

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«ЦИФРОВИЙ ЧАСТОТОМІР НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ»

Виконав: студ. 2-го курсу, гр. КІВТ-22м
спеціальності 152 Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Стець Д.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., асистент каф. ІРТС
Семенова О.О.
(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р
Опонент: д.т.н., доцент, проф. каф. ІКСТ
Михалевський Д.В.
(прізвище та ініціали)

« 19 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС
д.т.н., проф. Осадчук О.В.
(прізвище та ініціали)

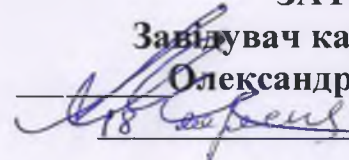
« 20 » 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність – 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітньо-професійна програма – Комп'ютеризовані інформаційно-вимірювальні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІРТС

Олександр ОСАДЧУК

 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Стецю Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Цифровий частотомір на мікроконтролері»
керівник роботи Семенова Олена Олександрівна, к.т.н., доцент, асист. каф. ІРТС

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» 09.2023 р. №247

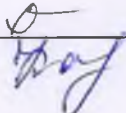

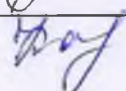
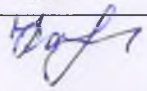
2. Строк подання студентом роботи 15.12.2023р

3. Вихідні дані до роботи: напруга живлення вузлів пристрою +5В;
споживана потужність – 0,1 Вт; нижня границя вимірювання – 5 Гц;
верхня границя вимірювання – 3500000 Гц; діапазон вхідних сигналів –
1...5 В; інтерфейс – LPT; вивід інформації – комп'ютер

4. Зміст текстової частини: Вступ. Вибір і обґрунтування структурної схеми.
Вибір мікроконтролера. Моделювання пристрою. Розрахунок конструкції
друкованої плати. Випробування роботи частотоміра на похибку
вимірювання. Економічна частина.. Висновки. Список використаних джерел.
Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Структурна схема пристрою; Алгоритм передачі даних між комп'ютером та мікроконтролером; Алгоритм роботи пристрою; Моделювання роботи частотоміра; Схема електрична принципова; Друкована плата.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	к.т.н., доцент, асистент каф. ІРТС Семенова О.О.		
Економічна частина	доцент каф. ЕПВМ, доцент, к.е.н., Кавецький В.В.		

7. Дата видачі завдання 17.09.2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження тем МКР на випусковій кафедрі.	02.09.2023-07.09.2023	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	08.09.2023-17.09.2023	
3.	Затвердження тем по ВНТУ. Розробка завдання на МКР.	18.09.2023-27.09.2023	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	28.09.2023-15.10.2023	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки. Експериментальне дослідження.	16.10.2023-09.11.2023	
6.	Розробка графічної частини МКР.	10.11.2022-20.11.2022	
7.	Економічна частина.	21.11.2023-30.11.2023	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	01.12.2023-14.12.2023	
9.	Нормоконтроль.	15.12.2023-18.12.2023	
10.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР.	19.12.2023-20.12.2023	
11.	Захист МКР ЕК.	21.12.2023-22.12.2023	

Студент


(підпис)

Стець Д.С.

Керівник роботи


(підпис)

Семенова О. О.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.397

Стець Д.С. Цифровий частотомір на мікроконтролері. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 152 – метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, освітня програма – комп'ютеризовані інформаційно-вимірвальні технології. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 103с. На українській мові. Бібліогр.: 20 назв; табл.: 18; рис.: 30.

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробленню цифрового частотоміра на мікроконтролері фірми Altera, який є універсальним інструментом для використання у практичній діяльності.

В ході виконання магістерської дипломної роботи було спроектовано та промодельовано цифровий частотомір. Вибрано оптимальну структурну схему пристрою. Наведено обґрунтування та вибір програмних засобів пакету Quartus II. Розглянуто методи вимірювання частоти та вибір конкретного методу. Також проводиться пояснення роботи пристрою, розробка кожного блоку загальної структури. Виконано автоматичне проектування пристроїв у графічному редакторі Quartus II. Виконано конструкторський розрахунок друкованої плати, та проведено технологічний аналіз пристрою.

В економічній частині роботи було обчислено науково-технічний рівень розробки, її комерційний потенціал та економічну ефективність, а також витрати на її здійснення.

Ключові слова: частотомір, цифровий, мікроконтролер

ABSTRACT

Stets D.S. Digital frequency counter on microcontroller . Master's qualification work on specialty 152 - metrology and Information-Measuring Technology, educational program - computerized information-measuring technologies. – Vinnytsia: VNTU, 2023. – 103 p. In Ukrainian. Refs.: 20 titles; table: 18; figs.: 30.

The master thesis is dedicated to the development of a frequency counter on an Altera microcontroller, which is a universal tool for use in practical activities.

During the execution of the master's thesis, a digital frequency counter y was designed and modeled. The optimal structural diagram of the device was selected. The justification and selection of software tools of the Quartus II package was carried out. Frequency measurement methods and the choice of a specific method are considered. An explanation of the operation of the device, development of each block of the general structure is also carried out. Automatic design of devices (in the graphic editor Quartus II was performed. The design calculation of the printed circuit board was carried out, and the technological analysis of the device was carried out.

In the economic part of the thesis, the scientific and technical level of the development, its commercial potential and economic efficiency, as well as the costs of its implementation, were calculated.

Keywords: frequency counter, digital, microcontroller

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ	6
1.1 Методи вимірювання дійсного значення частоти електромагнітних коливань.....	7
1.2 Задачі, які необхідно вирішити в даній роботі	11
1.3 Обґрунтування застосованої схеми.....	15
2 ВИБІР МІКРОКОНТРОЛЕРА.....	19
2.1 Обґрунтування вибору мікроконтролеру AT90S2313.....	19
2.2 Буферний підсилювач на інтегральних мікросхемах.....	21
2.3 Вхідне коло на інтегральних мікросхемах	22
2.4 Дослідження LPT порту	24
2.5 Алгоритм обміну даними	28
2.6 Алгоритм роботи частотоміра.....	30
2.7 Огляд програмного забезпечення для мікроконтролеру.....	31
2.8 Вибір компілятора.....	35
2.9 Вибір програмного забезпечення для розробки комп'ютерної програми...	35
2.10 Огляд програми , яка керує роботою частотоміра.....	37
3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ.....	41
3.1 Вибір моделюючої системи	41
3.2 Дослідження параметрів моделі пристрою.....	42
3.3 Результати моделювання	44
4 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ	46
4.1 Боротьба з завадами при розробці друкованої плати	46
4.2 Конструктивний розрахунок друкованої плати	47
4.3 Аналіз електромагнітної сумісності елементів друкованої плати	52
4.4 Тепловий розрахунок пристрою.....	54
4.5 Технологічний аналіз	56
5 ВИПРОБУВАННЯ РОБОТИ ЧАСТОТОМІРА НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ.....	63
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	66
6.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної	66

розробки.....	
6.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки.....	70
6.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи.....	72
6.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором.....	86
6.5 Висновки до розділу.....	91
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративна частина.....	97
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (магістерської) кваліфікаційної роботи.....	102

ВСТУП

Актуальність теми.

Частотоміри – це вимірювальні прилади, які визначають частоту періодичного процесу або частот гармонійних складових спектру сигналу. Причому вони відносяться як до електровимірювальних приладів, так і до радіовимірювальних. Розрізняють частотоміри для вимірювання частот синусоїдальних коливань (аналогові), вимірювання частот гармонійних складових та вимірювання частоти дискретних подій. За конструкцією частотоміри поділяють на щитові, переносні та стаціонарні.

Зараз промисловість випускає багато різних типів частотомірів з різними функціональними можливостями для найрізноманітніших застосувань. Однак, багато конструкцій таких частотомірів мають складну схемотехнічну реалізацію та використовують закордонну елементну базу. Подібні прилади достатньо дорогі та доступні не всім радіолюбителям.

Для сучасного етапу розвитку суспільства і технологій характерно більш інтенсивне і поглиблене проникнення в різні галузі ЕОМ та мікропроцесорної техніки, які радикально перетворюючих властивості багатьох приладів і відкривають нові можливості їх застосування. Ці розробки, поки що, являються найбільш перспективними. Також, перспективним є розробка програм для ЕОМ, за допомогою яких ЕОМ керує функціями частотоміра, або інших приладів. Цей спосіб дуже зручний, тому що ЕОМ може запам'ятовувати і обробляти інформацію для подальших аналізів.

В радіотехнічній практиці користуються популярністю так звані - віртуальні вимірювальні прилади, які умовно діляться на дві категорії:

Прилади першої групи – “повністю віртуальні” і фактично складаються з одної програми для ЕОМ, а функції по вводу-виводу вимірювального сигналу, або сигналу що генерується покладаються на штатні апаратні засоби, наприклад, звукову карту.

Прилади другої групи – мають крім “віртуальної” частини ще й матеріальну. До ЕОМ в цьому випадку вмикається пристрій, який являє собою невід’ємну частину віртуального приладу. Такі пристрої реалізують деякі функції чи вузли вимірювального приладу, які по тим чи іншим причинам не можна покласти на ЕОМ. Ці пристрої можуть мати зовсім різну складність: від складних пристроїв, що випускаються промислово – інтерфейсних плат до простих пристроїв, котрі підмикаються до комп’ютера через СОМ чи LPT порт. Саме таким способом буде реалізовано частотомір, що розробляється.

Метою роботи є розроблення цифрового частотоміра на мікроконтролері.

Об’єкт дослідження: цифровий частотомір.

Предмет дослідження: електричні параметри цифрового частотоміра.

Для досягнення поставленої у роботі мети необхідно виконати наступні **задачі**:

1. Розробити схему частотоміра
2. Виконати комп’ютерне моделювання.
3. Провести експериментальні дослідження.
4. Зробити аналіз комерційного потенціалу розробки.

Основні результати роботи: розроблений та досліджений цифровий частотомір на мікроконтролері. З результатів дослідження випливає, що пристрій працює.

Апробація результатів. За результати роботи подана теза доповіді на міжнародну конференцію.

1 ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

Успіхи у розвитку обчислювальної техніки, мікроелектроніки, фізики в багатьох випадках визначили якісні вимірювання в принципах побудови радіо-вимірювальних приладів. Складність значно зросла. Більшість з них стали багатofункціональними, тобто узагальнюючими в собі можливості декількох попередніх моделей приладів, автоматизованими, які можуть обробляти отриману інформацію.

Для сучасного етапу розвитку техніки характерно більш інтенсивне і поглиблене проникнення в різні галузі, ЕОМ та мікропроцесорної техніки, які радикально перетворюючих властивості багатьох приладів і відкривають нові можливості їх застосування. Ці розробки, поки що, являються найбільш перспективними. Також, перспективним є розробка програм для ЕОМ, за допомогою яких ЕОМ керує функціями частотоміра, або інших приладів. Цей спосіб дуже зручний, тому що ЕОМ може запам'ятовувати і обробляти інформацію для подальших аналізів.

Частота являється важливою характеристикою змінного струму, а вимірювання частоти – це одна з основних задач, котрі вирішує радіотехніка. Це можна пояснити рядом причин.

По-перше, наявність великого числа радіотехнічної апаратури, яка використовується в багатьох сферах народного господарства і яка працює в широкому діапазоні частот, примушує мати справу з частотними вимірюваннями при розробленні, виробництві та експлуатації цієї апаратури.

По-друге, теперешній розвиток науки і техніки неможливий без часових вимірювань і лише з допомогою частото-вимірювальної апаратури можна вимірювати з потрібною точністю одиницю фізичної величини – секунду.

По-третє, висока точність існуючих частото-вимірювальних приладів дозволяє використовувати їх для визначення з достатньою вірогідністю параметрів різних об'єктів, а також вимірювання інших фізичних величин (температури, швидкості, тиску та інш.).

Прилади даного класу мають значний попитом і на вітчизняному ринку електронних пристроїв, так і за кордоном.

Представлені на українському ринку цифрові комп'ютерні частотоміри закордонного виробництва мають ряд недоліків:

- порівняно висока ціна пристроїв;
- складність конструкції при невисокому рівені надійності;
- занадто низький рівень ремонтпридатності.
- непродумане програмне забезпечення

Таким чином, відомі комп'ютерні частотоміри мають: ряд суттєвих недоліків, отже постає потреба в розробці обладнання, що має кращі технічні характеристики.

1.1 Методи вимірювання дійсного значення частоти електромагнітних коливань

Існує досить велика кількість різних способів для визначення дійсного значення частоти, котрі відрізняються між собою похибками вимірювань, апаратурою яка використовується, швидкодією та інші.

Однак, всі вони базуються на відносно невеликій кількості методів вимірювання частоти. В практиці частотних вимірювань, найбільш розповсюдженя одержали метод порівнювання вимірювальної частоти з зразковою частотою і методи, засновані на фізичних явищах, які виклакаються через проходження змінного струму через різні пристрої. Це резонансний метод, заряду–розряду конденсатора при проходженні через нього змінного струму і мостовий.[4]

1.1.1 Метод порівнювання вимірювальної з відомою

Цей метод одержав найбільше розповсюдження в сучасній техніці частотних вимірювань, що можна пояснити його високою точністю, можливостями реалізації достатньо широкою номенклатурою засобів вимірювання і викорис-

тання для вимірювання частоти майже в будь-якому діапазоні. Згідно даного методу невідома частота F_x визначається з умови рівності другій частоті $F_{зр}$, яка приймається за зразкову. Реалізація метода можлива і при наявності зразкової частоти, яка кратна вимірювальній (чи навпаки). Для вимірювання частоти методом порівнювання необхідно мати в наявності джерело зразкової частоти і пристрій, які дозволяють порівнювати дві частоти.

1.1.2 Гетеродинний спосіб

В ньому використовується в якості джерела зразкової напруги частоти перенастроюваний гетеродин. Для вимірювання звукових частот, порівнюючи їх, пристрій представляє собою індикатор, в якості якого використовується головний телефон, який підключається одночасно до джерела невідомої і зразкової частоти. Змінюючи частоту $F_{зр}$, зменшують різницю між частотами F_x і $F_{зр}$. При $F_x = F_{зр}$ в телефонах буде чути один тон незмінної гучності. Відлік дійсного значення вимірювальної частоти проводять по шкалі настройки зразкового генератора.

Для вимірювання високих і надвисоких частот в якості пристрою порівняння використовують змішувач і індикатор.

