

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Лабораторний вимірювач частоти параметрів сигналів

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

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва спеціальності)

| | |
|-------------------|--|
| | <u>Яськів Н.О.</u> (прізвище та ініціали) |
| Керівник | <u>Яськів В.І.</u> (прізвище та ініціали) |
| Нормоконтроль | <u>Марценюк А.С.</u> (прізвище та ініціали) |
| Завідувач кафедри | <u>Дунець В.Л.</u> (прізвище та ініціали) |
| Рецензент | <u>Дедів Л.Є.</u> (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)

«31» травня 2021 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Яськіву Назарію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Лабораторний вимірювач частоти параметрів сигналів

Керівник роботи Яськів Володимир Іванович, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 31 » 05 2021 року № 4/7-435

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Діапазон вимірюваних частот 1Гц-90МГц; Діапазон вимірюваних частот із зовнішнім подільником до 2 ГГц; Чутливість 75-150 мВ; Час вимірювання 0,1-1-10 с; Напруга живлення 7,5-15 В; Струм споживання не більше 100 мА.

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

1 Аналіз технічного завдання; 2 Аналіз принципу роботи вимірювачів частоти та параметрів сигналів і розробка структурної схеми вимірювача; 3 Аналіз схемо-технічних рішень побудови вимірювача частоти; 4 Обґрунтування вибору схемо-технічного рішення виконання лабораторного вимірювача частоти та параметрів сигналів та розрахунки елементів схеми 5 Вибір елементної бази; 6 Розробка компоновки плати пристрою

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: «Лабораторний вимірювач частоти параметрів сигналів». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2021р. // с.-53, рис.-17, табл.-1, бібліог.-10, додат.-3.

Ключові слова: ЧАСТОТА, ПЕРІОД, МІКРОКОНТРОЛЕР, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЗАСІБ.

Роботу присвячено розробці лабораторного вимірювача частоти а також часових параметрів сигналів. Призначений для використання в якості засобу контрольно-вимірювальної техніки в лабораторіях з проектування на налагодження радіоелектронної апаратури. Проаналізовано принцип роботи аналогів вимірювача та розроблено структурну схему і схему електричну принципову вимірювача, основою якої є мікроконтролер. Проведено вибір елементної бази та розроблено топологію друкованої плати та складальне креслення друкованого вузла. Використання SMD елементів дозволило спроектувати друкований вузол компактним. Застосування рідко-кристалічного індикатора для відображення вимірюваних даних підвищило функціональність та зручність користування вимірювачем. Технічні вимоги вимірювача: діапазон вимірюваних частот - 1Гц-90МГц, діапазон вимірюваних частот із зовнішнім подільником до 2 ГГц, чутливість - 75-150 мВ, час вимірювання - 0,1-1-10 с, напруга живлення - 7,5-15 В, струм споживання - не більше 100 мА.

SUMMARY

Theme of qualification work: "Laboratory meter of frequency, parameters of signals". Qualifying work of the bachelor // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2021 // p.-53, fig.-17, table.-1, bibliog.-10, appendix-3.

Key words: FREQUENCY, PERIOD, MICROCONTROLLER, MEASURING INSTRUMENT.

The work is devoted to the development of a laboratory frequency meter as well as time parameters of signals. It is intended for use as a means of control and measuring equipment in laboratories for the design and adjustment of electronic equipment. The principle of operation of analogs of the meter is analyzed and the structural scheme and the scheme of the electric principle of the meter which basis is the microcontroller are developed. The element base is selected and the topology of the printed circuit board and the assembly drawing of the printed circuit board are developed. The use of SMD elements allowed to design a printed node compact. The use of a liquid crystal indicator to display the measured data has increased the functionality and ease of use of the meter. Technical requirements of the meter: range of measured frequencies - 1Hz-90MHz, range of measured frequencies with external divider up to 2 GHz, sensitivity - 75-150 mV, measurement time - 0.1-1-10 s, supply voltage - 7.5-15 V , current consumption - no more than 100 mA.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 7 |
| 1 Основна частина | 9 |
| 1.1 Аналіз технічного завдання | 9 |
| 1.2 Аналіз принципу роботи вимірювачів частоти та параметрів сигналів і розробка структурної схеми вимірювача | 9 |
| 1.3 Аналіз схемо-технічних рішень побудови вимірювача частоти | 17 |
| 1.4 Обґрунтування вибору схемо-технічного рішення виконання лабораторного вимірювача частоти та параметрів сигналів та розрахунки елементів схеми | 23 |
| 1.5 Вибір елементної бази | 28 |
| 1.6 Розробка компоновки плати пристрою | 34 |
| 1.7 Механічні розрахунки | 40 |
| 1.8 Розрахунок надійності друкованого вузла | 44 |
| 2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці | 46 |
| Висновки | 52 |
| Список використаних джерел | 53 |
| Додатки | |

| | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------|----------------|---------------|------------|-------------------|--|--|------------------|--------------|----------------|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | | | | | |
| <i>Зм</i> | <i>Арк</i> | <i>№ докум</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | Вимірювач частоти | | | <i>Лім</i> | <i>Аркуш</i> | <i>Аркушів</i> |
| <i>Розроб.</i> | <i>Перев.</i> | Яськів Н.О. | | | | | | 6 | 53 | |
| <i>Н.конт</i> | | | | | Пояснююча записка | | | ТНТУ, гр. РАС-41 | | |
| <i>Зав.каф</i> | | | | | | | | | | |

Вступ

Актуальність роботи. Серед усіх радіоелектронних приладів особливе місце займають засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) – це ті засоби, які використовують для контролю, налаштування, тестування, ремонту тощо радіоелектронної техніки. Їхні параметри та характеристики повинні бути вищими за параметри досліджуваних чи проєктованих апаратів, тобто їхній клас має бути вищим.

До таких засобів належать вольтметри, амперметри, омметри, термометри, генератори сигналів, частотоміри тощо, які за способом виконання методів, які в них реалізовані, поділяють на аналогові та цифрові, останні сьогодні є більш поширеними.

Поширеним ЗВТ є електронний частотомір, який призначений для вимірювання частоти та частотних параметрів періодичних сигналів. Частота належить до одних із основних показників струму. Він визначає кількість коливань у певному часовому циклі. Частота вимірюється в герцах, вона обернено пропорційна періоду коливань. Елементи обладнання, що працюють на електричному струмі, повинні працювати при струмах певної частоти. Ось чому прилади для визначення частоти протікаючого струму настільки важливі.

Знаючи частоту, можна оперативно налаштовувати, обслуговувати, діагностувати обладнання для різних цілей, а також контролювати перебіг технологічних процесів. Прилади для вимірювання частоти можуть мати різну конструкцію, яка визначається їх призначенням та особливостями роботи. Такі пристрої потрібні в багатьох галузях науки та промисловості. Прилади для вимірювання частоти мають особливе значення в телекомунікаціях, радіоелектронній та електротехніці.

В роботі проводиться розробка лабораторного вимірювача частоти параметрів аналогових сигналів.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 7 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

Практичне значення отриманих результатів. Результати можуть бути використані при проектуванні цифрових частотомірів та комбінованих приладів із нижчою собівартістю.

| | | | | | | |
|-----------|------------|----------------|---------------|------------|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 8 |
| <i>Зм</i> | <i>Арк</i> | <i>№ докум</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

1 Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Лабораторний вимірювач призначений для вимірювання частотних параметрів періодичних сигналів, тривалостей імпульсів та значень коефіцієнта заповнення у випадку вимірювання параметрів прямокутних імпульсів.

Технічні вимоги, що ставляться до вимірювача:

1. Діапазон вимірюваних частот.....1Гц-90МГц;
2. Діапазон вимірюваних частот із зовнішнім подільником....до 2 ГГц;
3. Чутливість.....75-150 мВ;
4. Час вимірювання.....0,1-1-10 с;
5. Напруга живлення.....7,5-15 В;
6. Струм споживання.....не більше 100 мА;
7. Середній термін служби не менше 5 років;
8. Атмосферний тиск (760+30) мм рт. ст., (101,3 +4) кПа;
9. Відносна вологість повітря до 80% при температурі до +25 °С;

1.2 Аналіз принципу роботи вимірювачів частоти та параметрів сигналів і розробка структурної схеми вимірювача

Залежно від типу конструкції, вимірювачі подібного типу бувають стаціонарними, переносними або панельними. Конкретний тип конструкції визначається сферою застосування пристрою.

Найпоширенішими пристроями є пристрої прямого лічення, тобто цифрові пристрої. Вони дозволяють із зручністю та високою точністю вимірювати необхідні частотні параметри. Їх головна особливість полягає в тому, що вони підраховують кількість імпульсів, що надходять від вхідного

формувача протягом певного періоду часу. Цей прилад здатний вимірювати частоту та частотні параметри сигналів.

Цифрові пристрої дозволяють проводити високоточні дослідження імпульсних та гармонічних частот в діапазоні 1 Гц - 70 ГГц. Такі пристрої в основному використовуються для вимірювання частот і часових параметрів.

За принципом дії такий частотомір можна класифікувати на 4 групи:

Середні пристрої, які є найбільш поширеними. За допомогою цих пристроїв можна виміряти середнє значення частоти за певний час. Межі вимірюваних частот становлять від 10 герц до 100 мегагерц. За допомогою спеціальних перетворювачів цей ліміт може бути розширений до 1000 мегагерц.

Пристрої миттєвого значення. За їх допомогою можна дізнатися частоту у вузькому діапазоні. Такі пристрої найчастіше використовуються для вимірювання інфранизьких і низьких частот.

Прилади номінального значення використовуються для дослідження змін частоти у вузьких межах. Одиниці відсотка вимірюють частоту у відносних одиницях.

Пристрої стеження найкраще підходять для вимірювання середніх частот. Вони вимірюють частоту безперервно. Якщо говорити прямо, то всі електронні, а також електромеханічні пристрої є пристроями стеження. До їх переваг можна віднести можливість формування відліків у будь-який час. Багато цифрових пристроїв також належать до пристроїв стеження.

Пристрої, що розширюють функціональність пристроїв стеження, можна виділити в окрему категорію. Це можуть бути службові або універсальні пристрої. Сервісні пристрої мають невеликі розміри, оскільки в них використовуються інтегральні схеми. Найчастіше їх використовують як самостійні пристрої, переносні, а також вбудовані блоки в структурі автоматизованих систем. Їх можна використовувати для вимірювання різних величин.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 10 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

У більшості випадків універсальні пристрої є багатофункціональними. Вони мають конструкцію, яка дозволяє використовувати змінні агрегати. Завдяки цьому їх функціональність може бути значно збільшена. Спеціалізовані прилади заточені під конкретні параметри вимірювання, тому в більшості випадків вони мають простішу конструкцію.

