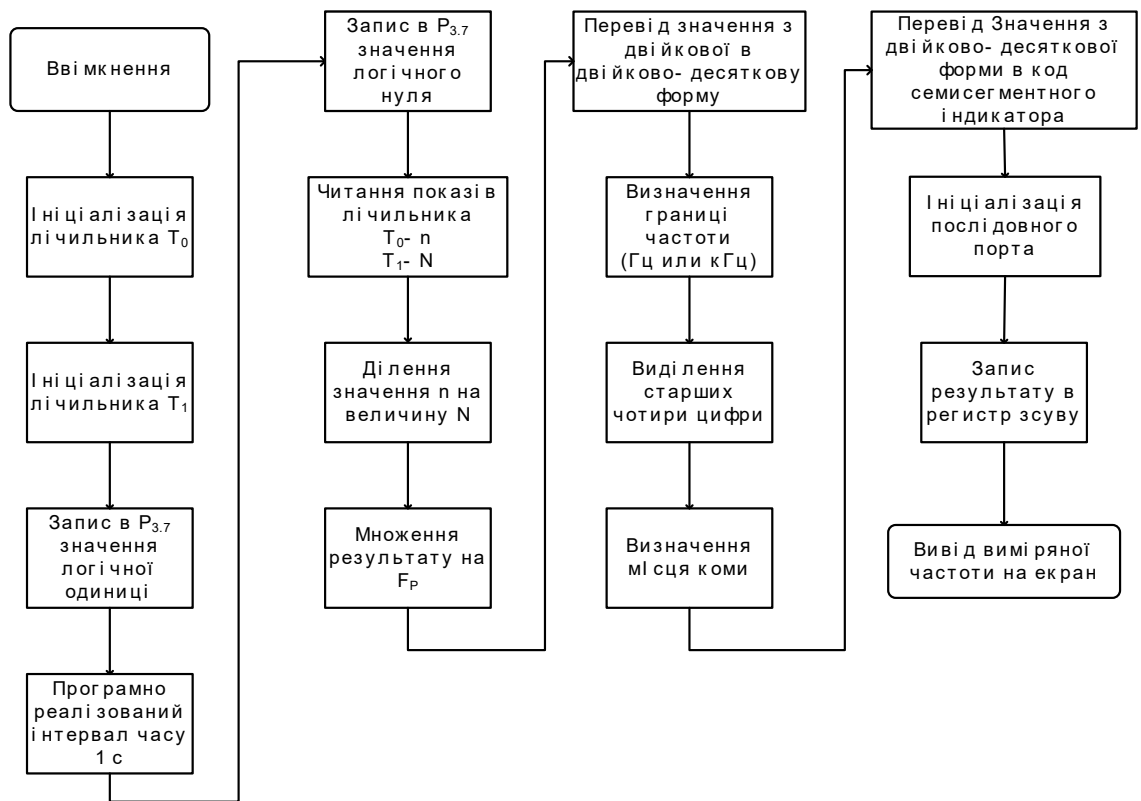


Рисунок 1.4 – Алгоритм роботи мікроконтролера

Вміст багатобайтових реєстрів T_0 і T_1 збільшується. Якщо при високій частоті кількість імпульсів, що прийшли на вхід лічильника T_0 , перевищить ємність реєстра, то відбувається виконання обробки переривання по переповненню і вміст додаткового реєстра інкрементується. Це дозволяє мікроконтролеру зробити підрахунок 224 імпульсів. Після однієї секунди, на виводі P3.7 встановлюється 0 і формування часового інтервалу закінчується. Лічильники припиняють рахунок. В результаті отримані значення числа імпульсів n і N .

Потім мікроконтролер виконує операцію ділення двійкових чисел n і N . Число імпульсів n у загальному випадку трибайтове, а N - двохбайтове близько 10000dec. Так як в мікроконтролері реалізована операція ділення більш ніж восьмибітних чисел, то необхідно застосовувати спеціальний алгоритм, що виконує ділення. В результаті виходить число, ціла частина якого міститься в реєстрі R3, а дробова - в реєстрі R4.

Для отримання остаточного результату необхідно помножити це число на коефіцієнт $F_p = 10000$.

Отримане значення частоти необхідно привести до виду, придатного для виведення на індикатори.