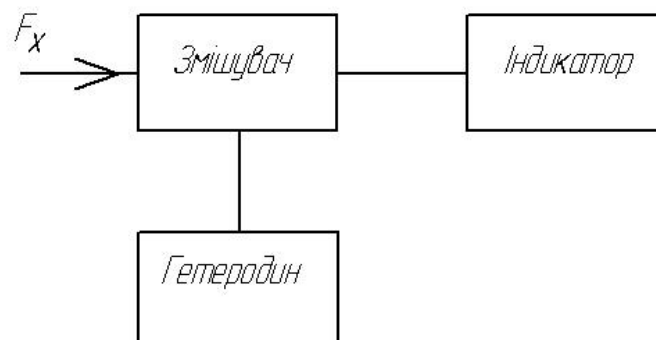


Рисунок 1.1 – Вимірювання частоти гетеродинним методом.

1.1.3 Спосіб електронно-лічильного частотоміра

Даний спосіб вимірювання частот оснований на вимірюванні числа періодів вимірювальної частоти за проміжок часу, який формується зразковою частотою. При допомозі зразкової частоти формують часовий проміжок відомої тривалості ΔT і заповнюють його імпульсами, які слідуєть з невідомою частотою F_x .

Підрахунок кількості імпульсів, які попадають в проміжок ΔT , проводиться по формулі

$$n = \Delta T * F_x, \quad (1.1)$$

$$F_x = n / \Delta T. \quad (1.2)$$

Результати вимірювань які, попали в часовий проміжок ΔT , фіксується в цифровій формі за допомогою лічильника імпульсів. Звичайно час ΔT вибирають рівним 10^{-n} , де n - ціле число, котре приймає значення від 2 до 3. Тому покази ЕЛЧ чисельно співпадають зі значеннями вимірювальної частоти [4].

Схема вимірювання виглядає так, як показано на рис.1.2.

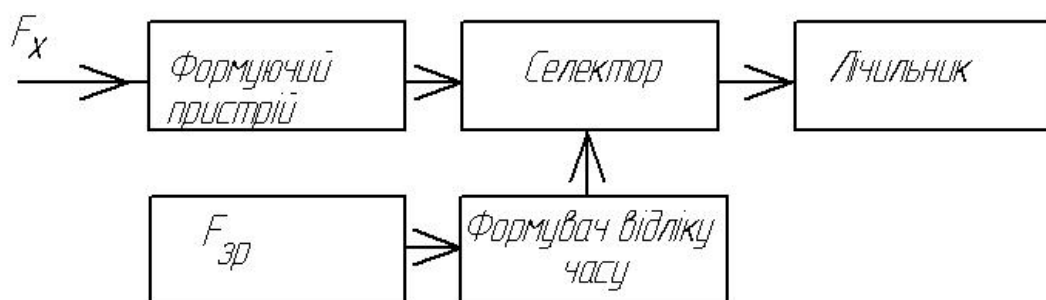


Рисунок 1.2 – Структурна схема електронно-лічильного частотоміра.

Сигнал вимірювальної частоти поступає на формуючий пристрій, перетворюючи електромагнітні коливання в послідовність імпульсів, частота яких

дорівнює частоті вхідного сигналу. З виходу формуючого пристрою імпульси поступають на часовий селектор. Сигнал зразкової частоти надходить на схему формування часу відліку, яка відкриває селектор на час ΔT , рівне періоду слідування імпульсів зразкової частоти

1.1.4 Осцилографічний метод.

Даний спосіб використовується для вимірювання частоти від 10 Гц до 20 мГц. На практиці частіше використовують осцилограф з синусоїдальною і круговою розгортками. В випадку використання осцилографа з синусоїдальною розгорткою для вимірювання частоти, генератор розгортки в осцилографа відключається, а напруга вимірювальної частоти подається на один вхід осцилографа, а напруга зразкової частоти на другий вхід. Частоту зразкового генератора змінюють до отримання на екрані фігури яка, повільно обертається чи, якщо вдасться, нерухомої фігури. Форма фігури залежить від кратності вимірювальної та зразкової частот, співвідношення фаз електромагнітних коливань, а частота обертання – від різниці частот. Цей спосіб використовується при кратності зразкової та вимірювальної частот не вище 10, так як при великій кількості перехрещень горизонтальної і вертикальної ліній, їх досить важко підрахувати.

При використанні осцилографа з круговою розгорткою напруга однієї частоти подається на обидва входи осцилографа через фазозсуваючу ланку.

1.1.5 Резонансний метод визначення дійсного значення частоти

Цей метод вимірювання частоти оснований на явищі резонансу в коливальній системі і заключається в порівнюванні вимірювальної частоти з власною частотою коливання резонатора, наперед проградуєваного. Існує два способи здійснення резонансного метода вимірювання частоти:

- спосіб оснований на явищі електричного резонансу;
- спосіб оснований на явищі механічного резонансу.

Сигнал з частотою F_x , що вимірюється через елемент зв'язку збуджує коливальну систему. За допомогою механізму настройки змінюється частота власних коливань коливальної системи. При рівності частот, що вимірюється і власної, виникає резонанс-зростання інтенсивності коливань в коливальній системі. Момент резонансу фіксується шляхом використання індикатора резонансу, який пов'язаний з коливальною системою через елемент зв'язку. по шкалі відлікового пристрою відлічують значення частоти, що вимірюється.

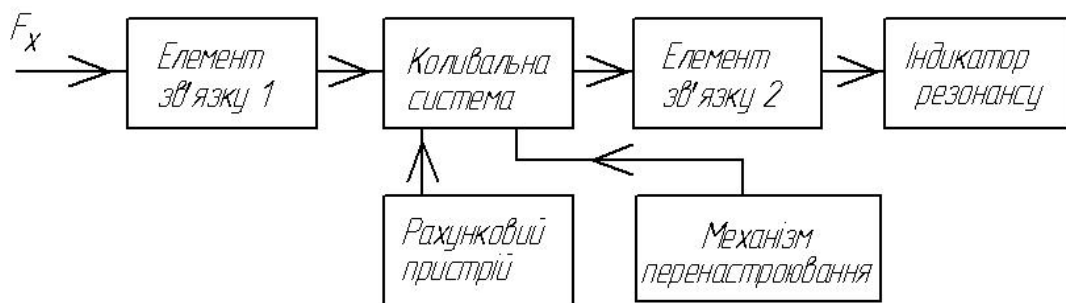


Рисунок 1.3 – Структурна схема резонансного частотоміра

1.2 Задачі , які необхідно вирішити в даній роботі

Існує велика кількість схемних рішень конструкцій частотомірів, які випускаються як зарубіжними фірмами, так і вітчизняними виробниками. При чому, механічні шкали не дають можливості точно визначити частоту, на яку налаштований певний пристрій, щоб не вийти за межі діапазону або для точною настройки на заздалегідь обумовлену частоту. Тому на сучасному етапі розвитку вимірювальної техніки розробляється багато варіантів цифрових шкал та частотомірів. Як правило це пристрої зі складною схемотехнікою, оскільки містять декілька десятків мікросхем. Відповідно вони складні для відтворення, мають великі розміри і вагу і тому не зручні в користуванні. Однак, можна сконструювати просту конструкцію частотоміра, якщо використати електричну схему на базі процесора.

В даній роботі необхідно вирішити питання оптимального способу вимірювання частоти, та роботи пристрою під керуванням комп'ютера. Потрібно вирішити ряд питань пов'язаних з передачею даних про виміряну частоту до комп'ютера. Це вимагає розробки надійного алгоритму. Одним з найбільш впливових факторів тут є вибір інтерфейсу, за допомогою якого буде реалізовано зв'язок. Метод підрахунку частоти також є одним з основних, його потрібно вибрати з врахуванням того, що прилад буде виконано на мікроконтролері. І остання проблема – це написання керуючої оболонки для ЕОМ. Вона повинна бути зручна у користуванні, містити тільки необхідні для повсякденної роботи функції, та не переобтяжувати користувача рідковживаними можливостями. Вона має підходити до більшості існуючих комп'ютерів.

Підсумовуючи розділ, робимо висновок – сучасна вимірювальна техніка, повинна мати зв'язок з комп'ютером. Можна також виділити також окремий клас техніки – «віртуальні прилади», які як правило, не мають власних засобів відображення інформації, і частину функцій по обробці даних перекладають на комп'ютер.

Найбільш універсальним інтерфейсом зв'язку, на даний час є – USB. Але в даній роботі буде використано LPT, так як він цілком задовольняє вимогам які поставлені до приладу, і робота з ним є набагато простішою. Оглядаючи програмне забезпечення - видно що більшість програм, намагається відтворити органи керування так, як на справжньому приладі. Самі програми дозволяють не тільки робити виміри, але і обробляти дані, та зберігати їх. Програма має відповідати сучасному рівню та підтримувати нові технології.

Елементна база самого приладу має також відповідати сучасному рівню, переважно в такій техніці застосовують мікроконтролери.

1.3 Існуючі аналоги

Для оцінювання необхідності модернізації розроблюваного у цій роботі пристрою та вибору шляху конструювання було проведено аналіз ряду пристроїв-аналогів:

1. В [3] запропоновано конструкцію частотоміра на PIC 16F628A. Має не складну схемотехнічну реалізацію. Діапазон вимірювань 1– 60МГц. Точність вимірювання та стабільність частоти достатньо високі. Містить закордонні мікросхеми, що ускладнює його реалізацію. Час вимірювання 2 с. Чутливість 5 В.

2. Існує конструкція малогабаритного частотоміра, який працює в діапазоні частот до 120МГц. Реалізований на базі мікроконтролера AT90S1200-12SI фірми ATMEL, який керує рідкокристалічним дисплеєм та може працювати в режимі цифрової шкали або частотоміра. Характеристики: максимальна вхідна напруга – 5 В, мінімальна – 50 мА, струм споживання 40 мА, напруга живлення 7–15 В. Використовуються закордонні мікросхеми, що підвищує вартість пристрою [4].

3. Розроблено конструкцію частотоміру на мікроконтролері, що призначено для вимірювання частот та підрахунку імпульсів при розробці цифрових пристроїв. Діапазон частот до 110 МГц. Напруга живлення –9 В. Чутливість 3-4 В. Має складну схемотехнічну реалізацію (містить 12 мікросхем) [5].

4. "USB осцилограф" – являє собою багато функціональний пристрій в якому реалізовано функцію виміру частоти. Якість виготовлення – всередині звичайна за сучасними технологічними мірками друкована плата з SMD компонентами. Апаратна частина осцилографа заснована на мікроконтролері C8051F320, що має вбудований АЦП і підтримку протоколу USB. Програмна оболонка справляє враження дещо важкувату і часом неповоротку. При перемиканні вхідного дільника або частоти розгортки під час циклічних вимірювань, вона впадає в ступор на пару-трійку секунд, завантажуючи процесор на 100%.

5. USB осцилограф - rv65 ,також є багатофункціональним пристроєм. Елементна база - контроллер Xilinx Spartan, окремий АЦП (8 біт при частоті вибірки 100 МГц), гальванічна розв'язка по живленню. В плюсах rv65 - велика частота дискретизації, наявність генератора і можливостей вимірювання сигналу. Частотомір показує значення з сьома значущими десятковими цифрами - не завжди достатній для цифрової техніки, але дуже добрий результат. Точність вимірювання не залежить від частоти у діапазоні 2 Гц...30 МГц - це паспортний діапазон вимірювання з входу осцилографа . В цілому прилад орієнтований швидше на роботу з аналоговими, чим з цифровими пристроями, але можливостей для вдосконалення за рахунок програми залишається дуже багато.

Проектований комп'ютерний частотомір розробляється для використання в побутових, радіоаматорських цілях, та на виробництві , як частотомір початкового рівня.

При проектуванні частотоміру виробники ставлять перед собою ряд цілей – забезпечення як найбільшої якості (точності) підрахунку частоти сигналу і високої надійності при невисокій вартості пристрою.

Ціль даної розробки – створити частотомір, який дає можливість вирішити деякі протиріччя, котрі виникають при проектуванні таких пристроїв за традиційною розповсюдженою методикою. Проектування пристрою дає можливість створити частотомір з кращими технічними та економічними показниками, тобто отримати значно вище співвідношення між його ціною і якістю.

Передбачається, що даний частотомір може використовуватися як в домашніх умовах так і на невеликих виробництвах. Розрахунок ємності ринку та цільового ринку виконується, виходячи із аналізу статистичних даних про споживання аналогічної продукції, населення на певній території і його вікового складу, потреб та ступеня їх задоволеності, професійного та кваліфікаційного складу людея, що працюють в егіоні, доходів на душу населення та багатьох інших чинників.

1.4 Обґрунтування застосованої схеми

Провівши аналіз пристроїв прототипів можемо сказати що метою даної роботи є створення принципово нового пристрою з значно розширеними функціональними можливостями по відношенню до пристроїв аналогічного спрямування.

В радіотехнічній практиці користуються популярністю так звані - віртуальні вимірювальні прилади, які умовно діляться на дві категорії:

Прилади першої групи – “повністю віртуальні” і фактично складаються з одної програми для ЕОМ, а функції по вводу-виводу вимірювального сигналу, або сигналу що генерується покладаються на штатні апаратні засоби, наприклад, звукову карту.

Прилади другої групи – мають крім “віртуальної” частини ще й матеріальну. До ЕОМ в цьому випадку вмикається пристрій, який являє собою невід’ємну частину віртуального приладу. Такі пристрої реалізують деякі функції чи вузли вимірювального приладу, які по тим чи іншим причинам не можна покласти на ЕОМ. Ці пристрої можуть мати зовсім різну складність: від складних, котрі випускаються промислово, а саме інтерфейсних плат, до простих пристроїв, котрі підключаються до комп’ютеру через порти СОМ чи LPT. Саме таким способом реалізовано запропонований комп’ютерний частотомір. Таким же чином можуть бути реалізовані такі прилади:

- осцилограф;
- мультиметр;
- вимірювач нелінійних спотворень;
- генератори різноманітних сигналів в широкому діапазоні частот;
- вимірювачі параметрів кіл (L,C,R);
- аналізатори спектру ;
- вимірювачі АЧХ та інші прилади.

Хоча сучасні ЕОМ мають велику швидкодію і високу стабільність тактової частоти, використовувати ці властивості для формування стабільних ча-

сових інтервалів(наприклад “часових воріт” чи “міток часу”) проблематично. Це пов’язано з тим, що керуюча програма розпоряджається ЕОМ не монополярно, а розділяє процесорний час з операційною системою та іншими програмами. Тому функцію часових інтервалів доведеться реалізувати в зовнішньому пристрої, ще до цього бажано розмістити в зовнішньому пристрої вхідний формувач сигналу, лічильник імпульсів. Для реалізації на ЕОМ залишаються лише функції індикації та керування.

Мінімізувати апаратні затрати такого частотоміра можна, завдяки застосуванню мікроконтролера, який буде виконувати вимірювання за допомогою своїх апаратно-програмних ресурсів. Також застосування мікроконтролера дозволяє значно спростити електричну схему, та зменшити розміри приладу.(Якщо порівнювати з мікросхемами «жорсткої» логіки).