Вимірювачі частоти можуть бути різної конструкції. Наприклад, електронний обчислювальний пристрій відрізняється своєю блочно-модульною конструкцією. Його основа - це об'ємна плата, де монтуються модулі. Провідники йдуть від них до елементів управління та індикатора, включаючи вхідні та вихідні роз'єми. Індикатори розташовані в модулі, який знаходиться за панеллю. Індикація здійснюється динамічно.

Окрема касета містить блок живлення та генератор. Є можливість підключення зовнішнього генератора. Для захисту від перегріву використовується термостат. Розрахунок проводиться за допомогою декад і дільників. Крім того, пристрій включає множник, блок скидання та самонастроювання, автоматичний блок та драйвер введення. Транзистори використовуються як елементна база для цих пристроїв. Такі пристрої вже вважаються застарілими, але все ще іноді використовуються.

Найпростіший вимірювач частоти виготовляється на основі мікросхем. В якості вхідного елемента використовується тригер Шмідта, який перетворює синусоїдальну напругу в імпульси однакової частоти. Для належної роботи тригера потрібна певна амплітуда вхідного сигналу. Важливо, щоб вона не перевищувала зазначене значення. Для підвищення чутливості пристрій може використовувати додатковий підсилювач входу. Наприклад, для цього може бути використаний напівпровідниковий транзистор малої потужності або аналогова мікросхема.

Коли коливання проходять через конденсатор, його продуктивність посилюється другим конденсатором. Після цього коливання спрямовуються на вхід тригера. Наступний конденсатор видаляє зворотній зв'язок. Щоб

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 11 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

користувач бачив покази частоти, використовуються прилади зі стрілками, а також спеціальні індикатори.

Вимірювач частоти дозволяє визначити частоту струму в частині обладнання. Наприклад, потрібно отримати схему, яка складається з 2 блоків: передавача і приймача. Генератор сигналу можна використовувати, поки передавач не буде готовий. Більшість генераторів здатні генерувати сигнали з різними параметрами.

Для точного визначення частоти сигналу необхідно підключити генератор до входу пристрою для вимірювання частоти. Ряд генераторів мають вбудовані модулі виявлення частоти. Цифровий лічильник частоти використовує принцип підрахунку імпульсів, завдяки якому блок підрахунку підраховує кількість імпульсів, які поступають на вхід за певний проміжок часу. Тобто пристрій підраховує кількість імпульсів, проміжок часу визначається за допомогою опорних частот.

На вході пристрою вимірюване коливання посилюється, перетворюючись на послідовність посиленних імпульсів з тією ж частотою, яку потрібно виміряти. Одночасно кристалічний генератор генерує послідовність опорних імпульсів, які ведуть до запуску схеми управління. Строб-схема встановлює стандартний час вимірювання, за який коливання подаються на вхід. Лічильник пристрою підраховує імпульси протягом заданого періоду часу. Їх кількість відображається на цифровому індикаторі. Якщо потрібне нове вимірювання, є кнопка, яка надсилає сигнал до схеми скидання. Вона встановлює лічильник на нуль.

Універсальний лічильник частоти використовується в більшості випадків для автоматичного визначення частоти, неперервності сигналів, часу, пікової напруги, що вводиться. Також пристрій використовується для вивчення часу проходження імпульсів, часу, фазового зсуву між сигналами, вивчення взаємозв'язку частотних характеристик, підрахунку кількості імпульсів.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 12 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

У більшості випадків вимірювач частоти використовується з метою налаштування, випробування та калібрування роботи на різних пристроях. Наприклад, це можуть бути перетворювачі, генератори, фільтруючі пристрої. Частотоміри часто використовуються для настройки обладнання зв'язку тощо. Вони досить часто використовуються в комунікаціях, вимірвальних технологіях, навігації, розташуванні, ядерній фізиці, електроніці, а також у створенні, виробництві та експлуатації електронних пристроїв.

Структурна схема типового цифрового вимірювача частоти зображена на рис.1.1.

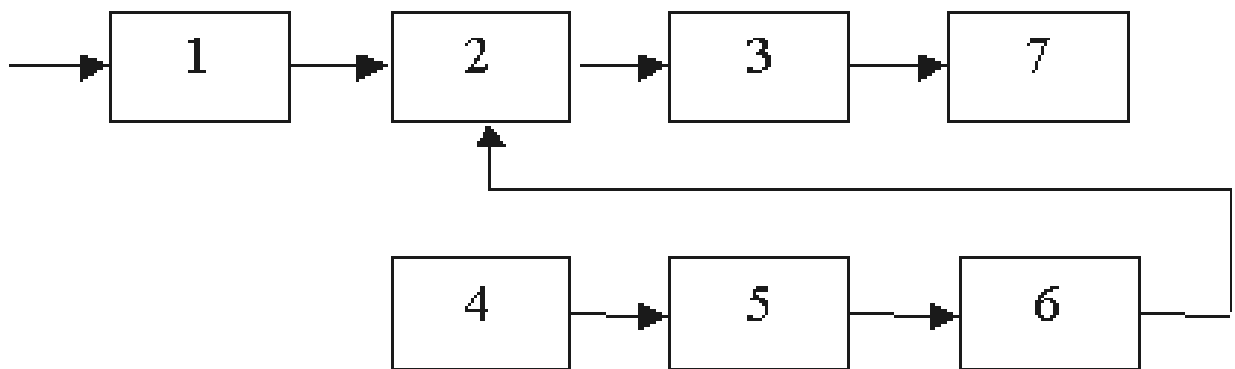


Рисунок 1.1 – Структурна схема вимірювача частоти

Вхідний сигнал в вимірювачеві надходить на підсилювач-формувавч 1, який служить для перетворення вхідної напруги в послідовності прямокутних імпульсів певної амплітуди і тривалості. Ключ 2 призначений для пропуску сформованих імпульсів в цифровий лічильник 3 і індикатор 7 протягом певного вимірювального часу. Тривалість вимірювального часу визначається ланкою, що складається із задаючого кварцового генератора 4, дільника частоти 5, кола управління 6 і вибирається залежно від вимірюваної частоти і необхідної точності вимірювання. При відомому вимірювальному часі t_n число полічених імпульсів N в масштабі визначає значення частоти f_x :

$$r_x = \frac{N}{t_n}$$

Зазвичай вимірювальний час вибирається рівним:

$$t_n = 10 \cdot n$$

де n – ціле число.

Так, якщо $n=0$, то $t_n=1$ с і індикується значення вимірюваної частоти f_x Гц.

При вимірюванні низьких частот вимірювальний час для отримання достатньої точності повинен бути вибраний дуже великим, в цьому випадку доцільно переходити до вимірювання періоду.

Структурна схема вимірювача частоти в режимі вимірювання періоду зображена на рис. 1.2.

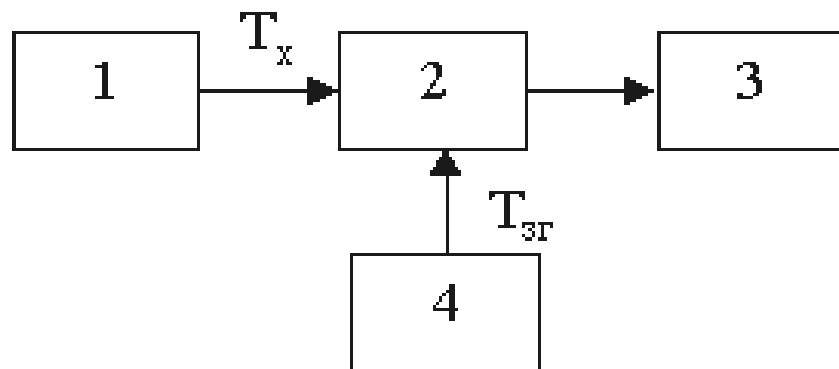


Рисунок 1.2 – Структурна схема вимірювача частоти

У ній імпульси задаючого генератора 4 надходять в цифровий лічильник 3 протягом періоду досліджуваного сигналу

$$N = \frac{T_x}{T_{32}} = f_{32} \cdot T_x$$

Оскільки f_{32} – величина постійна, число імпульсів в масштабі відображає досліджуваний період. Зазвичай для зручності вибирають $f_{32}=10n$ Гц, тоді:

$$N=10n \cdot T_x$$

Для зменшення похибок вимірювання підраховують 10, 100, і 1000 періодів.

Багатовимірювальні завдання автоматики, обчислювальної техніки вирішуються вимірюванням часових інтервалів різної тривалості. Вимірювання часових інтервалів також здійснюється за допомогою цифрових вимірювачів частоти або вимірювачів часових інтервалів, по структурній схемі, наведеній на рис.1.3.

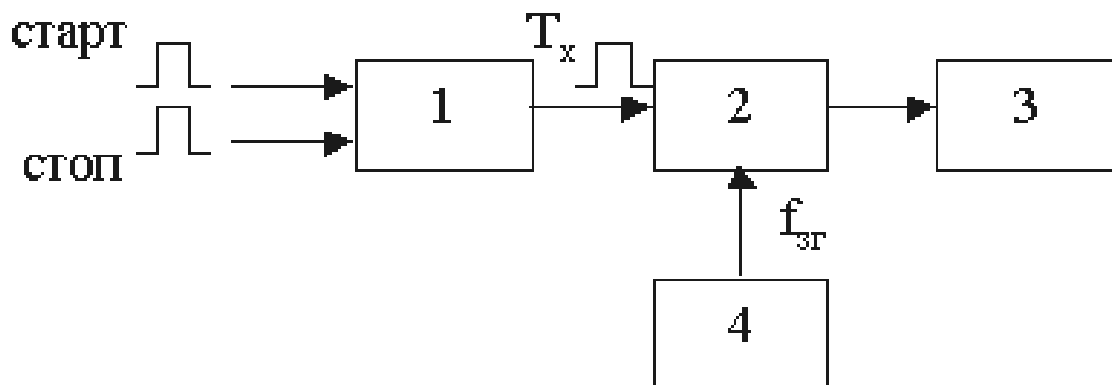


Рисунок 1.3 – Структурна схема

Керуючий тригер 1 дозволяє проходження через ключ 2 в лічильник 3 імпульсів задаючого генератора 4 протягом вимірюваного інтервалу часу t_x . Число імпульсів, підраховане лічильником, аналогічне режиму вимірювання періоду, може бути записане як:

$$N=10n \cdot t_x$$

Похибка вимірювання цифровим вимірювачем частоти в основному визначається похибкою квантування і нестабільністю вимірювального часу і у відносних одиницях може бути представлена як:

$$\delta = \frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta t_i}{t_i}$$

де ΔN – абсолютна похибка рахунку числа імпульсів N (похибка квантування); Δt_i – нестабільність вимірювального часу t_i .