Результат переводиться з двійкової форми в двійково-десяткову і визначається межа частоти, тобто як буде виводиться результат – в герцах або в кілогерцах. Виділяється та частина числа, яка буде виведена на семисегментні індикатори, необхідно отримати чотири значущих цифри. Визначається місце розташування коми. Тепер число переводиться з двійково-десятькового коду в код семисегментного індикатора. Це здійснюється за допомогою таблиці відповідності, зашиті в пам'яті мікроконтролера.

Отримані дані виводяться на індикатор.

Проводиться ініціалізація послідовного порту вводу виводу шляхом запису певних значень у відповідні біти спеціального регістра SCON. Виведення ведеться послідовним кодом в синхронному режимі молодшими бітами вперед. Запис байту в спеціальний буфер SBUF прийомопередавача призводить до автоматичного перезапису байту в регістр зсуву передавача та відбувається ініціалізація початку передачі байту. В цьому режимі інформація передається і приймається через зовнішній вивід входу приймача RxD. Передається вісім біт даних. Через зовнішній вивід виходу передавача TxD додаються імпульси зсуву, які супроводжують кожен біт. Частота передачі біта інформації дорівнює $1/12$ частоти резонатора. Таким чином виводиться весь результат, який запам'ятовується в регістрі зсуву DD4.

На вихід порту P1.0 записується логічний нуль, що дозволяє вивід інформації на індикатори. Вимірювання проведено. При бажанні, мікроконтролер можна перевести в режим зниженого енергоспоживання Power Down.

2841AS 4 чотири розрядний семисегментний індикатор із загальним анодом або загальним катодом.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для нормальної роботи кожен розряд управляється за допомогою транзисторного ключа, сегменти як правило підключаються на пряму до мікроконтролера (якщо струм споживання великий, то так само застосовують транзисторні ключі).

1.5 Програма управління семисегментним індикатором

```
#include <TimerOne.h>
//заняты все цифровые пины от 2 до 13
int a = 7;
int b = 3;
int c = 4;
int d = 5;
int e = 6;
int f = 2;
int g = 8;
int p = 9;
int d4 = 10;
int d3 = 11;
int d2 = 12;
int d1 = 13;
long n = 0;
int x = 100;
int del = 5;
int count = 0;

void setup()
{
  //пины на вывод
  pinMode(d1, OUTPUT);
  pinMode(d2, OUTPUT);
  pinMode(d3, OUTPUT);
  pinMode(d4, OUTPUT);
  pinMode(a, OUTPUT);
  pinMode(b, OUTPUT);
  pinMode(c, OUTPUT);
}
```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

```

pinMode(d, OUTPUT);
pinMode(e, OUTPUT);
pinMode(f, OUTPUT);
pinMode(g, OUTPUT);
pinMode(p, OUTPUT);

Timer1.initialize(100000);
Timer1.attachInterrupt( add );
}

void loop()
{
clearLEDs();
pickDigit(0); //включаем первую цифру
pickNumber((n/1000)); //значение тысячи
delay(del); //пауза 5мс

clearLEDs();
pickDigit(1); //включаем вторую цифру
pickNumber((n% 1000)/100); //значение сотни
delay(del); //пауза 5мс

clearLEDs();
pickDigit(2); //включаем третью цифру
pickNumber(n% 100/10); //значение десятки
delay(del); //пауза 5мс

clearLEDs();
pickDigit(3); //включаем четвертую цифру
pickNumber(n% 10); //значение единицы
delay(del); //пауза 5мс
}

// определение разряда
void pickDigit(int x)
{
digitalWrite(d1, HIGH);
digitalWrite(d2, HIGH);
}

```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

```

digitalWrite(d3, HIGH);
digitalWrite(d4, HIGH);

switch(x)
{
  case 0:
    digitalWrite(d1, LOW); //включаем d1
    break;
  case 1:
    digitalWrite(d2, LOW); //включаем d2
    break;
  case 2:
    digitalWrite(d3, LOW); //включаем d3
    break;
  default:
    digitalWrite(d4, LOW); //включаем d4
    break;
}
}

// определение символа (цифры)
void pickNumber(int x)
{
  switch(x)
  {
    default:
      zero();
      break;
    case 1:
      one();
      break;
    case 2:
      two();
      break;
    case 3:
      three();
      break;
    case 4:

```

```

four();
break;
case 5:
five();
break;
case 6:
six();
break;
case 7:
seven();
break;
case 8:
eight();
break;
case 9:
nine();
break;
}
}

// очистка
void clearLEDs()
{
digitalWrite(a, LOW);
digitalWrite(b, LOW);
digitalWrite(c, LOW);
digitalWrite(d, LOW);
digitalWrite(e, LOW);
digitalWrite(f, LOW);
digitalWrite(g, LOW);
digitalWrite(p, LOW);
}

// ВЫВОД 0
void zero()
{
digitalWrite(a, HIGH);
digitalWrite(b, HIGH);

```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

```
digitalWrite(c, HIGH);  
digitalWrite(d, HIGH);  
digitalWrite(e, HIGH);  
digitalWrite(f, HIGH);  
digitalWrite(g, LOW);  
}
```

```
// ВЫВОД 1  
void one()  
{  
  digitalWrite(a, LOW);  
  digitalWrite(b, HIGH);  
  digitalWrite(c, HIGH);  
  digitalWrite(d, LOW);  
  digitalWrite(e, LOW);  
  digitalWrite(f, LOW);  
  digitalWrite(g, LOW);  
}
```

```
// ВЫВОД 2  
void two()  
{  
  digitalWrite(a, HIGH);  
  digitalWrite(b, HIGH);  
  digitalWrite(c, LOW);  
  digitalWrite(d, HIGH);  
  digitalWrite(e, HIGH);  
  digitalWrite(f, LOW);  
  digitalWrite(g, HIGH);  
}
```

```
// ВЫВОД 3  
void three()  
{  
  digitalWrite(a, HIGH);  
  digitalWrite(b, HIGH);  
  digitalWrite(c, HIGH);  
  digitalWrite(d, HIGH);  
}
```

```
digitalWrite(c, HIGH);  
digitalWrite(d, HIGH);  
digitalWrite(e, HIGH);  
digitalWrite(f, HIGH);  
digitalWrite(g, LOW);  
}
```

```
// ВЫВОД 1
```

```
void one()
```

```
{  
digitalWrite(a, LOW);  
digitalWrite(b, HIGH);  
digitalWrite(c, HIGH);  
digitalWrite(d, LOW);  
digitalWrite(e, LOW);  
digitalWrite(f, LOW);  
digitalWrite(g, LOW);  
}
```

```
// ВЫВОД 2
```

```
void two()
```

```
{  
digitalWrite(a, HIGH);  
digitalWrite(b, HIGH);  
digitalWrite(c, LOW);  
digitalWrite(d, HIGH);  
digitalWrite(e, HIGH);  
digitalWrite(f, LOW);  
digitalWrite(g, HIGH);  
}
```

```
// ВЫВОД 3
```

```
void three()
```

```
{  
digitalWrite(a, HIGH);  
digitalWrite(b, HIGH);  
digitalWrite(c, HIGH);  
digitalWrite(d, HIGH);  
}
```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40


```
digitalWrite(e, LOW);  
digitalWrite(f, LOW);  
digitalWrite(g, HIGH);  
}
```

```
// ВЫВОД 4  
void four()  
{  
  digitalWrite(a, LOW);  
  digitalWrite(b, HIGH);  
  digitalWrite(c, HIGH);  
  digitalWrite(d, LOW);  
  digitalWrite(e, LOW);  
  digitalWrite(f, HIGH);  
  digitalWrite(g, HIGH);  
}
```

```
// ВЫВОД 5  
void five()  
{  
  digitalWrite(a, HIGH);  
  digitalWrite(b, LOW);  
  digitalWrite(c, HIGH);  
  digitalWrite(d, HIGH);  
  digitalWrite(e, LOW);  
  digitalWrite(f, HIGH);  
  digitalWrite(g, HIGH);  
}
```

```
// ВЫВОД 6  
void six()  
{  
  digitalWrite(a, HIGH);  
  digitalWrite(b, LOW);  
  digitalWrite(c, HIGH);  
  digitalWrite(d, HIGH);  
  digitalWrite(e, HIGH);  
  digitalWrite(f, HIGH);  
}
```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

```

    digitalWrite(g, HIGH);
}

// ВЫВОД 7
void seven()
{
    digitalWrite(a, HIGH);
    digitalWrite(b, HIGH);
    digitalWrite(c, HIGH);
    digitalWrite(d, LOW);
    digitalWrite(e, LOW);
    digitalWrite(f, LOW);
    digitalWrite(g, LOW);
}

// ВЫВОД 8
void eight()
{
    digitalWrite(a, HIGH);
    digitalWrite(b, HIGH);
    digitalWrite(c, HIGH);
    digitalWrite(d, HIGH);
    digitalWrite(e, HIGH);
    digitalWrite(f, HIGH);
    digitalWrite(g, HIGH);
}

// ВЫВОД 9
void nine()
{
    digitalWrite(a, HIGH);
    digitalWrite(b, HIGH);
    digitalWrite(c, HIGH);
    digitalWrite(d, HIGH);
    digitalWrite(e, LOW);
    digitalWrite(f, HIGH);
    digitalWrite(g, HIGH);
}