Комп’ютерний частотомір буде працювати за електронно – лічильною схемою. Вона найкраще підходить під дані умови, та забезпечує високу точність рахунку.

До персонального комп’ютера пристрої сполучення можуть бути підімкнені багатьма способами, відповідно до типів стандартних зовнішніх та внутрішніх інтерфейсів, засоби, які входять в базову конфігурацію ЕОМ[1,2,3]:

- через системну магістраль або шину, канал – ці терміни є рівнозначними (в нашому випадку це PCI чи PCI Express);
- через паралельний інтерфейс LPT;
- через послідовний інтерфейс RS – 232C;
- через послідовний інтерфейс USB чи USB 2.0;
- іншим способом

Кожний з цих методів підімкнення має свої переваги та недоліки.

Правильний вибір системної магістралі визначає найбільшу швидкість обміну інформації. При цьому не потрібна ані окрема конструкції (плата пристрою сполучення встановлюється в корпус комп’ютера), ні додаткового блоку живлення (застосовується комп’ютерний). В той же час, подібне виконання обмежує складність пристрою сполучення, а близькість із швидкодіючими та по-

тужними цифровими вузлами комп'ютера приводять до високого рівня електромагнітних завад та наводок по колам живлення, окрім того впливає і складність роботи як з апаратною реалізацією так і програмуванням.

Інтерфейс USB є простішим за системну шину, але реалізувати пристрій на його основі досить важко.

Вибір інтерфейсу LPT дозволяє розташувати пристрій сполучення на невеликі відстані від комп'ютера. Але при цьому досягається менша швидкість обміну інформацією, а також необхідна зовнішня конструкція і допоміжне джерело живлення. В той же час, використання таких пристроїв підвищує надійність усієї системи.

Якщо інтенсивність обміну не є дуже високою, то використання інтерфейсу LPT виправдано.

В сучасних операційних системах, починаючи з Windows 2000, прямий доступ до системної пам'яті заблоковано, тому в роботі застосовано спеціальний драйвер – програму яка дозволяє звертатись до регістрів LPT порту. В даній роботі використано драйвер DriverLINX Port I/O Driver for Win95 and WinNT фірми Scientific Software Tools, Inc. Порівняно з іншими він найбільш зрозумілий, та зручний у застосуванні, має якісний приклад застосування.

Крім того існує велика кількість драйверів які дозволяють «прозоро» працювати з портом:

DriverX	фірми	Tetradyne	Software
IO ActiveX	Communications	module	фірми JSPayne
WinRT,	WinRT-VB,	WinDK	фірми BSQUARE
Parallel Port Direct I/O Access package	-	Peter	Shoebridge
TVicHW32 & TVicPort & TVicLPT фірми EnTech Taiwan			

В даній роботі використано драйвер DriverLINX Port I/O Driver for Win95 and WinNT фірми Scientific Software Tools, Inc.

Структурну схему комп'ютерного частотоміра, зображено на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Структурна схема частотоміра

2 ВИБІР МІКРОКОНТРОЛЕРА

2.1 Обґрунтування вибору мікроконтролера AT90S2313

AT90S2313 - 8-розрядний КМОП-мікроконтролер, побудований з використанням розширеної RISC-архітектури AVR. Виконуючи команду за один період тактової частоти, AT90S2313 має продуктивність близько 10 мільйонів операцій в секунду, що дозволяє розробникам створювати оптимальні по швидкості і споживанню енергії системи.

В основі ядра AVR використана розширена RISC-архітектура, що об'єднує набір команд і 32 регістри загального призначення. До того ж, Усі 32 регістри зв'язані безпосередньо з арифметико-логічним пристроєм (АЛП), що дозволяє мати доступ до любых двох регістрів за один машинний цикл [8,9].

Основні технічні характеристики.

- тактова частота 0...10 МГц
- 120 команд (більшість виконується за 1 такт)
- 2КБ завантажуваної в системі Flash-пам'яті (не менш 1000 циклів перезапису)
- 128 байт EEPROM (не менш 100 000 циклів перезапису)
- 128 байт вбудованого ОЗУ
- 32 робочих регістра
- 15 ліній введення/виводу загального призначення;
- діапазон напруги живлення від 2,7 до 6,0 В
- один 8-битний і один 16-бітний таймери/лічильники з режимом порівняння
- настроюваний 8, 9 або 10-бітний ШИМ-модулятор
- повнодуплексний UART (універсальний послідовний порт)
- програмований сторожовий таймер з вбудованим генератором
- аналоговий компаратор
- два програмних режиму зниженого енергоспоживання

- захист пам'яті програм від несанкціонованого копіювання

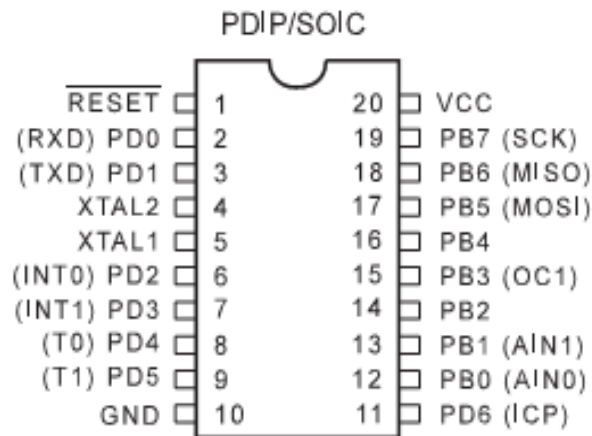


Рисунок 2.1 – Конфігурація виводів мікроконтролера AT90S2313

Таблиця 2.1 – Параметри мікроконтролера AT90S2313

Символ	Опис
Port B (PB7...PB0)	Порт В є 8-розрядним двонаправленим портом введення/виводу. Для виводів порту передбачені внутрішні підтягуючі резистори (вибираються незалежно для кожного біта). Виводи PB0 і PB1 також є прямими (AIN0) і інверсним (AIN1) входами вбудованого аналогового компаратора. Вихідні буфери порту В можуть віддавати струм до 20 мА і безпосередньо керувати світлодіодами. Якщо включені внутрішні підтягуючі резистори і виводи PB0...PB7 використовуються як входи і ззовні встановлюються в низький стан, вони є джерелами струму.
Port D (PD6..PD0)	Порт D є 7-розрядним двонаправленим портом з внутрішніми підтягуючими резисторами. Буфери порту D виходів можуть віддавати струм до 20мА. Як і для порту В, якщо входи встановлені в низький стан і активізовані підтягуючі резистори, виводи порту D є джерелами струму. Порт D також обслуговує деякі спеціальні функції.
VCC	Напруга живлення
GND	Земля
XTAL1	Вхід підсилювача генератора і вхід зовнішнього тактового сигналу.
XTAL2	Вихід підсилювача генератора
RESET	Вхід скидання. Утримання низького рівня протягом 50 нс (якщо не працює тактовий генератор), скидає пристрій

2.2 Буферний підсилювач на інтегральних мікросхемах

Використання інтегральних мікросхем надає ряд переваг в порівнянні з дискретними елементами, а саме — стабільність роботи, малі розміри і маса, точність номіналів елементів, зменшення загального числа з'єднань потрібних при монтажі.

Так як, вихідна потужність мікроконтролеру не достатня для роботи з LPT портом напряду то в якості буферного підсилювача біло застосовано мікросхему 74НС244N фірми Texas Instruments, яка представляє собою 8 буферних підсилювачів з 3 станами.

Пристрій виконано в єдиному корпусі з двадцятьма виводами.

Особливості ІМС 74НС244N:

- Висока пропускна здатність сигналу;
- Відсутність потреби в додатковому відводі тепла;
- Наявність дозвільних виходів окремо для виходу.

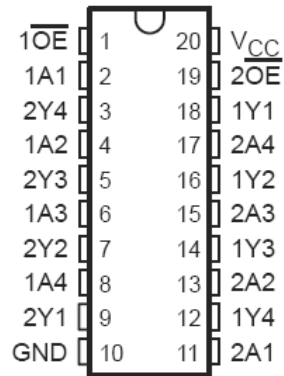


Рисунок 2.2 –Корпус ІМС 74НС244N

Мікросхема знаходиться в робочому стані , коли на входи OE подано низьку напругу (логічний нуль), якщо на цьому вході висока напругу (логічна одиниця), то виходи буфера переходять у високоомний Z стан .

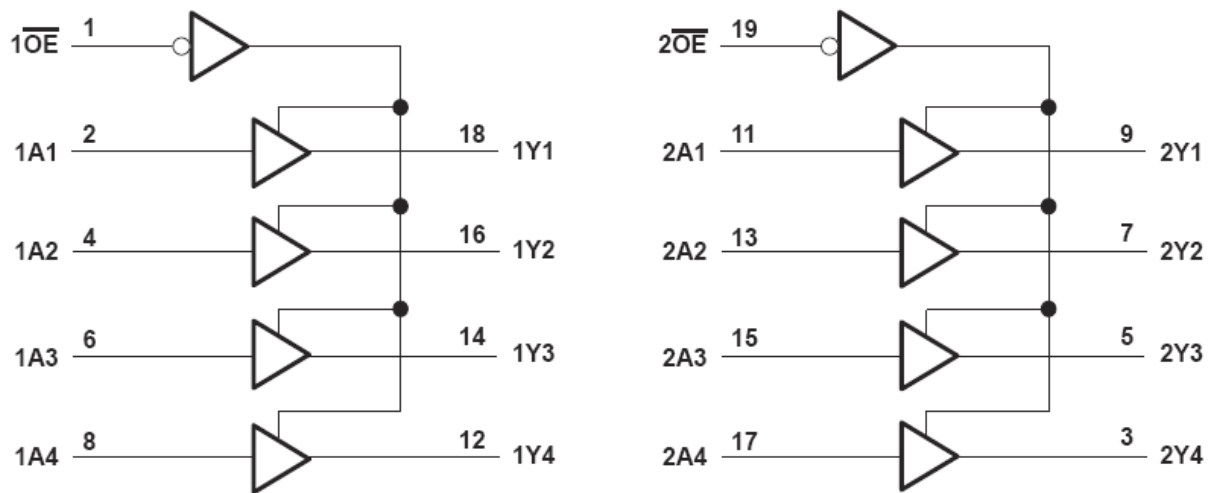


Рисунок 2.3 - Структурна схема ІМС 74НС244N

Таблиця 2.2 – Параметри мікросхеми 74НС244N

Символ	Вивід	Опис
1A1-1A4	2,4,6,8	Інформаційні входи
1OE	1	Дозвіл на вхід (активний низький)
2OE	19	Дозвіл на вихід (активний низький)
GND	10	Земля
2A1-2A4	11,13,15,17	Інформаційні входи
VCC	20	Напруга живлення
2Y1-2Y4	9,7,5,2	Інформаційні виводи
1Y1-1Y4	18,16,14,12	Інформаційні виводи

2.3 Вхідне коло на інтегральних мікросхемах

Мікросхема 74НСТ04N виробництва фірми Philips, представляє собою 6 незалежних HEX інверторів. Вони працюють за логічною функцією $Y = \bar{X}$. Пристрій виконано в єдиному корпусі з чотирнадцятьма виводами. Дана мікросхема встановлюється на вході пристрою і дозволяє працювати з аналоговим сигналом, також вона дозволяє розширити чутливість приладу.

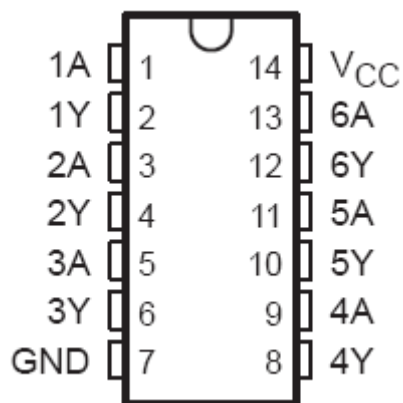


Рисунок 2.4 – Корпус ІМС 74НСТ04N

Таблиця 2.3 – Параметри мікросхеми 74НСТ04N

Символ	Вивід	Опис
1A-6A	1,3,5,9,11,13	Інформаційні входи
1Y-6Y	2,4,6,8,10,12	Інформаційні виходи
VCC	14	Напруга живлення
GND	7	Земля

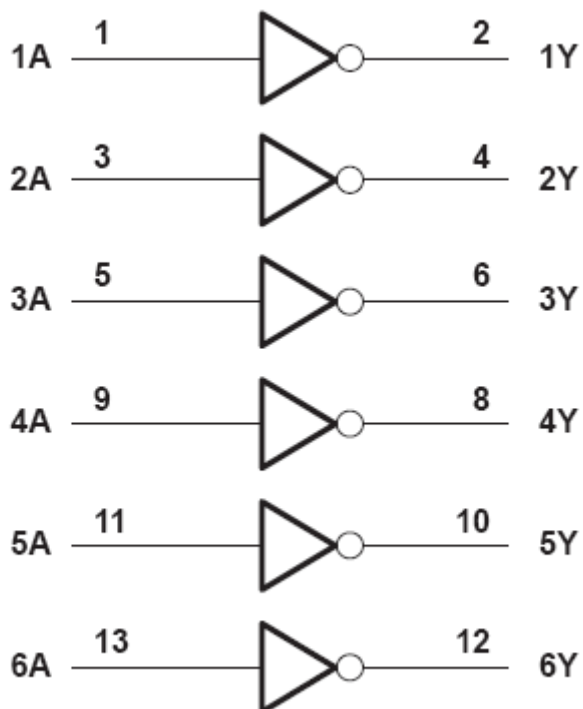


Рисунок 2.5 - Структурна схема ІМС 74НСТ04N

2.4 Дослідження LPT порту

2.4.1 Склад LPT порту

Паралельний порт для зв'язку з принтером (або іншим пристроєм) має базову адресу &H378 (LPT1), &H278 (LPT2), &H3BC (LPT3). В даній роботі ми будемо розглядати тільки LPT1. Адресний простір порту займає діапазон &H378-&H37F. Адреса &H378 називається базовим і служить для передачі або читання даних, через контакти 2-9 роз'єму LPT-порту. Адреса &H37A служить для передачі управляючих сигналів до пристрою, підключеного до цього порту (принтер, сканер і т.д.). І, нарешті, адреса &H379 призначена для прийому управляючих сигналів з пристрою, підключеного до цього порту (принтер, сканер і т.д.). Розглянемо конкретні приклади для кожної з адрес, які зображені на рисунку 2.6

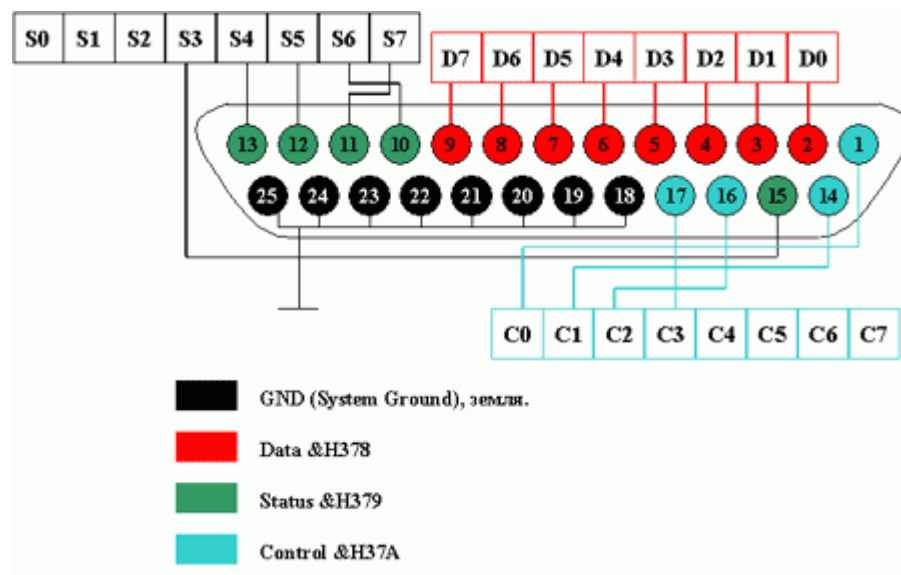


Рисунок 2.6 – Будова LPT порту

Видно, що виходи порту можна розділити на чотири групи: це 'земляні' виходи (розробники інтерфейсу LPT, зробивши цих виводів 8 штук). Вони позначені чорним кольором, це контакти 18-25. Вони з'єднані між собою, тому як

землю можна використовувати будь-який з них. Червоним кольором позначені виводи реєстра Data (контакти 2-9). Реєстр Data є 8 бітним, причому всі біти мають фізичну реалізацію. Це найважливіший реєстр - він дозволяє як з програми, так і із зовнішнього пристрою встановити на його контактах логічний 0 або 1, тобто він двонаправлений.