Похибка сучасних цифрових вимірювачів частоти становить величину порядку 10^{-5} - $10^{-8}\%$.

Проаналізувавши все вище сказане розроблено структурну схему вимірювача частоти, яка наведена на рис. 1.4.

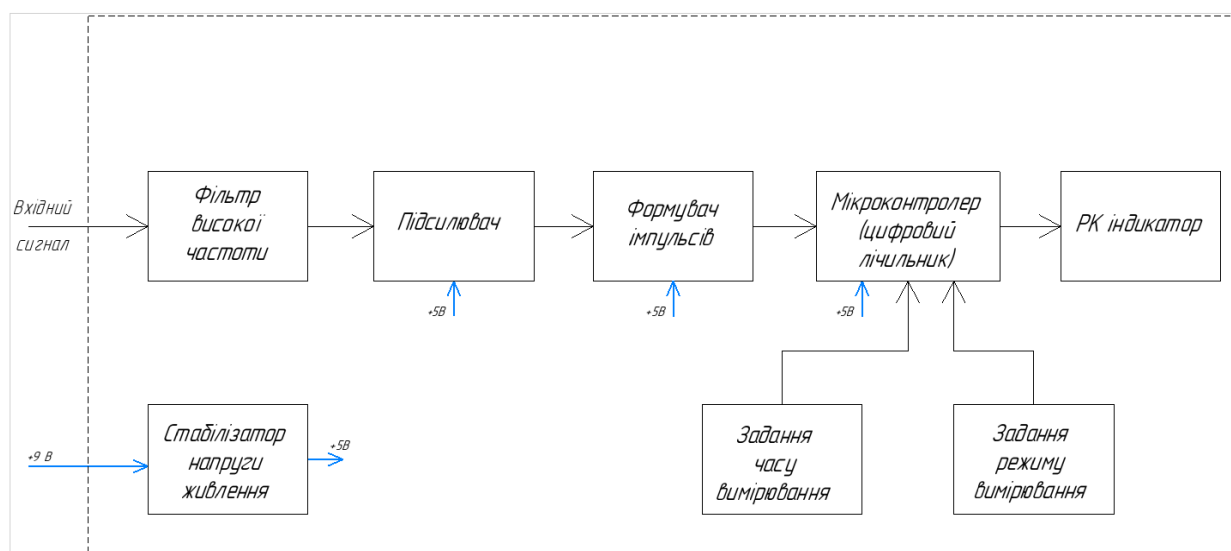


Рисунок 1.4 – Схема структурна цифрового вимірювача частоти

Відповідно до рис. 1.4, структура вимірювача є подібною до структури, наведеної на рис. 1.1. Вхідний сигнал подається на вхід фільтра

високої частоти, який призначений для подавлення постійної складової, що може бути присутня в сигналі. З виходу фільтра сигнал надходить на підсилювач, а з нього – на формувач імпульсів, частота яких буде співпадати з частотою періодичних складових вхідного сигналу. Мікроконтролер виконує підрахунок кількості імпульсів за одиницю часу та формує сигнал керування РК-індикатором, на якому відображається поточне значення частоти. Також в схемі передбачено задання часу вимірювання для різних діапазонів частоти вхідного сигналу, які визначаються зовнішнім подільником частоти.

1.3 Аналіз схемо-технічних рішень побудови вимірювача частоти

Проведемо аналіз схемо-технічних рішень побудови вимірювачів частоти, що використовуються в практиці радіоелектронних вимірювань.

Розглянемо варіант виконання вимірювача частоти, який призначений для використання на малих підприємствах, що займаються ремонтом і розробкою радіоелектронної апаратури. Основними параметрами його є:

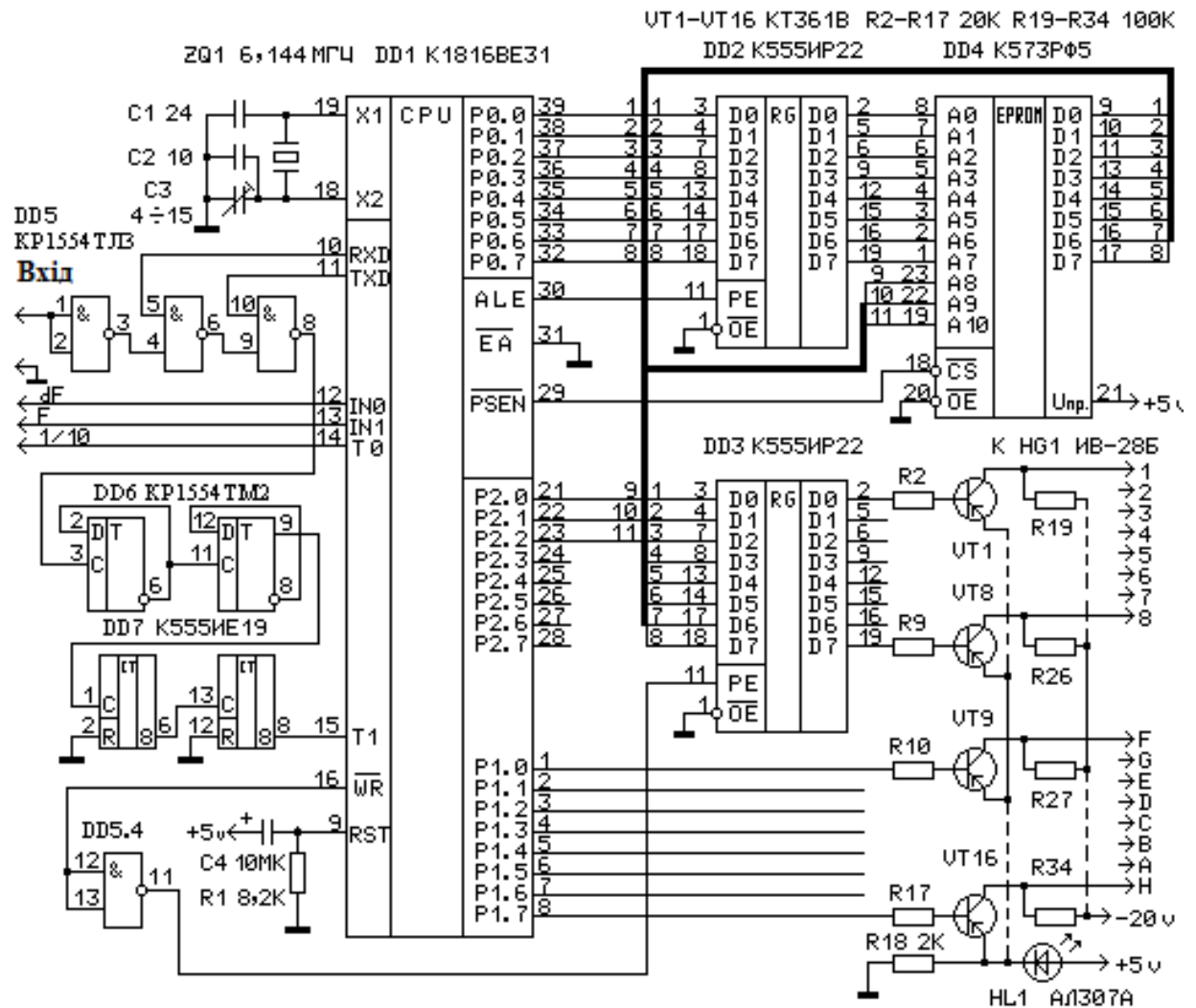
- Верхня гранична частота вимірювання 50 МГц;
- чутливість від 100 мВ;
- кількість розрядів індикатора 8;
- час вимірювання 0,1 - 1 - 10 сек;
- дискретність 100 - 1 - 0,1 Гц.

Частоти вище 50 МГц можна вимірювати із застосуванням надвисокочастотного подільника.

У вимірювачеві частоти передбачена можливість програмного калібрування. Це уможливорює застосування довільних кварцевих резонаторів до 4 МГц. Значення проміжних частот записуються у внутрішню пам'ять мікроконтролера. Принцип дії частотоміра – підрахунок числа імпульсів вхідного сигналу на визначеному інтервалі часу.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 17 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

Схема вимірювача зображена на рис.1.5. Імпульси вимірюваної частоти подаються на вхідний формувач, виконаний на елементах VT1 і DD1. Діоди VD1 і VD2 обмежують амплітуду вхідного сигналу на рівні 1 В. Для синусоїдального вхідного сигналу нижня межа вимірюваних частот визначається ємністю C4 і C5, при зазначеному на схемі значенні вона дорівнює 10Гц. З виходу DD1 сформовані імпульси поступають на мікроконтролер. Досить висока здатність навантаження його виходів дозволила безпосередньо підключити до нього катоди індикаторів. Аноди підключені через складові емітерний повторювач на VT2...VT17 до виходів лічильника DD3 типу К561ИЕ8, який здійснює сканування розрядів. Така схема дозволяє жити індикатор стабілізованою напругою, що істотно полегшує тепловий режим стабілізатора DA1 і практично усуває вплив кидків струму при комутації розрядів індикатора на роботу вхідного формувача.



Основними параметрами вимірювача частоти є:

- діапазон вимірюваних частот 1 Гц ... 200 МГц;
- діапазон вимірювання нестабільності +/- 10 МГц;
- кількість розрядів індикатора 8;
- дискретність 1 Гц;
- час вимірювання 1 секунда;
- чутливість 100...200 мВ.

Живлення +5В на всі мікросхеми підводиться до вивода з максимальним номером. Із загальним проводом з'єднується вивід з удвічі меншим номером. Між колами живлення необхідно включити 2...3

блокувальних конденсатори 0,01...0,1Мк. Світлодіод HL1 використовується як стабилитрон з напругою стабілізації близько 1,5 В. Ця напруга забезпечує надійне замикання ключових транзисторів. Коло С4, R1 необхідне для скидання при включенні мережі.

Мікроконтролер використано з вбудованою пам'яттю програм 87С51 або АТ89С51. У цьому випадку схема істотно спрощується, в неї потрібно внести такі зміни: DD5.4 виключається, вивід 11 DD3 підключається до +5В. Між P0.0-P0.7 і +5В бажано включити резистори 10 кОм, хоча прилад працює і без них. DD2, DD4 виключаються, DD3 теж можна виключити, якщо здатність навантаження порту достатня для управління ключами індикатора. Вивід 31 DD1 відключається від "землі" і підключається до +5В.