```

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

```

// счетчик
void add()
{
    count ++;
    if(count == 10)
    {
        count = 0;
        n++;
        if(n == 10000)
        {
            n = 0;
        }
    }
}

```

1.6 Конструкція друкованого вузла

а) Конструкція плати відповідає нормам орієнтації і зазору установки компонентів, що використовуються для планованих технологічних процесів пайки і збірки, і дозволяє забезпечувати вимоги до заданого розташування компонентів після пайки і до контурів їх паяних з'єднань, наведені в серії стандартів ДСТУ ІЕС 61191.

б) Якщо друкований вузол призначений для пайки хвилею припою або пайки протягуванням по поверхні припою і на ній встановлюються компоненти, які потребують попередньому нагріванні з температурою 100 ° С (або нижче) перед ванною з припоєм (наприклад, безвиводні багатошарові керамічні конденсатори), то на друкованому вузлі передбачено вільний від компонентів простір, достатній для опорного підтримуючого пристрою, що запобігає її прогин.

в) Зміни контактних площадок і пов'язаних з ними струмопровідні доріжки забезпечують теплоізоляцію від приєднаних теплових мас, а також можли-

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

вість ручного паяння і доопрацювання при мінімальній комбінації часу-температури.

d) Друкована плата і її задані розміри, площинність, покриття і фоторезисти і задані компоненти відповідають вимогам використовуваних технологічних процесів і технологічного устаткування без погіршення надійності друкованого вузла.

e) Розподіл мідних шарів і конструкція шару заземлення збалансовані таким способом, при якому досягається найбільш можлива площинність плати після пайки. Великі мідні ділянки рекомендується виконувати у вигляді сітки (наприклад, шари заземлення, шари живлення) для скорочення ризику розширення.

f) Є достатній зазор близько кожного компонента, що дозволяє застосовувати для доопрацювання відповідний метод і інструменти, рекомендовані виробником.

g) Всі зонди для контролю можуть контактувати з платою без торкання будь-якого паяного з'єднання, виведення і корпусу компонентів, і відповідні вимоги задовольняються.

h) Наявні апаратні засоби для контролю мають достатню кількість вузлів для задоволення вимог, що пред'являються до випробувань, заснованим на проведенні перевірки (переважно за один прохід) всіх необхідних компонентів.

i) В рамках обмежень наявних знань, юридичних вимог безпеки і відповідних національних і міжнародних технічних нормативів пропонується проект буде допустимо безпечним при експлуатації в навколишньому середовищі, для якої він був розроблений.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6.1 Оптимізація компоновки, друкованого вузла

Оптимізація компоновки виконувалась програмним пакетом Altium в напівавтоматичному режимі що зумовлено вимогою конструкції, де вже перед компоновкою встановлюють елементи, які безпосередньо пов'язані з органами управління.

					ТБЕЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						45
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Планування робіт з охорони праці та контроль за їх безпекою

Планування здійснюється на державному, галузевому, регіональному рівнях і на рівні підприємств. На державному рівні розроблено кілька програм, спрямованих на поліпшення стану охорони праці в Україні, зокрема такі національні та державні програми:

- поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища;
- навчання і підвищення рівня знань працівників, населення України з питань охорони праці;
- вивільнення жінок з виробництв, пов'язаних із важкою працею, шкідливими умовами, та обмеження використання праці жінок у нічний час;
- створення і розвиток виробництва засобів індивідуального захисту працівників і відповідної наукової бази для такого виробництва.