Саме його ми і використовували в нашій роботі для передачі даних від частотоміра на комп'ютер. Щоб звертатися до цього реєстра, треба знати його адресу: 0x378 - в 16-ричній системі або 888 в десятковій. Тепер розглянемо ще два реєстри. Реєстр Status (контакти 10-13, 15) є однонаправлений реєстр. Керувати ним можна тільки із зовні, через зовнішній пристрій, тобто змінювати дані на ньому, читати можливо з будь-якого реєстра в любую сторону). Він має адресу 0x379 - в 16-ричній системі або 889 в десятковій. Далі – реєстр Control (контакти 1, 14, 16-17). Він має всього 4 контакти і може керуватись тільки програмою. Його адреса: 890 в десятковій системі [3,10,11].

У результаті одержано:

- 8 двонаправлених контактів (реєстр Data) - дані туди може записати і програма і зовнішній пристрій
- 5 однонаправлених контактів (реєстр Status) - дані туди може записати тільки зовнішній пристрій
- 4 однонаправлені контакти (реєстр Control) - дані туди може записати тільки програма

2.4.2 Режим роботи LPT порту

EPP (Enhanced Parallel Port) — це тип паралельного порту, його іноді називають швидкодіючим паралельним портом. Він розроблений фірмами Intel, Xircom і Zenith Data Systems. Першими пристроями, що пропонували можливість вдосконаленого паралельного порту, були портативні комп'ютери фірми Zenith Data Systems, адаптери фірми Xircom і мікросхема Intel 82360 SLI/O. EPP працює практично на всіх швидкостях, підтримуваних шиною ISA, і про-

понує десятиразове збільшення пропускної спроможності в порівнянні із звичайним паралельним портом. Цей тип портів розроблений спеціально для таких, пристроїв, що підключаються до паралельного порту. Удосконалений паралельний порт відповідає вимогам стандарту IEEE1284 для паралельних портів та здійснює обмін даними з швидкістю до 2 Мбайт/с. Після випуску мікросхеми Intel 82360 SLI/O багато виробників почали випускати аналогічні пристрої введення-виводу, в яких були реалізовані можливості EPP [3,11].

Це породило проблему, яка полягає в тому, що процедури роботи EPP на мікросхемах різних виробників істотно відрізнялися. Версія 1.7 порту EPP була першою популярною версією, яка визначала вимоги до апаратного забезпечення. Вказана версія не підтримує стандарт IEEE1284. В деякій технічній документації помилково посилаються на "EPP версії 1.9" як на стандарт EPP.

Є два несумісні стандарти: EPP версії 1.7 і IEEE1284.

Але, завдяки тому, що вони схожі один на одного, почали випускати периферійне устаткування, котре підтримує обидва стандарти, але у деяких випадках пристрої для EPP 1.7 можуть не працювати із портами IEEE1284.

Відмінність 1.7 і 1.9 (IEEE1284) - в способі квітування.

Часова діаграма для EPP1.9 (передача двох байт, розглядається на прикладі циклів даних, для циклів адреси - аналогічно) показана на рисунку 2.7.

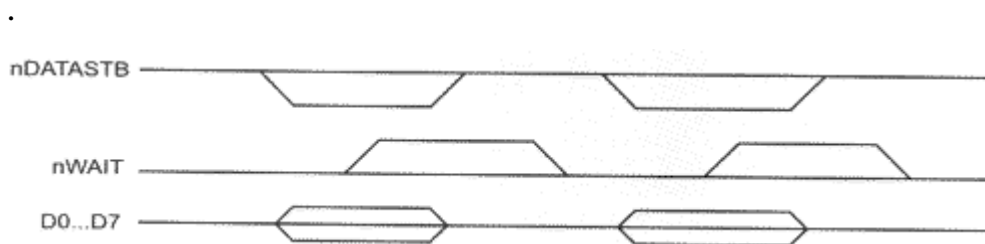


Рисунок 2.7 – Часова діаграма для EPP1.9

EPP-Host опускає лінію nDATAStB тільки при низькому рівні сигналу nWAIT, а піднімає тільки при високому, тобто периферійний пристрій (далі "периферія") підтверджує обидва фронти сигналу nDATAStB.

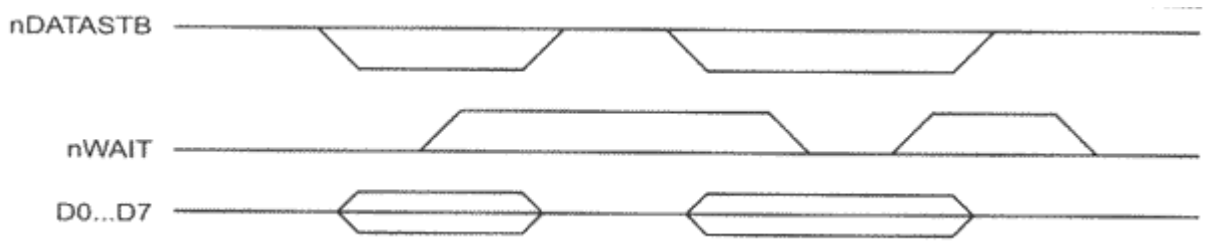


Рисунок 2.8 – Часова діаграма для EPP1.7

Тут передача першого байта виглядає як і раніше, але з опусканням лінії nWAIT периферія "забарилася", і Host має право почати новий цикл обміну (опустити nDATASTB) при будь-якому рівні сигналу nWAIT. З підйомом же лінії nDATASTB - різнобій - деякі реалізації 1.7 піднімають її тільки після переходу nWAIT з "0" в "1" (як на мал. X вгорі), тобто ним важливо наявність фронту; інші вимагають тільки, щоб nWAIT було "1". Тобто, якщо периферія хоче затримати підйом nDATASTB, вона повинна швидко виставити nWAIT="0".

Не менш важливою річчю є встановлення біту напрямку. Зустрічаються наступні реалізації:

1. Напрямок шини даних визначається бітом напрямку LPT (біт 5 регістра BASE ADDR+2) в проміжках між EPP-циклами, і напрямком EPP-циклу (запис або читання) у момент самого циклу.

2. Аналогічно 1), але в циклі EPP-запису при біті напрямку ialla (на введення) байт на шину даних не виставляється, хоча квітування ведеться.

3. Аналогічно 1), але біт напрямку повинен співпадати з фактичним напрямком EPP-циклу. Інакше сигнали квітування (nDATASTB/nADDRSTB, nWRITE) не генеруються (але і Time-Out теж не фіксується).

4. Біт напрямку програмується, але ні на що не впливає. Після запису в порт даних LPT (BASE ADDR+0) або EPP-циклу запису порт залишається на вивід, після EPP-циклу читання порт залишається на введення.

Для сумісності зі всіма реалізаціями робилося наступне:

- ЕРР-периферія в основному тримає шину даних на введення і пере-кладає на висновок тільки у момент ЕРР-циклу читання (по спаду $nDATASTB/nADDRSTB$ при $nWRITE=i/1$). При обміні блоками по обумовленому протоколу комутація напряму можлива і один раз на цілий блок;
 - на ЕРР-хосте біт напряму встановлюється в "0" перед початком передачі блоку даних і в "1" перед початком прийому блоку даних;
- для захисту від можливих зіткнень шини даних при збоях передбачені стандартом послідовні резистори стають абсолютно необхідними

2.4.3 Основні сигнали при роботі паралельного порту в режимі ЕРР

Розглянемо, принципи запису і читання даних в регістри LPT порту, тобто встановлення на потрібних виводах 0 або 1.

В таблиці 2.3, розташованій внизу, можна побачити основні сигнали при роботі паралельного порту в режимі ЕРР. In – вхідний сигнал, Out – витікаючий сигнал. Наприклад, коли на 14 контакті (Data Strobe – стробує даних) з'являється рівень логічного 0, то принтер «розуміє», що зараз можна приймати дані.

2.5 Алгоритм обміну даними

Розглянемо алгоритм обміну даними з підтвердженням (справедливо для ЕРР-режиму LPT порту) між комп'ютером та мікроконтролером. Комп'ютер буде приймаючим, а мікроконтролер - передаючим. Схема алгоритму зображена на малюнку 18. У момент часу t_0 (початок передачі) мікроконтролер (передавач) виставляє дані для передачі, тобто записує їх в порт В. Причому в кожному циклі обміну записується один байт. Передавач виставляє сигнал готовності у момент часу t_1 , він означає, що дані передані, і приймаючий комп'ютер (приймач) має можливість його зчитати з регістра 379h. Приймач визначає у момент часу t_2 , що сигнал готовності від передавача поступив, і дані можна зчитати.

Приймач зчитує біт дозволу з регістра (порт 379h) і зчитує надіслані дані (порт 378h). Встановлює біт підтвердження зчитування даних(порт 37Ah).

Таблиця 2.3 – Призначення виводів порту

№ контакту	EPP Signal	IN/OUT	Функція
1	-Write	Out	Низький рівень сигналу - запис, високий рівень сигналу - читання
2-9	Data 0-7	In-Out	Дані
10	Interrupt	In	Переривання. Стається на передньому позитивному фронті імпульсу
11	Wait	In	Очікування. Використовується для підтвердження зв'язку. EPP цикл може бути початий, коли рівень низький, і закінчений коли високий.
12			Не використовується в EPP
13			Не використовується в EPP
14	-Data Strobe	Out	Коли рівень низький, повідомляє про передачу даних
15			Не використовується в EPP
16	Reset	Out	Reset- активний рівень низький
17	-Address Strobe	Out	Коли рівень низький повідомляє про передачу адреси
18-25	Ground	GND	Корпус

Це потрібно для того, або передавач мав можливість визначити, коли чаме можна буде посилати наступні дані. Якщо ж цього не зробити, то можлива така ситуація, що передавач послає дані в той момент, коли приймач їх ще не порахував і це може призвести до збою передачі або прийому. У момент часу t_3

передавач одержує сигнал підтвердження прийому від приймача і скидає сигнал готовності. Це потрібно для того, аби приймач мав можливість скинути свій сигнал підтвердження. Якщо ж цього не зробити, то цикл обміну буде порушений, так як в наступному циклі обміну передавач не буде знати чи прийняв приймач дані чи ні.

Приймач визначає у момент часу t_4 , що сигнал готовності скинений і скидає свій сигнал підтвердження прийому. Таким чином завершується цикл обміну байтом - передавач знову є готовим до передачі даних, а приймач – їх до прийому.

Алгоритм зображено на рисунку 2.9

2.6 Алгоритм роботи частотоміра

Спочатку виконується ініціалізація контролера та встановлюються вектори переривань. Настроюємо таймери та порти вводу – виводу. Запускаємо таймери. Поки таймер T1 не віддав команду на переривання працює пустий цикл. При перериванні таймера T0 заповнюються регістри R1,R4,R5 . Коли таймер T1 порахував задану кількість імпульсів і згенерував переривання починається обробка даних, тобто, викликається підпрограма обміну даними з комп'ютером.

Дані передаються послідовно по байту починаючи із старшого. Після закінчення передачі даних частотомір залишається вимкненим, і містить дані попереднього обрахунку. Для того щоб запустити частотомір на новий вимір, з комп'ютера подається команда яка призводить переривання INT1, підпрограма переривання якого запускає таймери – лічильники на новий рахунок.

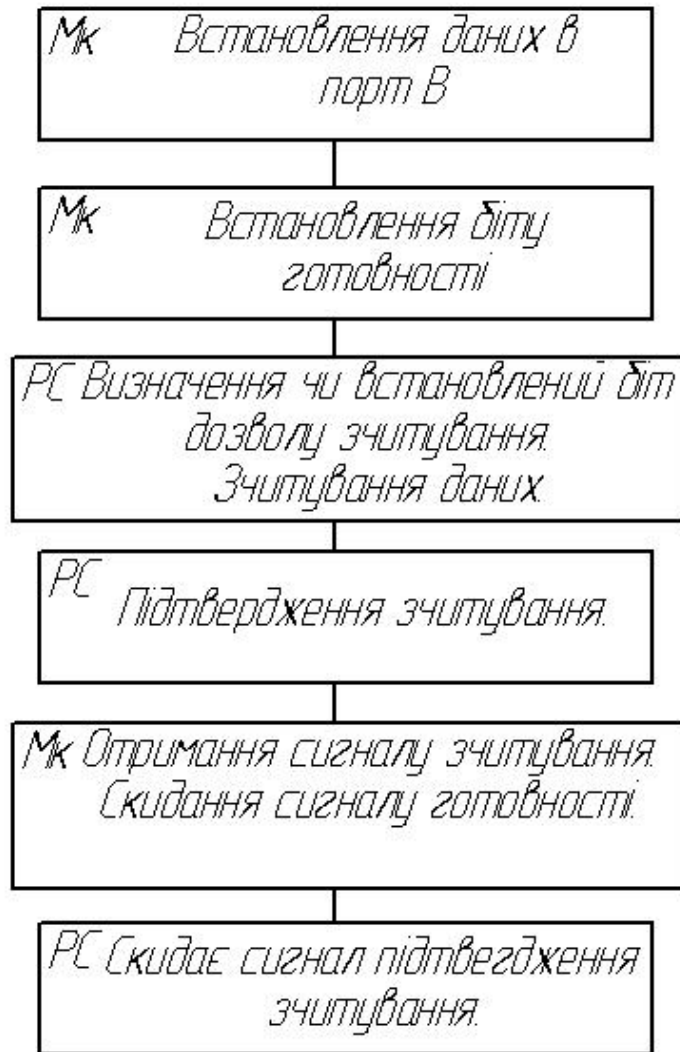


Рисунок 2.9 – Алгоритм передачі даних між комп’ютером та мікроконтролером.