Програма для роботи із зовнішнім і внутрішнім ПЗУ має деякі відмінності.

Лінії dF і F (висновки 12 і 13 DD1) під'єднуються до двох кнопок на замикання без фіксації, встановлених на лицьовій панелі. Другі контакти цих кнопок під'єднуються до загального проводу. При короткочасному натисканні на кнопку dF частотомір переходить в режим вимірювання нестабільності частоти. При цьому на індикатор виводиться різниця між поточним значенням частоти і тим, яке було в момент переходу в цей режим. У старшому розряді індидується знак відхилення частоти, тому діапазон вимірювання відхилення дорівнює 10 МГц.

При натисканні на кнопку F прилад повертається в режим вимірювання частоти. Цей режим встановлюється і при включенні живлення.

Лінія 1/10 (вивід 14 DD1) під'єднується до вільного контакту вхідного терміналу. Вона призначена для зручності роботи при використанні зовнішнього НВЧ дільника на 10. На відповідні частини роз'єму розпаюються перемички між цим контактом і контактом, сполученим із загальним проводом. Таким чином, при підключенні зовнішнього дільника на 10, що розширює діапазон вимірюваних частот, ця лінія з'єднується із загальним

| | | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|--|------------------|-----|
| | | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | | 22 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | | |

проводом. При цьому відповідним чином змінюється розташування десяткових точок на індикаторі. При роботі без НВЧ дільника, тобто при вимірюванні частот до 100 МГц, цей контакт повинен залишатися вільним. Із зовнішнім НВЧ дільником ціна молодшого розряду – 10 Гц, а верхнє значення вимірюваної частоти визначається швидкодією подільника, але не може перевищувати 1000 МГц. Схема подільника, показана на рис.1.8, має діапазон робочих частот 30...400 МГц.

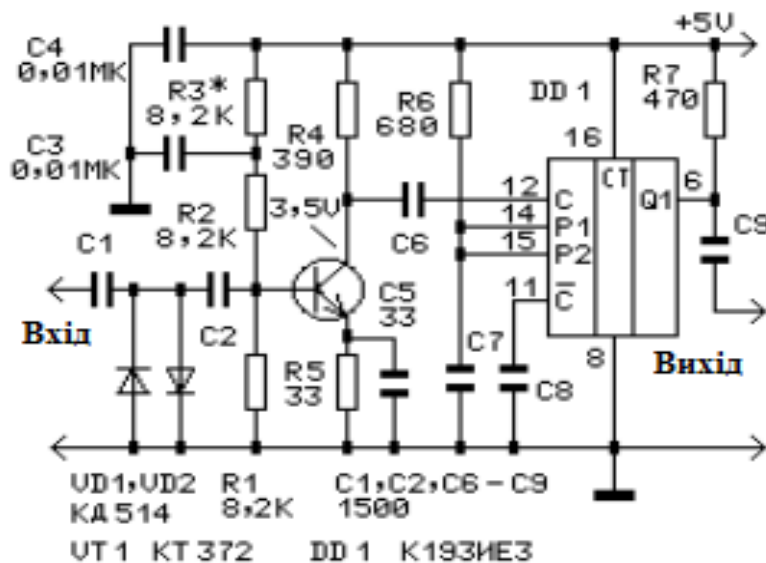


Рисунок 1.8 – Зовнішній НВЧ подільник на 10

Використаємо при розробці схеми електричної принципової вимірювача частоти переваги розглянутих вище схем електричних, за винятком того, що подільник частоти виконаємо зовнішнім, незалежним від схеми електричної частотоміра.

1.4 Обґрунтування вибору схемо-технічного рішення виконання лабораторного вимірювача частоти та параметрів сигналів та розрахунки елементів схеми

На рис. 1.9 наведено схему електричну принципову цифрового вимірювача частоти, що розроблена на основі розглянутих вище конструкцій.

Виводи RB2 і RB3 приєднані до контактів 3 і 5 роз'єма XS2, до якого підключається НВЧ дільник. На відповідній частині роз'єму між цими контактами і загальним проводом можуть бути встановлені перемички.

Розімкнутий стан контактів 3 і 5 роз'єму XS2 відповідає роботі приладу без зовнішнього НВЧ дільника. Замикаючи ці контакти із загальним проводом (контакт 2) можна вибрати необхідний подільник.

Ємність конденсатора C8 знаходимо за формулою:

$$C2 = \frac{P_n}{200 \cdot K_n \cdot U_{жс}^2} \quad (1.1)$$

де P_n - номінальна потужність (0,75 Вт),

K_n - коефіцієнт пульсацій (10%),

$U_{жс}$ - напруга живлення (9 В),

$$C2 = \frac{0.75}{200 \cdot 0,1 \cdot 9^2} = 417_{мкФ} \quad (1.2)$$

Приймаєм $C2=470$ мкФ, $C1=C4=0,1$ мкФ.

Проведемо розрахунки вузлів індикації (рис.1.10). Знайдемо номінали резисторів R12, R13, виходячи з того, що струм споживання кожного світлодіода становить 0,01 А, а напруга – 1,3 В.

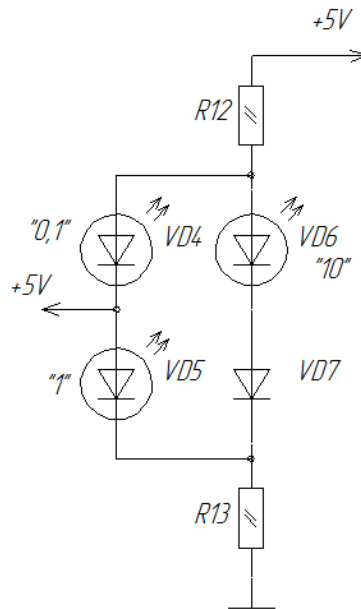


Рисунок 1.10 – Вузли індикації режимів мірювання

Коли подається лише верхня по схемі напруга +5В, то світитися буде лише світлодіод VD6, оскільки діоди VD4, VD5 включені послідовно і струм через них буде протікати менший за необхідний. Маємо коло(рис.1.11):

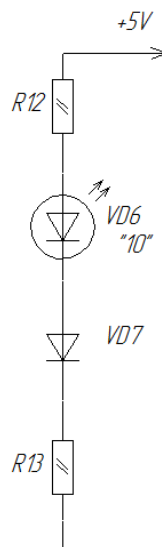


Рисунок 1.11 – Індикація режиму «10»

Тоді на світлодіоді VD6 падатиме напруга:

$$U_{VD6} = 5B - U_{VD7} - U_{R12} - U_{R13} \quad (1.3)$$

Прийmemo $R_{12}=R_{13}$, відповідно $U_{R_{12}} = U_{R_{13}}$.

Тоді:

$$U_{R_{12}} = U_{R_{13}} = 5B - U_{VD7} - U_{VD6} = 5 - 1.3 - 0.9 = 2.8 \text{ В}$$

Тоді на кожному з резисторів повинно падати 1,4 В.

Опір резисторів становитиме:

$$R_{12} = \frac{U}{I} = \frac{1.4}{0.01} = 140 \text{ Ом} \quad (1.4)$$

Приймаємо значення номіналів резисторів R_{12} , R_{13} з стандартних рядів рівними 120 Ом. Знайдемо потужність, що розсіюється на кожному резисторі:

$$P = U \cdot I = 1.4 \cdot 0.01 = 0.014 \text{ Вт} \quad (1.5)$$

Вибираємо резистори потужністю 0,125 Вт із невеликим запасом.

Подібним чином проводяться розрахунки решти елементів схеми електричної принципової вимірювача частоти.

1.5 Вибір елементної бази

У пристрої використані наступні типи радіоелементів:

Резистори SMD 0805-RC11 (рис.1.12) – постійні металооксидні. Оптимізовані для автоматичного монтажу. Працюють при постійному, змінному та імпульсному струмах.

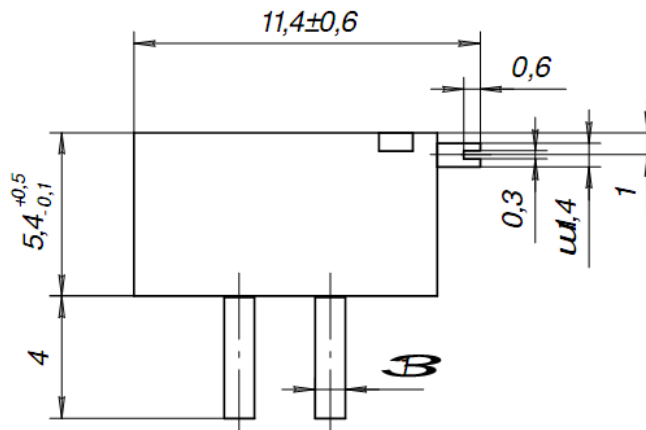


Рисунок 1.13 – Габаритні розміри резистора СП5-2ВБ

Конденсатори серії 0805-X7R – безвивідні керамічні неполярні конденсатори загального призначення. Дані конденсатори вибираємо для приладу тому, що вони підходять по параметрах для функціонування схеми, та є економічно вигідними.

Технічні параметри конденсаторів:

- номінальна напруга, В 50;
- діапазон номінальних ємностей, пФ $0,5...10^{-6}$;
- діапазон робочих температур, °С $-55...+85$;
- діапазон відхилення ємності, % ± 10 ;

К50-35 – електролітичні конденсатори великої ємності для стабілізації і фільтрування напруги;

Конденсатори К50–35 – оксидні полярні. Є в трьох варіантах: 1 – для автоматизованої зборки, 2 і 3 – для ручної зборки.

Основні технічні характеристики конденсаторів типу К50-35:

- діапазон номінальних ємностей: 0,10–10000 мкФ (проміжні значення номінальних ємностей для допуску $\pm 20\%$ відповідають ряду E24)

- граничні експлуатаційні дані:

- діапазон робочих температур: від -60°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- мінімальне напрацювання на відмову: 40000 год.;

Конденсатори К10–17–26 – керамічні постійної ємності.