На підставі цих програм розробляються галузеві, відомчі, регіональні та цільові програми.

Крім того, на рівні держави чи регіонів розробляються програми оперативних дій зі зменшення негативних наслідків надзвичайних ситуацій, що виникають унаслідок аварій на виробничих об'єктах.

Планування здійснюється на державному, галузевому, регіональному рівнях і на рівні підприємств. На державному рівні розроблено кілька програм, спрямованих на поліпшення стану охорони праці в Україні, зокрема такі національні та державні програми:

- поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища;
- навчання і підвищення рівня знань працівників, населення України з питань охорони праці;
- вивільнення жінок з виробництв, пов'язаних із важкою працею, шкідливими умовами, та обмеження використання праці жінок у нічний час;

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

□ створення і розвиток виробництва засобів індивідуального захисту працівників і відповідної наукової бази для такого виробництва.

На підставі цих програм розробляються галузеві, відомчі, регіональні та цільові програми.

Крім того, на рівні держави чи регіонів розробляються програми оперативних дій зі зменшення негативних наслідків надзвичайних ситуацій, що виникають унаслідок аварій на виробничих об'єктах.

На підприємствах планування робіт здійснюється на всіх рівнях управління з урахуванням перспектив розвитку підприємства, результатів аналізу випадків травматизму, професійних захворювань та аварій, матеріалів атестації робочих місць, паспортизації об'єктів та інших показників, що характеризують стан охорони праці на підприємстві.

Планування організаційно-технічних заходів з охорони праці одна з провідних функцій управління охорони праці. Перед плануванням обов'язково визначається фактичний стан охорони праці і його прогнозування на майбутнє.

Планування робіт по охороні праці буває перспективним (на тривалий відрізок часу), поточним (на рік) і оперативним (квартал, місяць, декаду).

До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років.

Комплексні довгострокові плани поліпшення умов праці та виробничого середовища підприємств передбачають: упровадження безпечної техніки і технологій; застосування ефективних інженерно-технічних засобів, що забезпечують досягнення встановлених нормативів охорони праці; проведення реконструкції санітарно-побутових приміщень; заходи щодо заміни шкідливих речовин і матеріалів чи усунення безпосереднього контакту працівників із ними; заходи організаційного характеру (вдосконалення системи навчання, впрова-

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дження раціональних режимів праці й відпочинку та ін.).

Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів: план соціального розвитку колективу; наукової організації праці; механізації важких і ручних робіт; охорони праці жінок; підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період; підвищення культури виробництва та ін.

Оперативні плани складаються для швидкого виправлення виявлених в процесі державного, відомчого і громадського контролю недоліків в стані охорони праці, а також для ліквідації наслідків аварій або стихійного лиха.

Крім комплексних планів на підприємствах можуть складатися плани-графіки: організаційно-профілактичної і контрольно-ревізійної роботи; проведення атестації робочих місць; перевірок, регламентованих нормативними актами; обстежень структурних підрозділів, об'єктів; перевірок знань з охорони праці; роботи комісій і т.п.

Фінансування робіт з охорони праці здійснюється роботодавцем. Фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавних, галузевих та регіональних програм поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, інших державних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається здійснювати за рахунок коштів державного та місцевого бюджетів, що виділяються окремим рядком, та за рахунок інших джерел фінансування, визначених законодавством.

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Проведення аварійно-відновлювальних робіт на лініях і об'єктах зв'язку, радіомовлення і телебачення

Аварійно-відновлювальні роботи першочергові роботи в зоні надзвичайної ситуації по локалізації окремих осередків руйнувань і підвищеної небезпеки, з усунення аварій та пошкоджень на лініях і об'єктах зв'язку, радіомовлення і телебачення (оператори телекомунікацій), створення мінімальних і необхідних умов для життєзабезпечення ліній і об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення, а також роботи по санітарному очищенню і знезараженню території.