2.7 Огляд програмного забезпечення для мікроконтролеру

Процес написання програм для мікроконтролерів AVR як, і для інших мікроконтролерів, складається з певних етапів:

- підготовки вихідного тексту програми на певній мові програмування;
- компілювання програми;
- налагодження та тестування цієї програми;
- остаточне програмування та підготовки до серійного виробництва.

Мікропрограма пристрою має бути написана однією із мов програмування.

Зараз для мікроконтролерів AVR існують багато різних мов програмування та різних засобів підтримки розробки, котрі застосовують використовують одну мову, але відрізняються за своєю функціональністю.

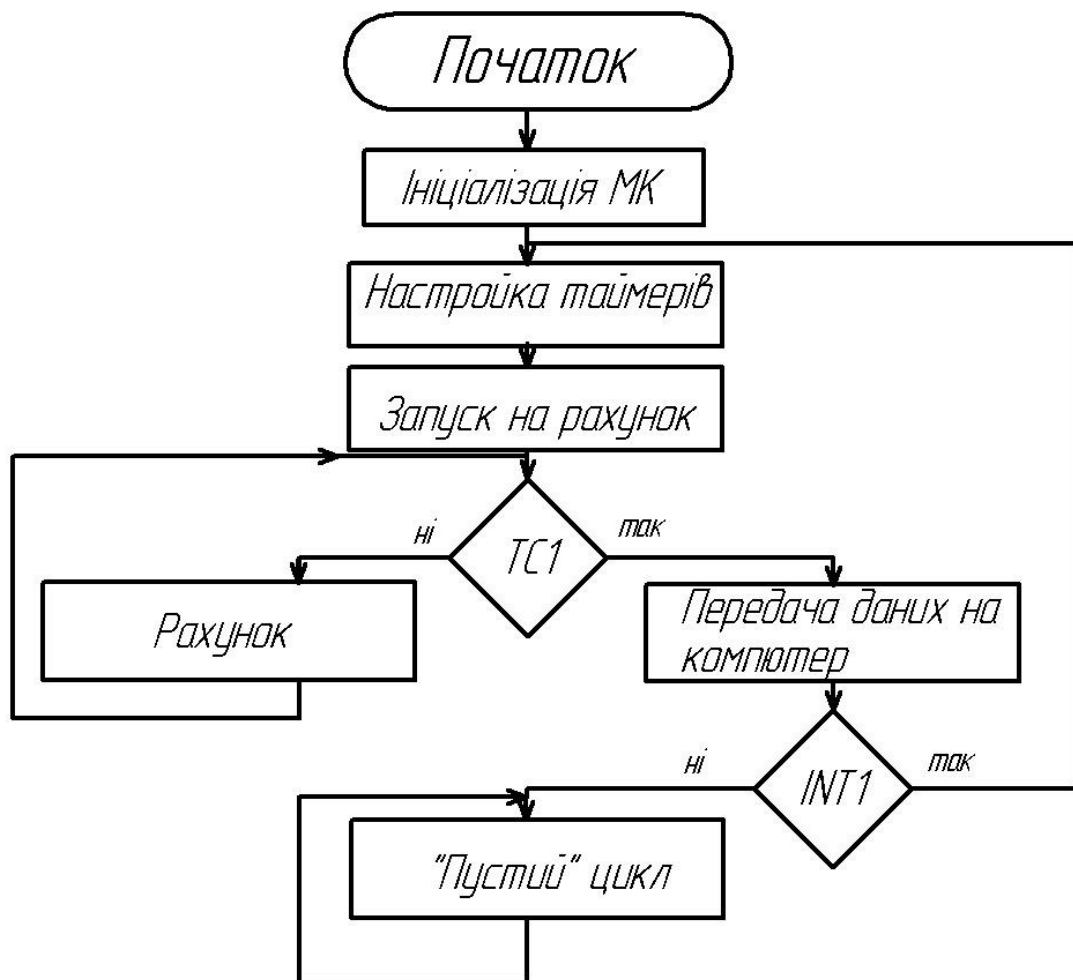


Рисунок 2.10 – Алгоритм роботи пристрою

На кожному із цих етапів потрібно застосовувати спеціальні програмні й апаратні засоби. Відзначимо, що базовий набір програмного забезпечення, який складається із компілятора асемблера та ПО для програмування, безкоштовно

поширюється фірмою Atmel. Але за досить довгий період часу, котрий пройшов з моменту появи цих мікроконтролерів, з'явилася досить велика кількість програмного забезпечення інших фірм-виробників. Тепер розглянемо базову інформацію про різні компілятори для AVR мікроконтролерів.

Компілятори асемблера

Вибір конкретного компілятора асемблера є, мабуть, найменш принциповим питанням, оскільки сам процес компіляції (перетворення вихідного тексту програми в машинний код) виконується досить однозначно. Власне, всі відмінності між асемблерами полягають у можливостях препроцесора, що обробляє макрокоманди, наявності текстового редактора або середовища розробки й типу підтримуваної операційної системи.

IAR AVR Assembler

Atmel безкоштовно розповсюджує асемблер фірми IAR. Даний компілятор є частиною IAR Embedded Workbench — середовища розробки, що включає в себе менеджер проєктів, редактор, лінкер і менеджер бібліотек. Цей компілятор відрізняється розширеними можливостями по роботі з макросами.

GNU/Linux AVR Assembler

Цей асемблер, будучи повністю сумісним по вхідному коді з компілятором фірми Atmel, має в порівнянні з ним кілька переваг. По-перше, він поставляється з відкритими текстами, так що користувач, якщо буде потреба, може легко додати нові можливості. По-друге, це один з декількох асемблерів для мікроконтролерів фірми AVR, що працюють під керуванням операційної системи Linux (крім того, наявність вихідних текстів дозволяє легко перенести його на будь-яку іншу Unix-систему). І нарешті, в GNU AVR Assembler значно розширені, у порівнянні з асемблером фірми Atmel, можливості по роботі з макрокомандами (зокрема, допускаються макроси усередині макросів). Програма поширюється за умовами GNU Public License (GPL).

Компілятори мови C

Останнім часом усе популярніше стає використання компіляторів мов високого рівня при написанні програм для мікроконтролерних систем. Найбі-

льше поширення при цьому одержали компілятори мови C, оскільки в цій мові найбільш просто реалізуються всі необхідні можливості по керуванню апаратними засобами мікроконтролерів.

CodeVisionAVRCCompiler

Іншим популярним компілятором мови C для мікроконтролерів сімейства AVR є Code Vision AVR C Compiler. Компілятор підтримує мікроконтролери ATTiny22, AT90S23x3, AT90S4433 та багато інших. Демонстраційна версія компілятора, так само, як і компілятор фірми IAR, має обмеження на максимальний обсяг генеруємого коду. Компілятор поставляється разом з інтегрованим середовищем розробки, у яку крім стандартних можливостей, включена досить цікава функція - CodeWizardAVR Automatic Program Generator. Фактично це генератор стандартних блоків програми, що виконують наступні функції:

- настроювання доступу до зовнішньої пам'яті;
- визначення причини скидання мікроконтролера;
- ініціалізацію портів уведення/виводу, зовнішніх переривань, таймерів, сторожового таймера;
- ініціалізацію асинхронного порту послідовної передачі даних (UART) і буферизований прийом і передачу даних;
- настроювання аналогового компаратора й АЦП;
- ініціалізацію шини I2C і підключених до неї температурного сенсора LM75 або годинника реального часу PCF8583, DS1302, DS1307;
- реалізацію протоколу 1-Wire Bus й ініціалізацію температурного сенсора DS1820;
- керування LCD-індикатором.

Наявність цієї можливості до деякої міри спрощує написання програм, хоча, звичайно, згенерований у такий спосіб код далеко не завжди може бути застосований без проведення змін. Наявність у середовищі розробки послідовного терміналу дозволяє робити налагодження програм з використанням послідовного порту мікроконтролера.

Інші компілятори мови C

Крім перерахованих вище існує ще кілька компіляторів мови C для мікроконтролерів сімейства AVR фірми Atmel.

2.8 Вибір компілятора

Інтегроване середовище розробки AVR Studio 4 фірми Atmel можна вважати досить вдалим вибором при розробленні програмного забезпечення для мікроконтролерів сімейства AVR. Воно містить у собі текстовий редактор з підсвічуванням синтаксису, компілятор асемблера, симулятор, відладчик й інтерфейс із апаратними емуляторами. Програма працює під керуванням таких операційних систем як Windows 9x, NT, 2000,2003,XP. Основними недоліками AVRStudio вважають деяку нестабільність роботи відладчика і неповну симуляцію периферійних пристроїв (тут відсутня симуляція АЦП). До переваг же відноситься, у першу чергу, підтримка їй практично всіх мікроконтролерів сімейства AVR [8,9,12].

2.9 Вибір програмного забезпечення для розробки комп'ютерної програми

Інтерфейс прикладного програмування API (Application Programming Interface) Windows має набір потужних, хоча не завжди безпечних інструментів для розроблення програм, водночас, вимагає великого об'єму знань по програмуванню і функціонуванню комп'ютера. Ця картина змінилася з появою Visual Basic. Visual Basic дозволяє швидко і легко розробляти закінчені програми використовуючи візуальний інтерфейс. Можливо розробляти і тестувати складні додатки за допомогою Visual Basic без прямого використання функцій API. Visual Basic дозволяє сконцентруватися на деталях програми, позбавляючи програміста від проблем з API.

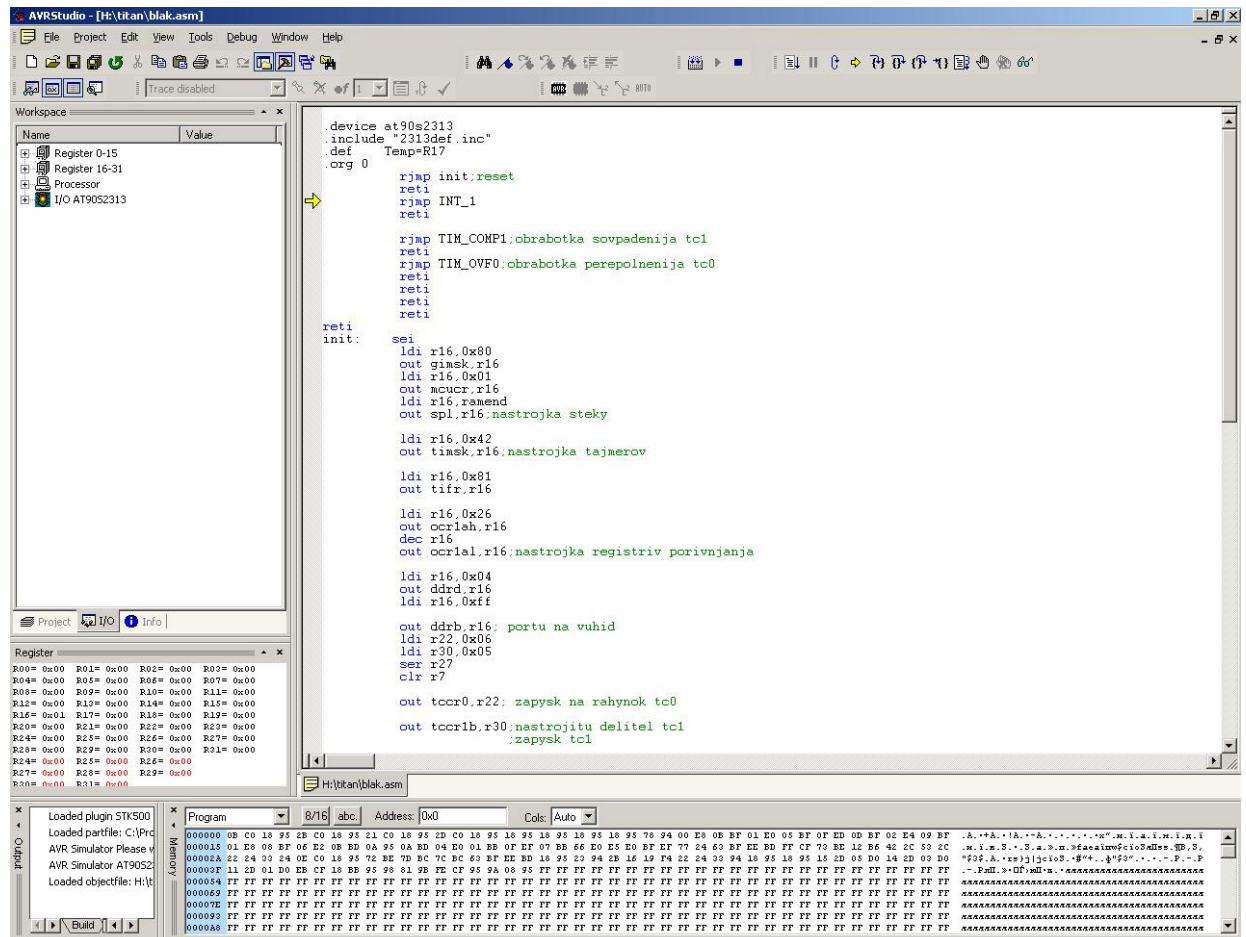


Рисунок 2.11 – Робоче вікно програми

Visual Basic містить інтегроване середовище розробки, в якому можна візуально розробити вигляд майбутнього програмного забезпечення. Це дозволяє зекономити багато часу [5,6,7].

Одним з основних конкурентів Visual Basic 6 є Visual C++ 6.

Написання алгоритмів на Visual Basic має сенс із декількох причин.

1. розробка програми на Visual C++ набагато складніше, чим на Visual Basic. Якщо некоректно реалізувати в програмі деталі програмування під ЩС Windows, то може привести до збоїв у проєктованій програмі, середовищі розробки, або в самій операційній системі Windows.