Основні технічні характеристики конденсаторів типу К10-17-26:

- номінальна напруга: 25 В
- діапазон номінальних ємностей: $2,2-1 \cdot 10^4$ пФ (проміжні значення номінальних ємностей для допуску $\pm 10\%$ відповідають ряду E24)
- група за температурним коефіцієнтом ємності: Н50
- граничні експлуатаційні дані:
 - діапазон робочих температур: від -60°C до $+125^\circ\text{C}$;
 - гранична робоча напруга 100 В;
 - мінімальне напрацювання на відмову: 40000 год.;
 - маса: не більше 0,05 г

Вибрані типи резисторів і конденсаторів володіють хорошими температурними і іншими параметрами, тому їх застосування є обґрунтованим.

В якості діодів було вибрано діоди 1N4007, 1N4148, АЛ307Б.

Кремнієвий діод 1N4007 призначений для роботи в схемах випрямлячів:

- максимальна зворотна напруга, В 1000;
- максимальна імпульсна зворотна напруга, В 1200;
- максимальний прямий струм, А 1;
- максимальний імпульсний струм, А 30;

Кремнієвий діод 1N4148 має наступні електричні параметри:

- максимальна зворотна напруга, В 75;
- максимальна імпульсна зворотна напруга, В 120;
- максимальний прямий струм, А 0,2;
- максимальний імпульсний струм, А 0,45;

Світлодіод АЛ307Б має наступні електричні параметри:

- пряма напруга, В 2;
- прямий струм, А 0,01;

В виробі використано транзистори КП313А та КТ368БМ

Основні технічні характеристики транзистора КП313А:

- максимальна напруга втік-витік, В 15;
- максимальний струм витоку, А 0,015;
- максимальна напруга джерла, В 10;
- максимальна розсіювана потужність колектора, Вт, 0,075.

Транзистор КТ368БМ – транзистор n-p-n структури, кремнієвий високочастотний.

Основні технічні характеристики транзистора:

- максимальна напруга колектор-база, В 15;
- статичний коефіцієнт передачі емітера по струму 50;
- максимальний струм колектора, мА 30;
- максимальна розсіювана потужність колектора, мВт, 225.

Наступними було вибрано мікросхеми PIC16F628A, LM7805 та SN74AC14.

Мікросхема LM7805 – представляє собою позитивний інтегральний стабілізатор напруги з вихідним струмом до 1.5 А і напругою стабілізації 5 В.

Мікросхема PIC16F628A – мікроконтролер широкого призначення з наступними параметрами:

- ЦПУ: Ядро PIC16ЦПУ: F, МГц від 0 до 20;
- Пам'ять: Flash, КБ 2;
- Пам'ять: RAM, КБ 0.225;
- Пам'ять: EEPROM, КБ 0.125;
- I / O (макс.), шт. 16;
- Таймери: 8-біт, шт 2;
- Таймери: 16-біт, шт 1;
- Таймери: Каналів ШІМ, шт 1;
- Таймери: RTC немає;
- Інтерфейси: UART, шт 1;

- Аналогові входи: Аналоговий компаратор, шт 2;
- VCC, В від 3 до 5.5;
- ICC, мА 2.75.

SN74AC14 – цифрова мікросхема серії КМОН, функціональне призначення мікросхем напівпровідникових - шість тригерів Шмітта-інверторів і компоненти використовуються в радіоелектронній апаратурі в широкому спектрі застосування. Робоча температура експлуатації мікросхеми від -60 до +125 °С.

Також в роботі вибрано індикатор WH1601A - алфавітно-цифровий РК-модуль фірми Winstar (рис. 1.14).

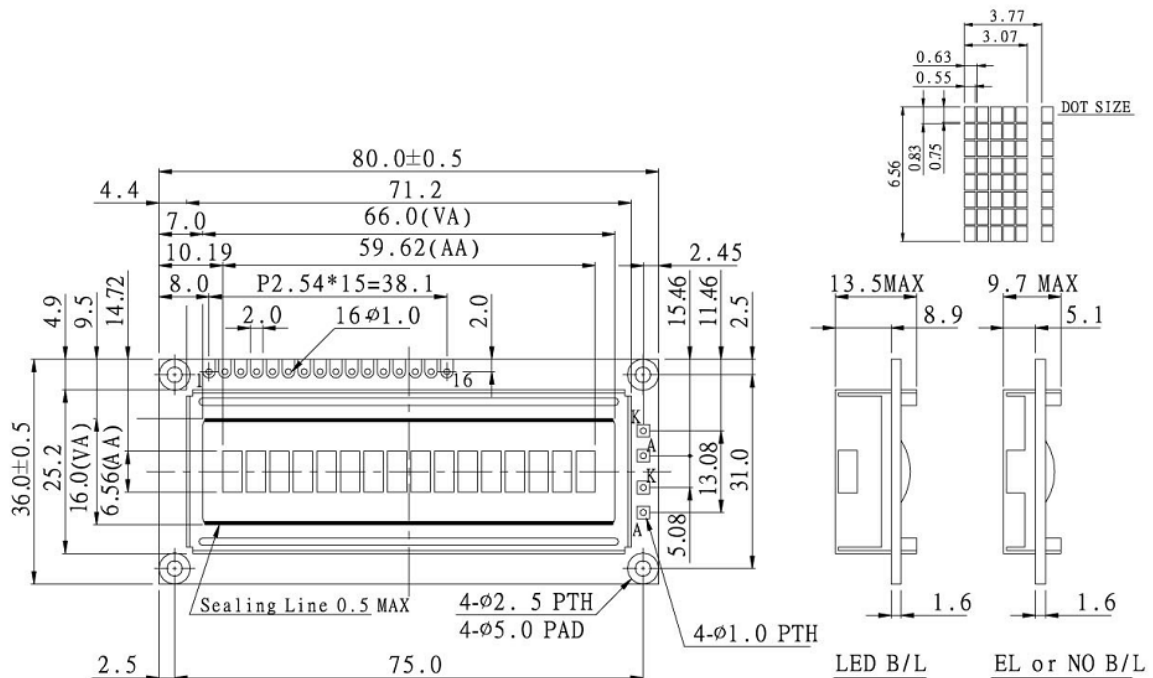


Рисунок 1.14 – Габаритні розміри індикатора WH1601A

Технічні характеристики індикатора:

- напруга живлення, В 5;
- струм споживання, мА 1,2;
- напруга високого рівня, В 2,4;
- напруга низького рівня, В 0,4;

Вибрані елементи дозволять реалізувати вказані технічні параметри та можливості цифрового частотоміра а їх вибір є економічно обґрунтованим.

1.6 Розробка компоновки плати пристрою

1.6.1. Вимоги до проектування друкованих плат

В структурі лабораторного вимірювача є присутні елементи з поверхневим типом монтажу, що накладає додаткові обмеження та вимоги на процес проектування друкованої плати. Такими вимогами є:

1. Щільність монтажного поля. Розміри контактних площадок для кріплення та зазори між ними багато в чому визначають складові складання та технологію виготовлення збірки.

2. Розміри групової заготовки, встановленої на конвеєрі складальної лінії.

3. Система вирівнювання (система базування) з довільними позначками заготовки та прицілами для встановлення багатоконтактних компонентів на робочій зоні основи. Форма та точність позиціонування знаків та контактних площадок монтажного поля мають погоджуватись з виробниками друкованих плат та монтажним та складальним виробництвом.

4. Оздоблювальні покриття для пайки багато в чому визначають вибір флюсів, типів паст, температурних умов для пайки. Тривале паяння покривних покриттів важливою вимогою стабільності складання та виробництва.

5. Деформація друкованих плат. Часто плата відхиляється через неприйнятне викривлення, що заважає їй приймати рівний стан, необхідний для встановлення принтера та компонентів.

6. Термостійкість друкованих плат визначає прийнятність температурних умов пайки. Ця проблема особливо гостра для безсвинцевих технологій пайки. Щоб забезпечити ці умови, необхідно використовувати

Матеріали типу FR-52 та поліімідні плити можна використовувати для безсвинцевої пайки без обмежень.

Покриття отворів. Пластичність відкладень міді повинна бути пов'язана з тепловим розширенням основи плати вздовж осі Z. Це буде явно більше при більш високих температурах пайки безсвинцевими припоями. Щоб протистояти розширенню основи і забезпечити більшу міцність і більшу пластичність мідних відкладень, необхідно посилити контроль за процесом металізації наскрізних отворів. Щоб забезпечити нагрівання наскрізних отворів для кріплення до більш високих температур, властивих безсвинцевій пайці, необхідно забезпечити відповідну теплопровідність металізації за рахунок збільшення її товщини. Все це змушує нас переглянути вимоги до технології металізації отворів у друкованих платах.

Кількісні показники, яким повинна задовольняти друкована плата:

1. Оптимальний зазор між провідним компонентом і стінкою отвору для кріплення повинен становити 0,2–0,3 мм. При меншій відстані припій погано впадає в отвір, з'являються порожнечі і неприпої. Зі збільшенням зазору витрата припою збільшується, і в припої з'являються усадкові порожнини. При виборі діаметра отвору необхідно враховувати товщину базової металізації та шарів покривного шару.

2. Граничні відхилення відстаней між центрами кріпильних отворів та базовим отвором для автоматизованого монтажу без використання технічного зорового обладнання не повинні перевищувати $\pm 0,05$ мм, між осями контактних площадок - $\pm 0,1$ мм.

3. На друкованій платі з SMD-компонентами необхідно мати довірчі позначки, які виконують роль базових елементів при встановленні компонентів. В якості довірчої позначки рекомендується покриття коло металізації діаметром 1,0–1,6 мм, навколо якого повинно бути кільце, вільне від маски, шириною не менше 0,3 мм. Навколо довірчої позначки на відстані трьох її радіусів не повинно бути елементів провідного малюнка. На

віддалених кутах на кожному краї плати (наприклад: внизу зліва, вгорі праворуч) на відстані не менше 5 мм від краю друкованої плати необхідно мати 2 довідні позначки.

4. Розміщуючи компоненти SMD на друкованій платі, слід дотримуватися вимог ОСТ4.42.02-93. При встановленні компонентів у корпусах мікросхем на стороні пайки рекомендується розміщувати їх поздовжню вісь уздовж короткої сторони друкованої плати (у напрямку хвилевої пайки), компоненти SMD в упаковках типу SO, доцільно розміщувати з виводами вздовж напрямку хвилевої пайки; після останньої пари виводів слід зробити допоміжні (невикористані) ділянки для запобігання утворенню спайок:

- Мінімальна відстань між площадками сусідніх компонентів SMD має бути більше 1 мм, а між компонентами SMD та компонентами із штифтами - не менше 1,5 мм.

- Перехідні отвори повинні розташовуватися поза провідними площадками компонента SMD. Перехідні отвори Ø0,6 мм з відкритими контактними площадками повинні розташовуватися поза проекцією типів CHIP, MELF, SOT, SOIC на друкованій платі.