Проводяться аварійно-технічними формуваннями цивільного захисту з метою забезпечення успішного ведення рятувальних робіт, підтримки життєдіяльності на збережених об'єктах і швидкого відновлення. Проведення невідкладних аварійно-відбудовних робіт досягається: завчасною розробкою плану об'єкта, на якому вказуються місця знаходження мереж та об'єктів зв'язку, радіомовлення і телебачення, місця розташування оглядових колодязів і камер з регулювальної апаратурою, а також орієнтири, до яких прив'язуються колодязі та інші важливі елементи мереж; підготовкою посадових осіб, органів управління, сил і засобів до дій у надзвичайних ситуаціях; вмільм поєднанням даних робіт з багатьма іншими видами робіт, що виконуються медичними, протипожежними та іншими формуваннями цивільного захисту, інженерним забезпеченням робіт.

Оператори телекомунікацій зобов'язані забезпечувати якісний зв'язок та оповіщення в умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного стану та особливо-го періоду.

У особливий період усі лінії та об'єкти зв'язку, радіомовлення і телебачення незалежно від форм власності, використовуються для забезпечення своєчасного і організованого проведення мобілізації та задоволення потреб оборони

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та безпеки держави, а оператори зв'язку в даних питаннях підпорядковуються Центральному органу виконавчої влади в галузі зв'язку та інформатизації.

В умовах надзвичайних ситуацій, надзвичайного стану та особливого періоду оператори телекомунікацій з метою оповіщення населення та забезпечення послугами телекомунікацій учасників ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, відбудовних робіт та проведення заходів надзвичайного стану або особливого періоду за погодженням з Центральним органом виконавчої влади в галузі зв'язку та інформатизації, Радою Міністрів Автономної Республіки Крим, обласними державними адміністраціями та органами місцевого самоврядування можуть встановлювати тимчасове обмеження щодо надання послуг телекомунікацій користувачам до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, відміни режиму надзвичайного стану та закінчення особливого періоду.

Рада Міністрів Автономної Республіки Крим, обласні державні адміністрації та органи місцевого самоврядування надають операторам телекомунікацій та їх місцевим підрозділам допомогу у ліквідації надзвичайних ситуацій, що сталися внаслідок стихійного лиха, і в усуненні їх наслідків, у придбанні необхідних матеріальних ресурсів, а також сприяють у наданні для цих цілей робочої сили, транспортних та інших технічних засобів.

Мобілізаційна готовність операторів телекомунікацій усіх форм власності в мирний час та функціонування в особливий період здійснюються в порядку, який затверджується Кабінетом Міністрів України.

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз алгоритмів та засобів вимірювання частоти. Обрано інтервальний алгоритм вимірювання періоду сигналу. Мікроконтролер перетворює період в частоту, а також управляє роботою частотоміра. Інформація про частоту відображається на семисегментних індикаторах. На основі проведеного аналізу розроблено схему електричну структурну та принципову. Проведено розрахунок каскадів схеми. Параметри та технічні характеристики частотоміра повністю відповідають завданню кваліфікаційну роботу. Використання мікроконтролера дозволило підвищити надійність виробу.

Проаналізовано планування робіт з охорони праці та контроль за їх безпекою та проведення аварійно-відновлювальних робіт на лініях і об'єктах зв'язку, радіомовлення і телебачення.

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1 Шарпан О. Б. Радіовимірювання параметрів просторових об'єктів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом підготов. Радіотехніка/О. Шарпан; Нац. техн. ун-т України Київ. політехн. ін-т. - К.: НТТУ КПІ, 2010. - 154 с. : рис.

2 Метрология и радиоизмерения: Учеб. для вузов/В.И. Нефедов, А.С. Сигов, В.К. Битюков и др.; Под ред. В.И. Нефедова. — 2-е изд., перераб.— М.: Высш. шк., 2006. — 526 с.

3 Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. пособие для вузов. –М.: Логос, 2000 – 408 с.

4 Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. Р15 посібник / За ред. Ю.Л.Мазора, Є.А. Мачунського, В.І.Правди. – К.: Ви-ща шк., 1999. – 838с.

5 Титце У, Шенк А. Полупроводниковая схемотехника. – М.: Мир, 1982. – 512 с.