2. Розроблення бібліотеки на мові C++ для подальшого застосування в програмах на Visual Basic має багато потенційних небезпек, характерних і для програм Windows, написаних на C++. У випадку, якщо бібліотека буде непра-

вильно взаємодіяти з програмою на Visual Basic, вона також приведе до збоїв в програмі, а можливо і у середовищі розробки та системі.

3. багато які алгоритми достатньо ефективні і показують досить непогану продуктивність навіть при використанні не особливо швидких компіляторів, таких, як Visual Basic.

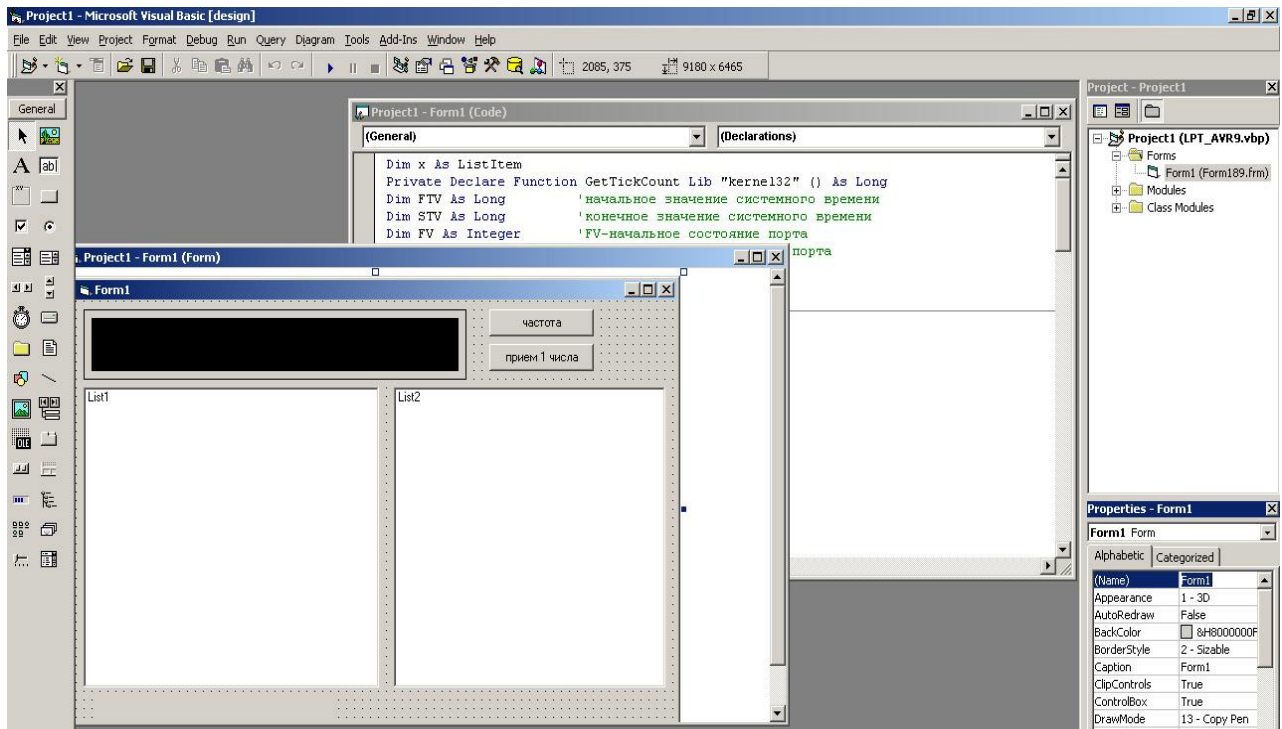


Рисунок 2.12 – Робоче вікно програми з програмою , що розробляється

2.10 Огляд програми , яка керує роботою частотоміра

2.10.1 Огляд інтерфейсу програми та її встановлення

Програма за вимогами до апаратної частини комп'ютера досить не вибаглива, вона буде працювати на комп'ютерах починаючи з рівня Intel Pentium 1, з операційною системою починаючи з Windows 98. (На сумісність з Windows Vista не перевірялась). Програма не містить інсталятора і не реєструється в сис-

темі. Для її роботи необхідно скопіювати файл програми в будь яку дерикторію. Також необхідно встановити драйвер DriverLINX Port I/O, і скопіювати файл COMDLG32.OCX в дерикторію C:\WINDOWS\system32 .

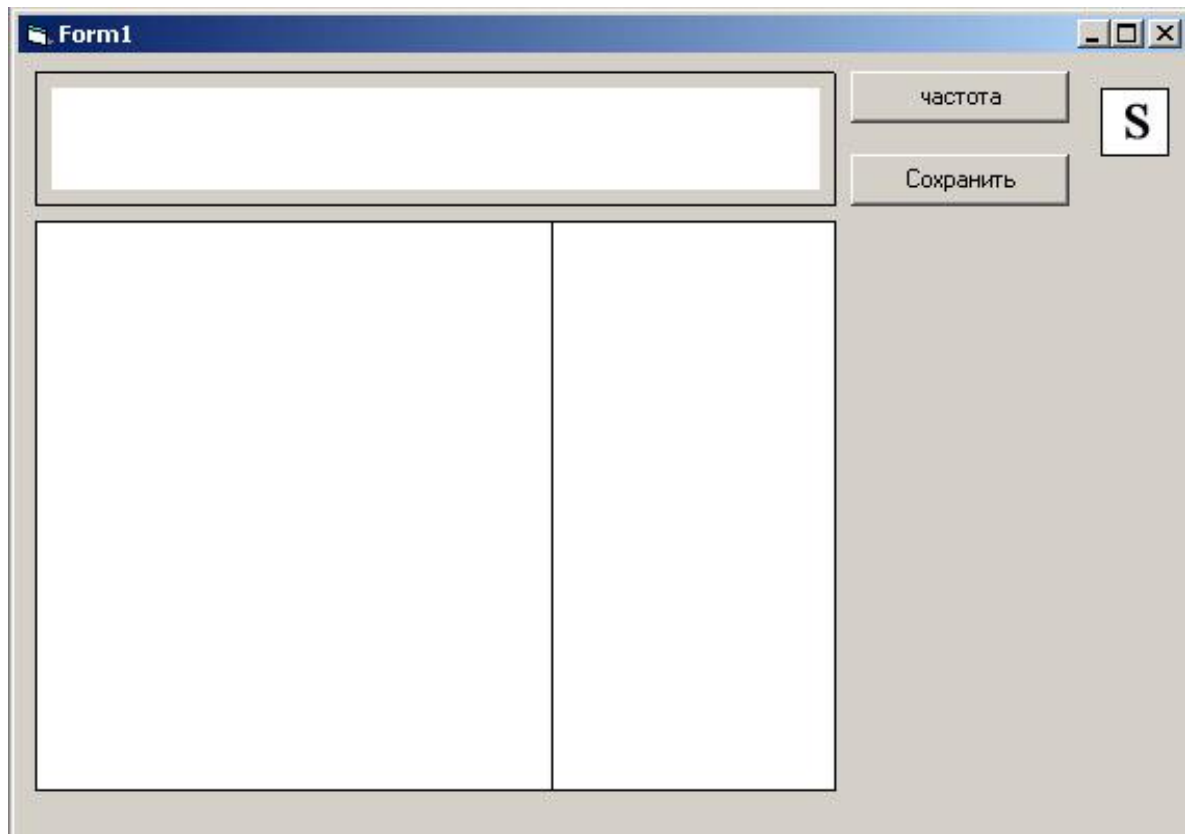


Рисунок 2.13 – Робоче вікно програми, що керує роботою частотоміра

На рисунку 2.13, зображено вікно програми яка керує роботою частотоміра, до її інтерфейсу входять:

1. – Поле, яке використовується для відображення дати та часу проведення виміру.

2. – Поле, яке використовується, для відображення вимірної частоти.

3. – Поле, яке відображає поточну вимірювану частоту.

Також на формі є дві кнопки:

«Частота» – при натисненні на неї, відбувається запуск частотоміра.

«Зберегти» – використовується для збереження результатів вимірів, при натисненні на неї, з'являється стандартне вікно збереження файлу. Файлам при збереженні краще надавати розширення « *.txt ».

2.10.2 Порядок роботи з програмою та її функціонування

Програму потрібно запускати, перед тим, як подавати живлення на частотомір, це пов'язано з тим, що при запуску Windows, в LPT порт можуть бути занесені випадкові значення, які можуть призвести як до невірної роботи програми так і приладу. При запуску програма встановлює потрібні логічні рівні на керуючих виводах. Для того, щоб розпочати вимірювання потрібно натиснути кнопку «Частота». Результат буде відображено, через декілька секунд, хоча іноді відбуваються затримки, пов'язані з багато задачною роботою комп'ютера.

Основна задача, яку виконує програма – це приймання і перетворення даних.

Мікроконтролер, після вимірювання відсилає на комп'ютер відповідь, яка складається з 3 байт. Комп'ютер заносить їх в масив типу Byte, далі, програма переводить числа з шістнадцяткової форми в десяткову, та переводить масив до типу String (строковий). Далі визивається функція Join, яка послідовно з'єднує строки масиву в одну велику строку. Отримана строка переводиться в чисельний тип Double, який і відображається на екрані, а також дозволяє проводити наступні обрахунки та аналіз.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ

3.1 Вибір моделюючої системи

При вивченні електротехнічних дисциплін зазвичай використовуються такі системи для дослідження електричних схем за допомогою комп'ютера:

1. Системи схемотехнічного моделювання аналогових та аналогово-цифрових схем. До них можна віднести такі системи як Multisim та Micro Cap (Microcomputer Circuit Analysis Program – Програма аналізу схем на мікрокомп'ютерах).

2. Системи схемотехнічного моделювання аналогових і аналогово-цифрових схем - Proteus PROFESSIONL 6 пакет ISIS

3. Програма Excel, котра входить в пакет Microsoft Office.

4. Математичні пакети програм такі як MatLAB, MathCAD.

5. Компілятори для мікроконтролерів сімейства AVR - AVR Studio 4

Цей список не охоплює всі програмні продукти, котрі використовують при вивченні та дослідженні електронних схем, є ще ряд програм що розроблені і використовуються для дослідження тільки окремих типів схем.

При моделюванні спроектованого частотоміра використаємо систему схемотехнічного моделювання Proteus PROFESSIONL 6. Вибір цієї моделюючої програми зумовлений такими причинами:

1. Можливість моделювати схеми, котрі містять найновіші компоненти.

2. Наявність моделей для сучасного лабораторного обладнання, система Proteus містить віртуальні осцилографи та цифрові вимірювальні пристрої.

3. В системі Proteus PROFESSIONL 6 панелі віртуальних осцилографів, вольтметрів, амперметрів, функціонального генератора, пристроїв для дослідження цифрових схем подібні до зовнішнього вигляду реальних пристроїв. Це наближає комп'ютерне моделювання до дослідження реальних схем.

4. Система дозволяє моделювати схема до складу яких входять мікроконтролери.

При цьому є можливість змінювати прошивку контролера , та налаштовувати його параметри.

Описаний програмний продукт не вимагає спеціального налагодження або нестандартних пристроїв. Для встановлення цієї програми можна використати комп'ютери простих модифікацій.

3.2 Дослідження параметрів моделі пристрою

В якості основи для побудови пристрою використовуємо модель частотоміра без вхідного пристрою. Для отримання відповідної моделі за допомогою системи Proteus збирається схема, для цього:

1. Активізується значок системи Proteus PROFESSIONL 6 пакет ISIS
2. В вікні що відкрилося на робочому полі з відповідних елементів за допомогою з'єднувальних провідників та вузлових точок збирається модель пристрою. Символи джерел та землі знаходяться в панелі з ім'ям Inter-Sheet Terminal, символи елементів в панелі Components, вимірювальні пристрої з панелі Indicators.
3. Для подачі на схему прямокутних імпульсів з панелі інструментів Virtual Instruments вибираємо генератор імпульсів (Signal Generator). Запустивши процес симуляції розкриваємо інтерфейс пристрою, як показано на рисунку 3.16 Форму сигналу обираємо натиснувши на відповідну клавішу в верхній частині пристрою. За допомогою показників які розміщені праворуч від відповідних полів встановлюється частота (Frequency), скважність сигналу (Duty cycle) та амплітуда (Amplitude) сигналу.
4. Після того як схема повністю зібрана та перевірені з'єднання елементів та їх номінал вмикається тумблер який розміщений у нижньому лівому куті робочого вікна.
5. За допомогою осцилографа перевіряється працездатність схеми, тобто за допомогою осцилографа перевіряємо наявність вхідного сигналу

6. Для того, щоб переглянути вміст регістрів та стан портів вводу – виводу в лівому нижньому куті робочого вікна програми передбачена кнопка пауза. При її натисненні симуляція припиняється і відображуються вміст регістрів

7. Для того, щоб занести програму в модель мікроконтролера потрібно натиснути лівою клавшею мишки і в вікні вибрати файл з програмою.