5. Не рекомендується розміщувати компоненти, які суттєво відрізняються по висоті, поруч один з одним, оскільки під час паяння паяльної пасти тінь «нагрівання» від великих компонентів погіршує пайку низьких компонентів.

6. Чіп-компоненти рекомендується розміщувати не ближче 3 мм від виводів корпусів мікросхем.

7. Компоненти в неізолюваних корпусах із задньої плати не повинні мати провідників, оскільки ізолюючі прокладки додають складності та вартості збірці.

8. Кожен стандартний розмір компонента SMD повинен мати власну конфігурацію поля монтажу та форму контактних колодок (

| | | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|--|------------------|-----|
| | | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | | 37 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | | |

Щоб забезпечити можливість використання мікросхем у різних корпусах, рекомендується використовувати універсальне монтажне поле з можливістю заміни корпусів від різних постачальників компонентів.

9. Площинки навколо отворів та площинки для компонентів SMD повинні бути з'єднані один з одним провідником номінальної ширини, покритим захисною маскою. Злиття цих площадок є неприпустимим.

10. Компоненти розміщуються не ближче 2 мм до краю плати якщо є передбачені технологічні поля та 4 мм якщо цих полів немає.

11. Орієнтація компонентів на платі не є критичною. Вибір компонентів таким чином дозволяє монтажникам досягти максимальної продуктивності.

12. Щоб запобігти деформації друкованої плати в процесі монтажу при нагріві, полігони на зовнішньому та внутрішньому шарах розташовуються рівномірно по поверхні основи.

13. Відстань від краю отвору до інших сусідніх елементів рисунка має бути більше за 0,5 мм.

Щоб зменшити відтік тепла з контактних накладок під час пайки (щоб виключити появу «холодної» пайки), необхідно встановлювати провідники, які з'єднують контактну площадку і широкий провідник.

1.6.2 Проектування друкованої плати та друкованого вузла

Проектована друкована плата відповідає зазначеним вимогам. Всі поверхнево встановлені компоненти розміщені з однієї сторони плати.

Параметри контактних площадок відповідають рекомендованим для кожного стандартного розміру корпусу.

Трасування друкованої плати виконано в середовищі P-CAD-2006. Оформлення креслень виконано в середовищі Компас.

На рис. 1 наведено креслення отриманої друкованої плати.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 38 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

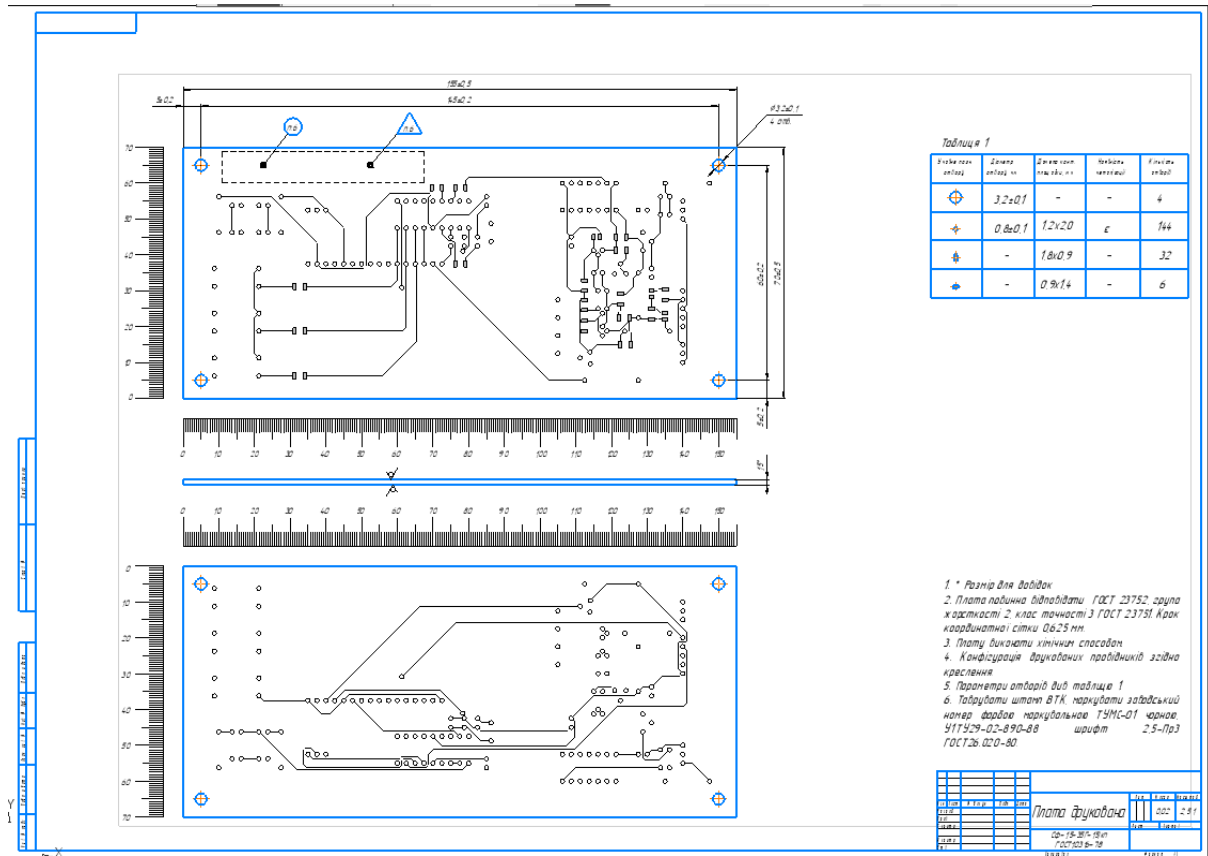


Рисунок 1.15 – Креслення отриманої друкованої плати

Також на рис. 1.16 наведено складальне креслення друкованого вузла.

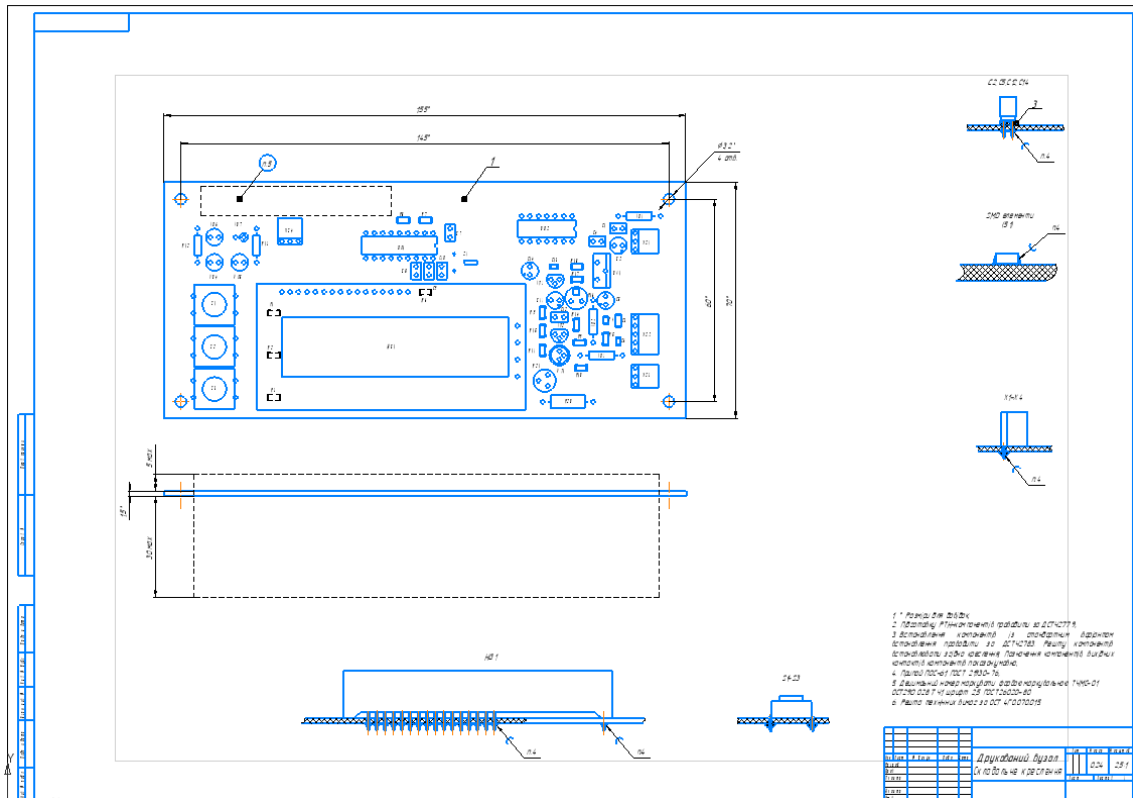


Рисунок 1.16 – Складальне креслення друкованого вузла

На цьому кресленні вказано додатково варіанти встановлення елементів, які не відповідають варіантам, зазначеним в технічних вимогах креслення, зокрема ДСТУ 2783. Такими елементами є індикатор, кнопки, роз'єми, електролітичні конденсатори та SMD-елементи.

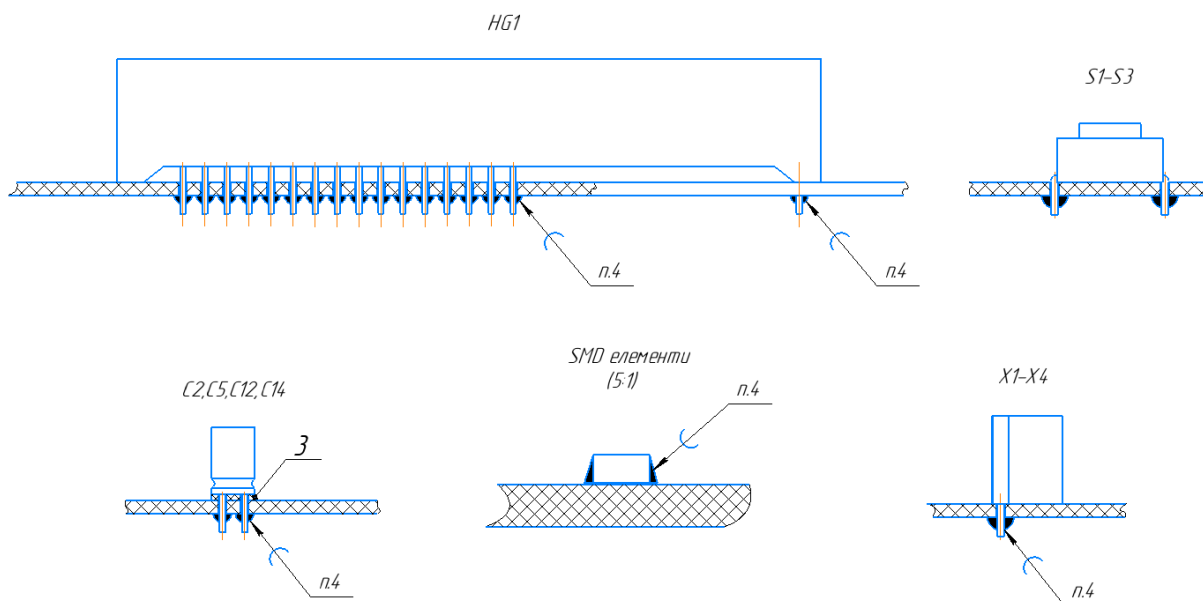


Рисунок 1.17 – Елементи із нестандартним варіантом встановлення

Так, на приклад, електролітичні конденсатори встановлюються на діелектричні прокладки із проклеюванням для запобігання попадання вологи та окислення виводів. Пунктом 3 позначено таку діелектричну прокладку, яка є додатково прописана в специфікації.