6 Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2000 – 350с.

7 Винокурова Л.Е., Васильчук М.В., Гаман М.В. Основи охорони праці. – К.: Факт, 2005. – 344 с.

8 Дорогунцов С.І. Екологія. – К.: КНЕУ. – 1999 – 152с.

9 Гайченко В. А., Коваль Г. М. Основи безпеки життєдіяльності людини. – К.: В-во МАУП. – 2004.

					ТБЄЗ.093.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Перш. викорис.	Добіт. №	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка			
			<u>Конденсатори:</u>							
		C1, C2	Samsung CL21B106KBNE			2				
		C3, C4	Samsung SSL-6,3B -3,3 мкФ			1				
		C5	Samsung CL21B103KBNE			1				
		C6,...,C9	Samsung CL21B106KBNE			4				
		C10	Samsung CL21B103KBNE			1				
		C11	Samsung CL21B103KBNE			1				
		C12	Samsung CL21B103KBNE			1				
		C13	Samsung CL21B103KBNE			1				
			<u>Мікросхеми:</u>							
		Підпис і дата	Інв. № дубл.	DA1	KA7805			1		
DA2	AD8055			1						
DA3	SN74S124			1						
DD1	CD4011A			2						
DD2	AT89C2051			1						
DD3	M5450B7			1						
Зам. інв. №	Підпис і дата	HG1	Індикатор 2841AS 4			1				
Інв. № ориг.	Зам. інв. №	Підпис і дата					ТБЕ6.093.001 ПЕ			
			Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис				Дата
			Розроб.	Томс Б.Є.				Літ.	Арк.	Аркушів
			Перевір.	Лесів В.В.					1	2
			Реценз.					ТНТУ імені Івана Пулюя ФПТ гр.РАс-41 м. Тернопіль		
Н. Контр.	Марценюк А.С.									
Затверд.	Дунець В.Л.									
Частотомір електронний										

Перш. викорис.	Поз. познач.	Найменування			Кіл.	Примітка
		<u>Резистори:</u>				
Добід. №	R1	MF-12 - 1,2 кОм ±5%			1	
	R2	MF-12 - 47 кОм ±5%			1	
	R3	MF-12 - 5,6 кОм ±5%			1	
	R4	MF-12 - 62 кОм ±5%			1	
	R5	MF-12 - 5,6 кОм ±5%			1	
	R6	MF-12 - 100 Ом ±5%			1	
	R7,R8	MF-12 - 12 кОм ±5%			2	
		SP1	Кнопка тактова TS-A3PV-130			1
Підпис і дата	VD1, VD2	Діод 1N906AM			2	
Інв. № дубл.	XS1	Роз'їм PF-50			1	
	XS2	Роз'їм MJ-2-348B0			1	
Зам. інв. №						
		<u>Кварцовий резонатор:</u>				
Підпис і дата	ZQ1	Резонатор CSTLS 10K E58-B0 MURATA			1	
	ZQ2	Резонатор CSBLA 10M00 E58-B0 MURATA			1	
Інв. № ориг.						
	Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

ТБЕ6.093.001 ПЕ

Арк.

2

Перш. викорис.	Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
Добіт. №					<u>Документація</u>			
	A1			ФРК6.093.011.000СК	Складальне креслення	1		
	A1			ФРК2.093.011.000ЕЗ	Схема електрична			
					принципова	1		
	A4			ФРК2.093.011.000ПЕ	Перелік елементів	1		
	A4			ФРК2.093.011.000ПЗ	Пояснювальна записка	1		
					<u>Деталі</u>			
	A1	1		ФРК7.093.011.000ПЗ	Плата друкована	1		
					<u>Інші вироби</u>			
			7		Діод1N906AM	2	VD1, VD2	
		12		Кнопка тактова TS-A3PV-130	1	SP1		
ТБЕ6.093.001 СК								
Інв. № ориг.	Розроб.	Томс Б.Є.			Частотомір електронний	Літ.	Арк.	Аркушів
	Перевір.	Лесів В.В.					1	3
	Реценз.					ТНТУ імені Івана Пулюя ФПТ гр.РАС-41 м. Тернопіль		
	Н. Контр.	Марценюк А.С.						
	Затверд.	Дунець В.Л.						