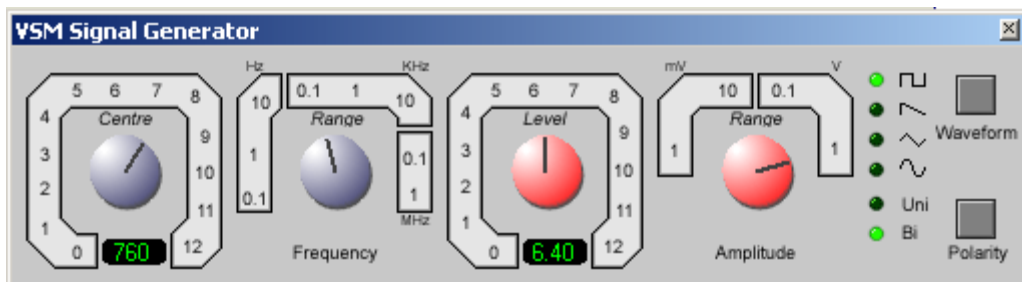


Рисунок 3.1 – Робоче вікно генератора сигналів

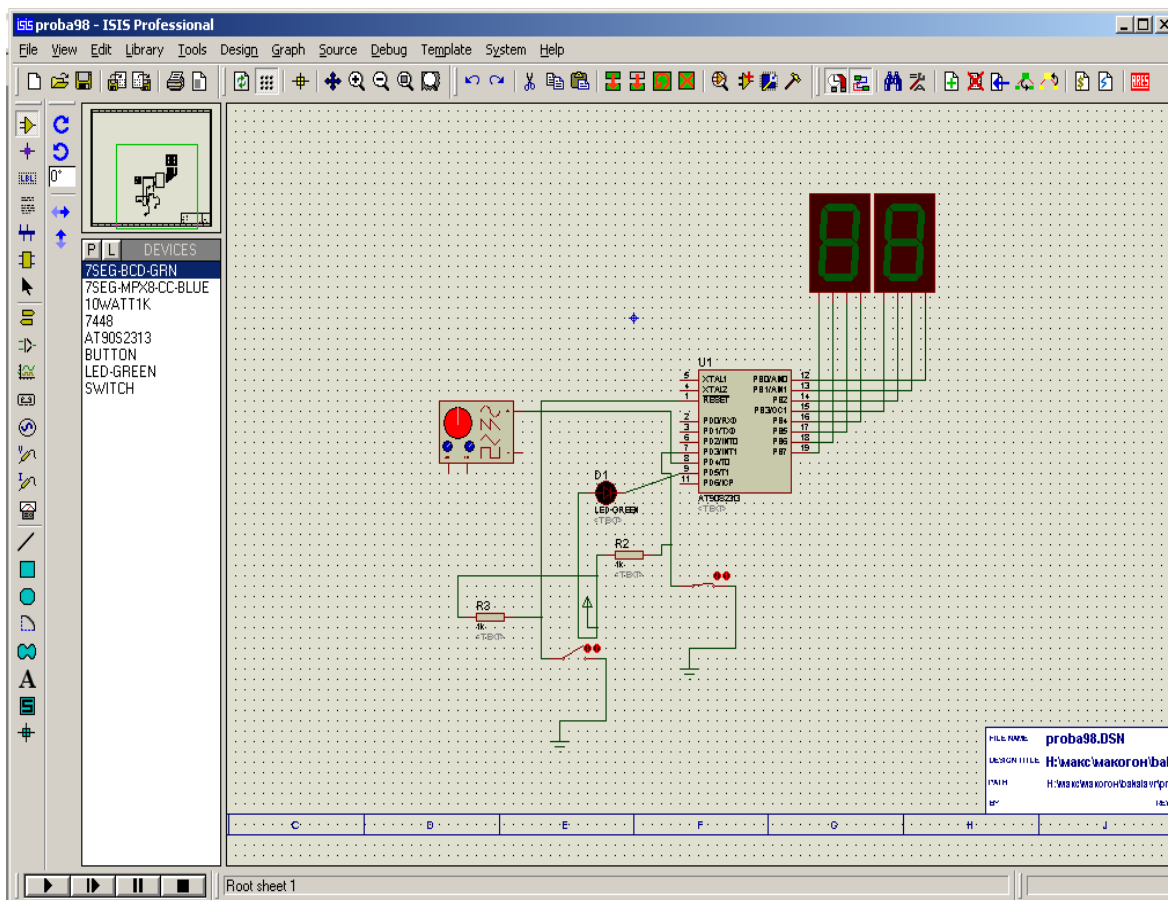


Рисунок 3.2 – Модель частотоміра

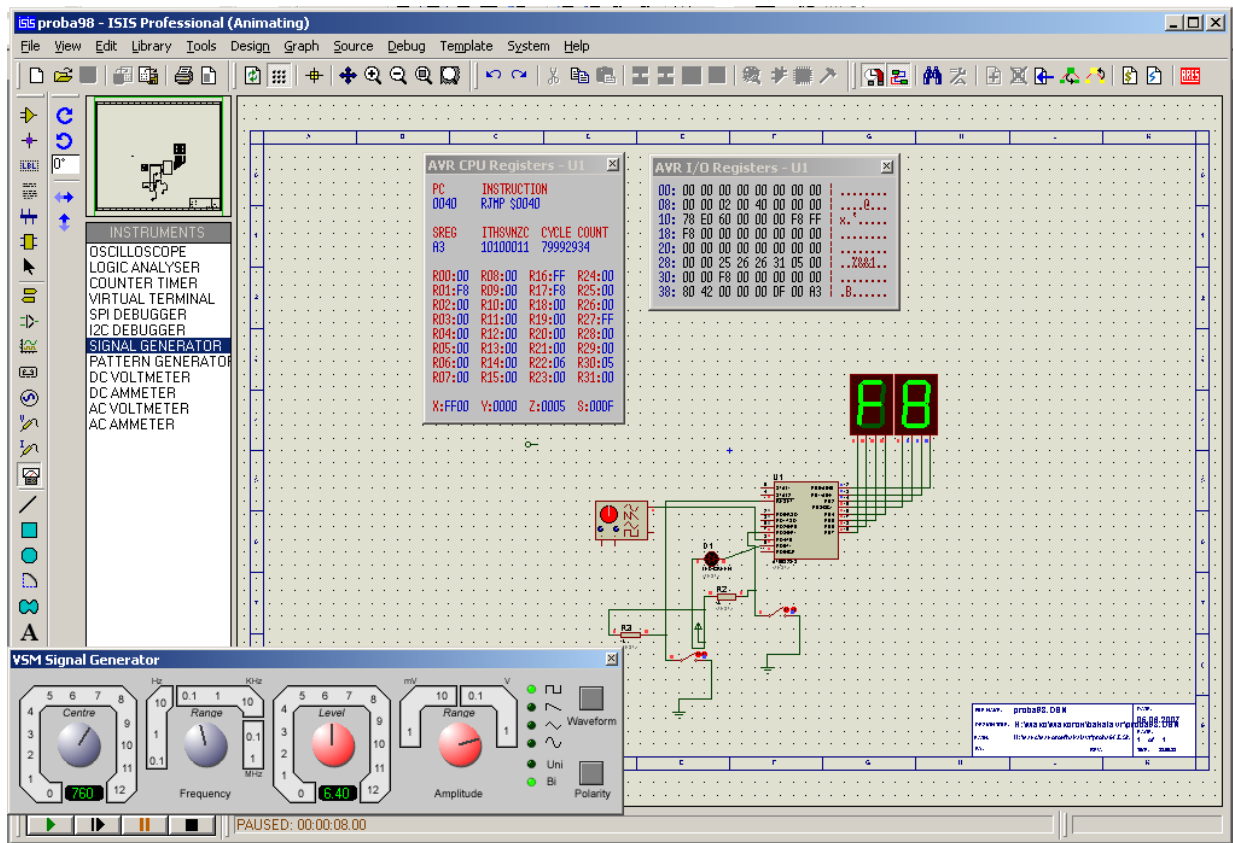


Рисунок 3.3 – Моделювання роботи частотоміра

3.3 Результати моделювання

Приведемо порівняльну таблицю отриманих параметрів в результаті проектування частотоміра на ЕОМ та заданих параметрів в технічному завданні.

Отже, провівши моделювання пристрою, який був розроблений в магістерській роботі, можна стверджувати, що пристрій повністю відповідає вимогам технічного завдання. Хоча моделі складових схеми є лише моделями і не дають характеристик реальних мікросхем. Тому параметри, отримані при моделюванні менші тих, які отримані при розрахунках роботи. ЛРТ порт змодельований перемикачами які перемикаються вручну, в зв'язку з тим, що такий елемент відсутній в бібліотеці моделей. Виміряти верхню граничну частоту неможливо, так, як апаратно – програмні обмеження не дозволяють вимірювати сигнал вище 15 кГц.

Таблиця 3.1 – Порівняння результатів технічного завдання та моделювання

Параметр, що досліджувався	Задане значення в технічному завданні	Отримане значення при моделюванні
Інтерфейс	LPT	LPT
Напруга живлення елементів, В	5	5
Нижня границя вимірювання, Гц	5	5

4 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

4.1 Боротьба з завадами при розробці друкованої плати

Двотактна схема виходу елемента ТТЛ і КМОП складається з двох послідовно сполучених транзисторів, включених між шинами живлення та землі. Коли стан вихідного каскаду змінюється, то обидва транзистори опиняються у відкритому стані на короткий час. В цей час від шини живлення на землю протікає імпульс струму, який створює короткі негативні викиди на шині живлення і короткі позитивні викиди на шині землі. Припустимо, що ІМС перемикається, і від джерела на землю короткочасно протікає значний струм. Цей струм в поєднанні з індуктивністю провідників живлення і землі викликає короткі викиди напруги щодо опорної точки заземлення. Ці викиди тривалістю всього лише від 5 до 20 нс можуть спричинити масу неприємностей.

Кращим засобом проти подібного явища є:

а) використання по всій платі потужних земляних шин і навіть значних поверхонь заземлення (одна сторона двосторонньої друкованої плати цілком відводиться під поверхню заземлення);

б) Часте шунтування ланцюгів живлення по всій платі за допомогою конденсаторів. Застосування підсилених шин (знижені індуктивність і опір) зменшує індуквані викиди струму, а завдяки наявності конденсаторів, включених між шинами землі та живлення і розподілених по всій платі, струмові кидки розповсюджуються тільки по коротких вітках, що в поєднанні із зниженою індуктивністю дає істотне зниження величини викидів (конденсатор діє як локальне джерело, напруга якого за час дії короткого кидка струму помітно не міняється). В пристроях на елементах ТТЛ краще всього біля кожної ІМС встановлювати конденсатор місткістю від 0,05 до 0,1 мкФ, але може виявитися достатнім мати один конденсатор на кожні дві або три ІМС. Крім того, для зберігання енергії непогано розподілити по платні декілька танталових конденсаторів більшої місткості (наприклад 6,8 мкФ, 35 В). Шунтуючі конденсатори рекомендується включати

між шинами джерел живлення і землі незалежно від того, цифрова ця схема або аналогова. На високих частотах низький імпеданс шин джерел напруги забезпечують конденсатори, це перешкоджає появі зв'язків між елементами через джерело. Незашунтовані шини живлення можуть служити причиною виникнення ненормальних режимів, генерацій, перешкод.

Для шин відчутної довжини (0,4 м і більш) краще всього використовувати допоміжну плату з поверхнею заземлення. Ця плата представляє собою просту друковану плату, яка містить ряд друкованих роз'ємів, призначених для підключення до них індивідуальних логічних плат. Така плата є економічним рішенням проблеми міжплатних з'єднань і при правильному виконанні забезпечує також якнайкращі електричні характеристики. Провідники, розташовані поблизу поверхні заземлення, володіють меншою індуктивністю, а ємнісні зв'язки з сусідніми провідниками виходять більш слабкими. Непогано виконувати допоміжну плату так, щоб всі сигнальні провідники розташовувалися б на одній стороні, а друкована поверхня заземлення — по іншу сторону плати (двостороння друкарська плата має широке розповсюдження, а для складних схем використовують навіть багат шарову плату).

4.2 Конструктивний розрахунок друкованої плати

Вихідні дані:

- метод виготовлення плати: комбінований позитивний;
- метод отримання малюнка: фотохімічний;
- мінімальна відстань між монтажними отворами: 2,5 мм;
- крок координатної сітки: 2,5 мм;
- форма контактної площадки: кругла;
- щільність друкованого монтажу: перший клас;
- фоторезист: сухий, плівковий;
- максимальний струм через провідник: 0,3 А.

Тип плати –одностороння, оскільки одностороння друковані плати характеризуються: високими комутаційними властивостями; підвищеною міцністю з'єднання виводу навісного елемента з провідним рисунком плати. Крок координатної сітки відповідно до ГОСТ 10317–79 обираємо 2,5 мм [10].

Товщина друкованої плати визначається товщиною вихідного матеріалу та обирається в залежності від елементної бази та дійсного механічного навантаження. В якості вихідного матеріалу обрано склотекстоліт СФ1–35, товщиною 1,5мм.

Розрахунок параметрів електричних з'єднань. Виходячи із технологічних можливостей виробництва друкованої плати обрано комбінований позитивний метод виготовлення і перший клас точності [10].

Мінімальна ширина друкованого провідника за постійним струмом визначається за формулою

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (4.1)$$

де I_{\max} – максимальний постійний струм, що протікає в провідниках, А;

$j_{\text{дон}}$ – допустима густина струму, А/мм²;

t – товщина провідника, мм.

При t=35мкм, $j_{\text{дон}} = 48$ А/мм².

Тоді, при $I_{\max} = 0,3$ А, мінімальна ширина провідника дорівнює

$$b_{\min 1} = \frac{0,3}{48 \cdot 0,035} = 0,18 \text{ (мм)}.$$

Мінімальна ширина провідника, виходячи із допустимого падіння напруги на ньому визначається за формулою

$$b_{\min 2} = \frac{p \cdot I_{\max}}{l \cdot U_{\text{дон}}}, \quad (4.2)$$

де p – питомий об'ємний опір матеріалу провідників Ом·мм²/м;

l – довжина провідника, м;

$U_{\text{дон}}$ – допустиме падіння напруги. В.

Тоді, при $p=0,0175$ Ом·мм²/м, $l=0,15$ м, $U_{\text{дон}} = 0,3$ В.

$$b_{\min 2} = \frac{0,0175 \cdot 0,1}{0,15 \cdot 0,3} = 0,04 \text{ (мм)}$$

Мінімальна ширина провідників для односторонніх друкованих плат, що виготовлені комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунку визначається за формулою

$$b_{\min} = b_{\min 1} + 1,5 \cdot t + 0,03. \quad (4.3)$$

Таким чином, $b_{\min} = 0,18 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,26$ (мм).

Приймаємо ширину провідників $b = 0,4$ мм.

Визначаємо номінальне значення діаметрів монтажних отворів d за формулою

$$d = d_B + d_{H.B} + r, \quad (4.4)$$

де d_B – максимальний діаметр виводу встановлюваних елементів, мм;

$d_{H.B}$ – нижнє відхилення від номінального діаметру монтажною отвору, мм;

r – різниця між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром виводу елемента, мм;

Згідно [10], $d_{H.B.} = 0,05 \text{ мм}$, $r = 0,2 \text{ мм}$.

Товщина виводів елементів, які використовуються при виготовленні безфільтрового еквалайзера становить 0,6 мм.

Номінальне значення діаметрів отворів буде становити

$$d = 0,6 + 0,05 + 0,2 = 0,85 \text{ (мм)}.$$

Розраховане значення d зводимо до стандартного значення, прийємо $d = 1,0 \text{ мм}$.