1.7 Механічні розрахунки

Значення резонансної частоти вузла вимірювача визначимо з формули:

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_n}}} \right) \cdot \left(\frac{\pi}{4\sqrt{3}} \right) \cdot (1 + \Delta^2) \cdot \left(\frac{\lambda\rho}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1.6)$$

де m_e – маса ЕРЕ;

m_n – маса друкованої плати;

Δ – відношення меншої сторони плати до більшої;

b – розмір більшої сторони плати;

E – модуль Юнга, $E = 3.3 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$;

ρ – густина ДП, для склотекстоліту $\rho = 2.5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$;

λ – коефіцієнт, що залежить від способу кріплення друкованої плати.

Для проєктованого вимірювача маса ЕРЕ становить 220 г, маса ДП 20 г, товщина плати становить 1,5мм, розмір більшої сторони 60 мм.

$\Delta = 60/60 = 1$, для використання закріплення плати $\lambda = 2.2$.

$$f_0 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{220}{20}}} \right) \cdot \left(\frac{3.14}{4\sqrt{3}} \right) \cdot (1 + 1^2) \cdot \left(\frac{2.2 \cdot 0.025}{0.06^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{3.3 \cdot 10^{10}}{2.5 \cdot 10^3}} \approx 980 \text{ Гц}$$

Оскільки для підвищення стійкості друкованого вузла до зовнішніх впливів він покривається лаком, внаслідок цього зросте значення резонансної частоти орієнтовно на 20%. Таким чином:

$$f_0 = 1.2 \cdot 980 = 1176 \text{ Гц}$$

Оскільки існує вимога, що власна резонансна частота друкованих вузлів не повинна бути нижче 60 Гц, аналізуючи розраховане значення робимо висновок, що ця умова витримана.

Для того, щоб друкований вузол відповідав вимозі до вібростійкості, потрібно, щоб резонансна частота плати задовольняла умову:

$$f_0 \geq \sqrt[3]{\left(\frac{\gamma_{g_0} \cdot g \cdot j_{\max}}{0.003 \cdot a}\right)^2} \quad (1.7)$$

де γ_{g_0} – коефіцієнт, що залежить від власної частоти коливань і зовнішніх прискорень;

j_{\max} – навантаження в одиницях g ;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9.8 м/с$

a – розмір меншої сторони плати, $a = 60 мм$.

Для $f_0 = 1176 Гц$ та $2g$ значення $\gamma_{g_0} = 52$.

Визначимо максимальні навантаження:

$$j_{\max} \leq \frac{\sqrt{f_0^3} \cdot 0.003 \cdot a}{\gamma_{g_0} \cdot g}$$

Звідки визначимо:

$$j_{\max} \leq 2.3g$$

Оскільки вимірювач повинен витримувати вібрації в діапазоні частот до 60 Гц і прискоренням $2g$, то з розрахунків бачимо, що конструкція приладу задовольняє вимогам вібростійкості.

Також в умовах транспортування готовий зібраний вимірювач повинен витримати ударні імпульси тривалістю 10 мс, пікове прискорення $H_y = 10g$.

Частота такого імпульсу:

$$\omega = \frac{\pi}{\tau} \quad (1.8)$$

де τ – тривалість імпульсу, $\tau = 10\text{мс}$,

$$\omega = \frac{3,14}{10 \cdot 10^{-3}} = 314\text{Гц}.$$

Коефіцієнт передачі при ударі:

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right) \quad (1.9)$$

де ν – коефіцієнт:

$$\nu = \frac{\omega}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \quad (1.10)$$

Таким чином:

$$\nu = \frac{314}{2 \cdot 3.14 \cdot 1176} = 0.042$$

$$K_y = 2 \cdot \sin\left(\frac{3.14}{2 \cdot 0.046}\right) = 0.83$$

Тоді найбільше прискорення:

$$a_y = H_y \cdot K_y \quad (1.11)$$

$$a_y = 10g \cdot 0.83 = 8.3g$$

А переміщення:

$$Z_{\max} = \frac{2 \cdot H_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot \nu}\right) = \frac{a_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0} \quad (1.12)$$

$$Z_{\max} = \frac{8.3 \cdot 9.8}{2 \cdot 3.14 \cdot 1080} = 0.017 \text{ мм}$$

Умова забезпечення ударної міцності:

$$a_y < a_{y \text{ доп}}$$

де $a_{y \text{ доп}}$ – максимальне дозволене прискорення удару, $a_{y \text{ доп}} = 10g$

Оскільки $8.45g < 10g$, то умова задовільняється.

Умова ударної міцності визначається як:

$$Z_{\max} < 0.003b < 0.705$$

Умова виконується.

1.8 Розрахунок надійності друкованого вузла

Оцінимо інтенсивність відмов радіоелементів при температурі t :

$$\lambda = a_t \times \lambda_0.$$

Таблиця 1.1. Інтенсивність відмов радіоелементів

| Назва | К-ть | λ_0 , 1/год |
|-----------------------------|------|-----------------------|
| Конденсатор електролітичний | 2 | $0,003 \cdot 10^{-6}$ |
| Конденсатор керамічний | 8 | $0,05 \cdot 10^{-6}$ |
| Резистор постійний | 17 | $0,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Транзистор | 1 | $0,4 \cdot 10^{-6}$ |
| Діоди | 4 | $0,35 \cdot 10^{-6}$ |
| Мікросхеми | 4 | $0,01 \cdot 10^{-6}$ |

| | | |
|-----------------|-----|----------------------|
| Дросель | 1 | $0,6 \cdot 10^{-6}$ |
| Друкована плата | 1 | $0,1 \cdot 10^{-6}$ |
| Пайка | 182 | $0,02 \cdot 10^{-6}$ |

Розрахуємо інтенсивність відмов системи:

$$\begin{aligned} \lambda_c = & 2 \cdot 0.003 \cdot 10^{-6} + 8 \cdot 0.05 \cdot 10^{-6} + 17 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 0.4 \cdot 10^{-6} + \\ & + 4 \cdot 0.35 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 0.01 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 0.6 \cdot 10^{-6} + \\ & + 1 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6} + 182 \cdot 0.02 \cdot 10^{-6} = 12.749 \cdot 10^{-6} \end{aligned}$$

Протягом 1000 годин ймовірність безвідмовної роботи становитиме:

$$P_c(t) = \exp(-12.749 \cdot 10^{-6} \cdot 1000) \approx 0.31$$

Напрацювання на відмову:

$$T_c = \frac{1}{12.749 \cdot 10^{-6}} = 78438$$

Таким чином завдяки використанню невеликої кількості дискретних елементів та використанню мікросхем ймовірність безвідмовної роботи є високою, а ймовірність відмов низькою. Проектований вимірювач є надійним.

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Екстремальні умови, пов'язані з впливом шуму при виготовленні вимірювача параметрів сигналів

Акустичне середовище є важливим компонентом середовища існування: людина живе у світі звуків. Параметри акустичного середовища можуть суттєво впливати на загальний стан людини та її працездатність і успіхи діяльності (у системах зв'язку робота оператора пов'язана з прийманням сигналів). Екстремальні умови виникають, якщо людина через сторонній звуковий тиск не може розпізнати корисні сигнали і якщо рівень звукового тиску наближається до больової межі.

Величина звукового тиску звичайно оцінюється в децибелах (дБ). Шепіт людини, який сприймається на відстані 1,5...2 метри від того, хто говорить, становить 1...18дБ; шум у приміщенні, де працюють люди, але нема машин (студентська аудиторія без чутної лекторської мови), - 40дБ; мова людини середньої нормальної гучності, що приймається людиною, котра стоїть поруч - 60 дБ; шум двигуна легкового автомобіля - 75дБ; шум електропоїзда метро, який сприймається на віддалі 3 м від нього - 95дБ; шум реактивного літака - 115дБ.

Вже при рівні звуку 100 дБ виникає загальна втома, знижується працездатність та якість праці. При рівні звуку 100...110 дБ шум та звук викликають гнітючу дію. При рівні звуку (шуму) 110 дБ неможливе мовне спілкування. Больова межа рівня звуку становить 120-130 дБ.

При проектуванні робочих місць рівень звуку понад 80 дБ вважається недопустимим. Рекомендований рівень звуку в приміщеннях для конструкторських та теоретичних робіт і опрацювання експериментальних даних - 50 дБ, в приміщеннях керування, робочих кімнатах- 60 дБ, на робочих місцях у виробничих приміщеннях - не більше 80 дБ.

Якщо рівень звукового тиску перевищує допустимий, використовують індивідуальні та колективні засоби захисту (ізоляція джерела звуку чи робочих приміщень) - вушні заглушки, навушники, шоломи.

Механічні коливання, які виникають при роботі працюючих машин, можуть викликати не лише звуки та шуми, але й вібрації.

Вібрація - це механічні коливання пружних тіл, які характеризуються амплітудою, швидкістю та прискоренням.

За характером дії вібрацію поділяють на загальну та місцеву. Загальні вібрації діють на все тіло людини. Внутрішні органи людини утворюють коливні системи з власною частотою коливань (в межах десятків та сотень Гц). Резонансна частота серця, живота та грудної клітки - 5 Гц, голови - 20 Гц, очних яблук - 60 Гц, центральної нервової системи - 250 Гц. Дія зовнішніх коливань з кратними частотами може викликати резонансні явища та призвести до зміщення та механічних ушкоджень внутрішніх органів. Частота власних коливань людей, що сидять, складає 4...8 Гц.

Вібрація сприймається людиною як природне навантаження, що подібне на важку працю. Вібрації частотою понад 200 Гц перевантажують нервову систему людини, потребують підвищеної психічної напруги.

2.2 Освітлення виробничого приміщення при виготовленні вимірювача параметрів сигналів

Вірно спроектоване та раціонально влаштоване освітлення виробничих приміщень справляє позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, підвищує ефективність та безпеку праці, знижує втому та травматизм, забезпечує високу працездатність.

Зір у всій системі органів відчуттів людини посідає чільне місце. Відомо, що на органи зору припадає 90% всієї інформації, котру отримує людина. Відчуття зору відбувається під впливом видимого випромінювання

| | | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|--|------------------|-----------|
| | | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк 47 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | | |

(світла), котре є електромагнітним випромінюванням з довжиною хвилі 0,38...0,76 мкм. Чутливість зору максимальна до електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі 0,555 мкм (жовто-зелений колір) та зменшується до границь видного спектру.

Класифікація освітлення

При освітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, котре створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу і яке змінюється залежно від географічної широти, пори року, доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери;
- штучне освітлення, створюване електричними джерелами світла;
- сумісне освітлення, при котрому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяється на бічне (одно- або двостороннє), здійснюване через світлові отвори в зовнішніх стінах; верхнє, що здійснюється через аераційні та захисні ліхтарі, отвори в дахах та перекриттях; комбіноване поєднання верхнього та бічного освітлення.

Штучне освітлення за конструктивним виконанням поділяється на два види - загальне та комбіноване. Система загального освітлення використовується в приміщеннях, де по всій площі виконуються однотипні роботи. Розрізняють загальне рівномірне освітлення, при котрому світловий потік розподіляється рівномірно по всій площі приміщення без урахування розташування робочих місць і загальне локалізоване освітлення (з урахуванням розташування робочих місць).

При виконанні точних зорових робіт (слюсарні, токарні, фрезерні, контрольні тощо) в місцях, де обладнання створює глибокі, різкі тіні або робочі поверхні розташовані вертикально, поряд з загальним освітленням застосовується місцеве освітлення. Сукупність місцевого та загального

| | | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|--|------------------|-----------|
| | | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк 48 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | | |

освітлення називається комбінованим. Застосування лише місцевого освітлення не допускається з огляду на безпеку виробничого травматизму.

За функціональним призначенням штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне і спеціальне, котре в свою чергу класифікується як охоронне, чергове, евакуаційне, бактерицидне, еритемне тощо.

Робоче освітлення призначене для забезпечення виробничого процесу, проходу людей, руху транспорту та є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійне освітлення влаштовується для продовження роботи у випадках, коли раптове відключення робочого освітлення та пов'язане з цим порушення нормального обслуговування обладнання може викликати вибух, пожежу, отруєння людей, порушення технологічного процесу тощо. Мінімальна освітленість робочих поверхонь при аварійному освітленні повинна складати 5% від нормованої освітленості робочого освітлення, але не менше 2 лк.

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з виробничого приміщення при аваріях та вимкненні робочого освітлення і влаштовується в місцях, небезпечних для проходу з виробничих приміщень, в котрих працює більше 50 чол. Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5лк, а на відкритих майданчиках - не менше 0,2 лк.

Охоронне освітлення влаштовується вздовж границь території, котра охороняється спеціальним персоналом. Найменша освітленість у нічний час - 0,5лк. Сигнальне освітлення застосовується для фіксації границь небезпечних зон, вказує на наявність небезпеки, або безпечний шлях евакуації.

До виробничого освітлення можна віднести бактерицидне та еритемне освітлення. Бактерицидне освітлення створюється для знезараження повітря, питної води, продуктів харчування. Найбільшу бактерицидну здатність мають ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 0,254...0,257мкм. Еритемне

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 49 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

опромінювання влаштовується у виробничих приміщеннях, де недостатньо сонячного світла. Максимальний еритемний вплив справляють електромагнітні промені з довжиною хвилі 0,297мкм.

Гігієна праці вимагає в першу чергу максимального використання природного освітлення, оскільки денне світло краще сприймається органами зору.

Правильна організація освітлення передбачає не лише дотримання норм освітленості, котрі регламентують мінімальну освітленість для кожного виду робіт, але й дотримання гігієнічних вимог до якості освітлення, таких як рівномірність освітлення робочої поверхні, обмеження надмірної яскравості, блиску, осліплюючої дії, різких тіней та контрасту.

2.3 Вентиляція виробничих приміщень при виготовленні вимірювача параметрів сигналів

Під вентиляцією розуміють систему заходів та пристроїв, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях, в робочій та обслуговуючій зонах приміщень метеорологічних умов і чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Раціонально спроектовані вентиляційні системи сприяють покращенню самопочуття працівників і підвищенню продуктивності праці. По наявних даних, кондиціонування повітря може покращити продуктивність праці на 5... 10%.

Процес створення і автоматичної підтримки у виробничому приміщенні певних параметрів повітряного середовища називають кондиціонуванням. При кондиціонуванні незалежно від зовнішніх метеорологічних умов і режиму роботи технологічного обладнання в приміщенні підтримуються необхідні температура, відносна вологість, чистота и швидкість руху повітря. Розрізняють комфортне і технологічне кондиціонування повітря. Метою

комфортного кондиціонування є створення в приміщеннях повітряного середовища, яке найбільше сприяє підвищенню продуктивності праці і зниженню захворюваності. Технологічне кондиціонування повітря забезпечує створення параметрів повітряного середовища, які задовольняють вимогам технологічного процесу. При цьому для приміщень, де працюють люди, враховуються і санітарно-гігієнічні вимоги.

| | | | | | | |
|-----------|------------|----------------|---------------|------------|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 51 |
| <i>Зм</i> | <i>Арк</i> | <i>№ докум</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дат</i> | | |

Висновки

В роботі виконано побудову лабораторного вимірювача, який призначений для вимірювання частотних параметрів періодичних сигналів, тривалостей імпульсів та значень коефіцієнта заповнення у випадку вимірювання параметрів прямокутних імпульсів. Проведено обґрунтування теми роботи, аналіз технічного завдання та конкретизовано вимоги до вимірювача.

Проаналізовано принципи роботи вимірювачів частоти параметрів сигналів, зокреми при вимірюванні частоти, періоду та інших інтервалів часу сигналів. На основі цього проведено розробку структурної схеми вимірювача

Розглянуто способи побудови вимірювача частоти на основі аналогів, схеми яких є у вільному доступі.

Обґрунтовано вибір схемо-технічного рішення виконання лабораторного вимірювача частоти параметрів сигналів та розраховано елементи схеми

Проведено вибір елементів та розроблено креслення друкованої плати та друкованого вузла вимірювача.

| | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|------------------|-----|
| | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | 52 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | |

Список використаних джерел

1. Леонов А. И. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры / А. И. Леонов, Н. Ф. Дубровский – М.: Ленинградиздат, 1982.
2. Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл – М.: Мир, 1986. – 590 с.
3. Воробьев И.Н. Проектирование радиоэлектронных устройств на операционных усилителях. – М: В/ш, 1989.
4. Виноградов Н.А. Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский. – К.: Техника, 1988. – 415 С.
5. Основи екології та охорона навколишнього середовища / Я.І. Бердій, В.С. Джигерей, А.І. Кидисюк // Навчальний посібник для вузів. — Львів, 1999.
6. Справочник по схемотехнике / В.П. Боровский, В. Й. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала; Под ред. В.П. Боровского. – К.: Техніка, 1987. – 432 с.
7. Мальцева Л.А. Основы цифровой техники / Л.А. Мальцева, З.М, Фломберг, В.С. Ямпольский. – М.: Радио и связь, 1987. – 128 с.
8. Терещук Р.М. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства : Справ. радиолюбителя / Р.М. Терещук, К.М. Терещук, С.А. Седов. – Киев: Наук. думка, 1988. – 800 с.
9. Вибір електронних приладів і компонентів. Навчальний посібник / Под. ред, Захарова В.К. – Л.: изд. ЛПІ, 1986.
10. Импульсные устройства : учеб. пособие для вузов по спец. “Радиотехника”. – М.: Высш, шк., 1989. – 527 с.

| | | | | | | | |
|----|-----|---------|--------|-----|--|------------------|-----|
| | | | | | | ЯНО 2.089.001 ПЗ | Арк |
| | | | | | | | 53 |
| Зм | Арк | № докум | Підпис | Дат | | | |

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедру РТ
_____ к.т.н. Дунець В.Л.
“ ____ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

На тему: «Лабораторний вимірювач частоти параметрів сигналів»

Узгоджено:

Керівник кваліфікаційної роботи

Яськів В.І. _____

“ ____ ” _____ 2021 р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Яськів Н.О. _____

“ ____ ” _____ 2021 р.

Тернопіль 2021

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Лабораторний вимірювач частоти параметрів сигналів ”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету на затвердження дипломного проекту № 4/7-435 від 31.05.2021 р.).

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Яськів Н.О. групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою роботи є розробка лабораторного вимірювача частоти параметрів 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, що ставляться до вимірювача:

1. Діапазон вимірюваних частот.....1Гц-90МГц;
2. Діапазон вимірюваних частот із зовнішнім подільником....до 2 ГГц;
3. Чутливість.....75-150 мВ;
4. Час вимірювання.....0,1-1-10 с;
5. Напруга живлення.....7,5-15 В;
6. Струм споживання.....не більше 100 мА;

7. Середній термін служби не менше 5 років;
8. Атмосферний тиск (760+30) мм рт. ст., (101,3 +4) кПа;
9. Відносна вологість повітря до 80% при температурі до +25 °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.

6 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. 2021 |
| 2 | Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи | 1.03. 2021 |
| | Вибір власних схемо-технічних рішень | 16.03.2021 |
| 3 | Вибір елементної бази для розроблюваного пристрою; | 29.03.2021 |
| 4 | Розрахунок основних вузлів у схемі пристрою. | 12.04.2021 |
| 5 | Створення допоміжної документації | 26.04.2021 |
| 6 | Розроблення креслень | 26.04.2021 |
| 7 | Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності | 10.05.2021 |
| 8 | Спеціальна частина | 10.05.2021 |

| | | |
|----|-------------------|------------|
| 9 | Нормоконтроль | 24.05.2021 |
| 10 | Попередній захист | 31.05.2021 |
| 11 | Захист | 23.05.2021 |

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

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