Мінімальний діаметр контактних площадок для двосторонніх друкованих плат, які виготовляються комбінованим позитивним методом при фотохімічному способі отримання рисунка, визначається за формулою

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5 \cdot t_{\phi} + 0,03, \quad (4.5)$$

де t_{ϕ} – товщина фольги, мм;

$D_{1\min}$ – мінімальний ефективний діаметр площадки, який визначається по формулі

$$D_{1\min} = 2 \cdot \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_d + \delta_p \right), \quad (4.6)$$

де b_m – відстань від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, мм,

δ_d , δ_p – допуски на розташування отворів та контактних площадок відповідно, мм;

d_{\max} – максимальний діаметр просвердленого отвору, який визначається

$$d_{\max} = d + d_{H.B.} + (0,1 \dots 0,15), \quad (4.7)$$

де d – діаметр отвору, мм;

Оскільки $t_{\phi} = 0,035$ мм, а із [], $b_m = 0,035$ мм, $\delta_d = 0,08$ мм, $\delta_p = 0,02$ мм, то максимальний діаметр отвору буде становити

$$d_{\max 1} = 1,0 + 0,05 + 0,15 = 1,2 \text{ (мм)},$$

$$D_{\min 1} = 2 \cdot \left(0,035 + \frac{1,2}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,83 \text{ (мм)}.$$

Тоді, діаметр контактних площадок буде становити

$$D_{\min 1} = 1,83 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,91 \text{ (мм)}.$$

Максимальний діаметр контактних площадок визначається за формулою

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (4.8)$$

$$D_{\max 1} = 1,91 + 0,02 = 1,93 \text{ (мм)}.$$

Мінімальну відстань між двома контактними площадками визначається за формулою:

$$S_{\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_p), \quad (4.9)$$

де L_0 – відстань між центрами контактних площадок, мм.

$$S_{\min} = 2,5 - (1,93 + 2 \cdot 0,2) = 0,17 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, параметри друкованого монтажу відповідають вимогам, що ставляться до плат 1-го класу точності [10].

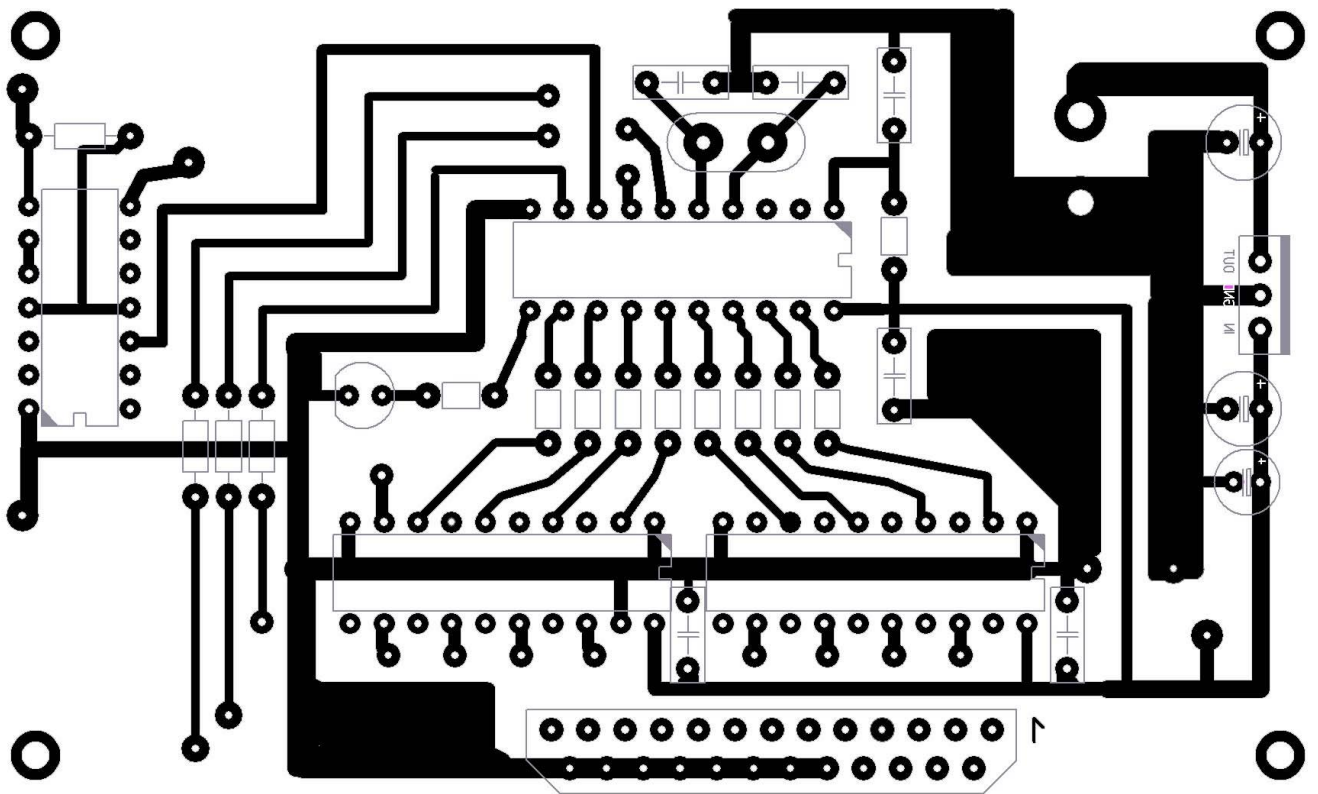


Рисунок 4.1 – Друкована плата

4.3 Аналіз електромагнітної сумісності елементів друкованої плати

Зі збільшенням швидкодії схеми все більшого значення набувають питання високочастотних зв'язків між елементами. При цьому стає обов'язковим не тільки визначення параметрів тієї або іншої лінії зв'язку (опору, ємності, індуктивності тощо), але і міри впливу їх одна на одну (паразитні ємність, взаємоіндуктивність і т.і.). Це особливо важливо в мікроелектронних виробках, бо час переключення елементів складає одиниці наносекунд і щільність розміщення мікросхем достатньо висока.

Електричні параметри елементів друкованої плати залежать від цілого ряду чинників, що в тій чи іншій мірі впливають на зміну розрахункових величин : режиму роботи схеми, матеріалу захисних покриттів, технології виготовлення і т. ін. Комплексне врахування всіх цих чинників достатньо складне і тому недоцільне на етапі проектування друкованої плати. Тут необхідний орієнтовний, з достатнім ступенем точності, розрахунок, який перевіряється і уточнюється після виготовлення і дослідження першої партії друкованих плат [10].

Метою розрахунку електромагнітної сумісності є визначення працездатності пристрою в умовах впливу перехресних перешкод в лініях зв'язку, а також зовнішніх електромагнітних полів [10].

$$\varepsilon_r = 0,5 (\varepsilon_n + \varepsilon_l), \quad (4.10)$$

де $\varepsilon_n = 6$ – діелектрична проникність стеклотекстоліту;

$\varepsilon_l = 4$ – діелектрична проникність лаку УР-231;

$$\varepsilon_r = 0,5 (6+4) = 5.$$

2. Визначаємо взаємну ємність та індуктивність провідників, які розташовані на одній поверхні друкованої плати:

$$C = \frac{1,06 \cdot \varepsilon_r}{\lg\left(\frac{2 \cdot \delta}{W + b}\right)} [\text{пФ}], \quad (4.11)$$

де $\delta = 5 \cdot 10^{-4}$ – найменша відстань між двома провідниками, м;

$W = 3,5 \cdot 10^{-5}$ - товщина провідного шару міді, м;

$b = 2,5 \cdot 10^{-4}$ - ширина провідників для третього класу точності, м;

$$C = \frac{1,06 \cdot 5}{\lg\left(\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot 10^{-5} + 2,5 \cdot 10^{-4}}\right)} = 9,72 \text{ (пФ)}.$$

Паразитна взаємоіндукція між двома друкованими провідниками M , нГн, визначається за формулою [10]:

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_2}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right) [\text{нГн}], \quad (4.12)$$

де S -відстань між провідниками, $S = 0,05$ см;

l_2 - довжина взаємного перекриття провідників, $l_2 = 1$ см;

t_1, t_2 –ширина провідників, $t_1 = t_2 = 0,025$ см.

Маємо:

$$M = 2 \cdot 1 \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 1}{0,05 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,025)} - 1 \right) = 4,57, (\text{нГн}).$$

Із запропонованих розрахунків паразитних ємностей і індуктивностей видно, що їхні параметри знаходяться в межах норми і не потрібно додаткових засобів з їх зниження.

4.4 Тепловий розрахунок пристрою

В процесі виробництва, зберігання і експлуатації пристрій зазнає дії різних температур. Сам пристрій є джерелом тепла, оскільки ККД транзисторів і мікросхем становить 50...60%, тому значна кількість енергії виділяється у вигляді тепла. Якщо ця енергія не розсіюється, то підвищується температура пристрою і зростає інтенсивність відмов.

Визначимо тепловий режим і виберемо систему охолодження згідно з методикою [11]. Початковими даними для розрахунку є наступні:

- а) внутрішні розміри пристрою: $0,09 \times 0,08 \times 0,04$ м;
- б) внутрішній об'єм пристрою $V = 29 \cdot 10^{-5}$ м³;
- в) потужність розсіювання:

$$P = P_{рез} + P_{транз} + P_{мік} + P_{дрос} + P_{варик} = 20 \cdot 0,125 + 0,22 + 3 \cdot 2 + 7 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 \approx 10,5(Bm) ;$$

г) коефіцієнт заповнення $K_{ЗАП} = 0,2$;

д) максимальна температура довкілля (вибирається за найменшою температурою з гранично допустимих для всіх елементів) $T_{max} = +85^{\circ}C = 358K$;

е) гранично допустиме перегрівання повітря в пристрої (за максимальної температури повітря $T_{пов} = 35^{\circ}C = 308K$):

$$\theta_{в.дон} = 358 - 308 = 50(K) .$$

Визначаємо коефіцієнт форми пристрою:

$$K_0 = \frac{H}{\sqrt[3]{V}} , \quad (4.13)$$

де H – висота блоку, м;

V – внутрішній об'єм пристрою, m^3 ;

$$K_0 = \frac{0,02}{\sqrt[3]{5 \cdot 10^{-5}}} = 0,252 .$$

Визначаємо площу поверхні відведення тепла за формулою:

$$S_3 = \sqrt[3]{V^2} \cdot \left(\frac{2}{K_0} + 4 \cdot K_{ЗАП} \cdot \sqrt{K_0} \right) , \quad (4.14)$$

отримаємо:

$$S_3 = \sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-5})^2} \cdot \left(\frac{2}{0,252} + 4 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{0,252} \right) = 0,011(m^2) .$$

Визначаємо питомий тепловий потік нагрітої зони:

$$q_3 = \frac{\Phi}{S_3} \left[\frac{Bm}{m^2} \right], \quad (4.15)$$

де Φ – потужність розсіювання, яка становить 40% від споживаної потужності:

$$\Phi = \Phi = 0,4 \cdot 10,2 = 4,08(Bm);$$

$$q_3 = \frac{4,08}{0,011} = 371(Bm / m^2).$$

Визначаємо перегрівання для апаратури з природною конвекцією:

$$M[\theta_B] = 35K.$$

Порівнюємо значення $\theta_{\text{в.дон}} = 50K$ і отримане значення:

$$\theta_{\text{в.дон}} > M[\theta_B],$$

а отже, забезпечено умови нормального теплового режиму, і природної конвекції для цього достатньо.

4.5 Технологічний аналіз

4.5.1 Аналіз технологічності частотоміра

Під технологічністю конструкції варто розуміти таке сполучення конструктивно-технологічних вимог, що забезпечує найбільш просте і економічне виробництво при дотриманні всіх технічних і експлуатаційних витрат. Технологічність конструкцій характеризується властивостями конструкції виробу, які

проявляються в можливості оптимальних затрат праці, засобів, матеріалів і часу при технологічній підготовці, виробництва, виготовлення, експлуатації і ремонті, в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій того ж призначення, при забезпеченні встановлених значень показників якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту [12].

Розрізняють виробничу і експлуатаційну технологічність. Виробнича технологічність конструкції виробу проявляється в скороченні затрат і часу на конструкторсько-технологічну підготовку виробництва і процесу виготовлення, включаючи контроль і випробування. Експлуатаційна технологічність полягає у скороченні затрат часу і коштів на технічне обслуговування і ремонт виробу.

Для оцінки технологічності конструкції використовують відносні часткові показники K_i і комплексний показник K_K , який розрахований по середньо-ваговому значенню відносних показників з врахуванням коефіцієнтів ϕ_i , що характеризують вагому значимість часткових показників. Значення відносних показників знаходяться в межах $0 \leq K_i \leq 1$, при цьому зростання показника відповідає більш високій технологічності виробу. Серед великої кількості конструкторських та технологічних показників існує методика розрахунку по базовим показникам в залежності від класу пристрою, що розробляється. Таких класів є чотири: електронні блоки, електромеханічні, радіотехнічні, конструктивно-розподільні [3]. Для кожної групи виробів визначена сукупність базових показників (не більше семи). Їх вибирають з врахуванням найбільшого впливу на технологічність пристрою.

Розрахунок будемо виконувати за наступними показниками (таблиця 3.1).

Базовими показниками для оцінки технологічності частотоміра є:

1. Коефіцієнт використання мікросхем:

$$K_{\text{ВИК.МС}} = \frac{H_{\text{МС}}}{H_{\text{МС}} + H_{\text{ЕРЕ}}},$$

де: H_{IMC} – кількість мікросхем у виробі,

H_{EPE} – кількість радіоелементів у виробі.

$$K_{ВИК.ІМС} = \frac{3}{3+51} = 0,05$$

Таблиця 4.1 – Показники технологічності виробу

Показник технологічності	Ваговий показник, φ_i
Коефіцієнт використання мікросхем, $K_{ВИК.ІМС}$	1
Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу, $K_{А.М}$	1
Коефіцієнт автоматизації і механізації підготування ЕРЕ, $K_{М.П.ЕРЕ}$	0,75
Коефіцієнт повторюваності ЕРЕ, $K_{ПОВТ.ЕРЕ}$	0,5
Коефіцієнт застосовності ЕРЕ, $K_{З.ЕРЕ}$	0,187

2. Коефіцієнт автоматизації і механізації монтажу:

$$K_{А.М} = \frac{H_{А.М}}{H_M},$$

де: $H_{А.М}$ – число монтажних з'єднань, що здійснюється автоматизованим та механізованим способом;

H_M – кількість контактних з'єднань.

$$K_{А.М} = \frac{189}{189} = 1,$$

3. Коефіцієнт автоматизації і механізації підготування ЕРЕ:

$$K_{M.П.ЕРЕ} = \frac{H_{M.П.ЕРЕ}}{H_{ЕРЕ}},$$

де: $H_{M.П.ЕРЕ}$ – кількість ЕРЕ, підготування і монтаж яких здійснюється механічним способом;

$H_{ЕРЕ}$ – кількість радіоелементів у виробі.

$$K_{M.П.ЕРЕ} = \frac{51}{51} = 1,$$

4. Коефіцієнт повторюваності електрорадіоелементів:

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ЕРЕ.}}{H_{ЕРЕ}},$$

де: $H_{Т.ЕРЕ}$ – число типорозмірів;

$H_{ЕРЕ}$ – кількість радіоелементів у виробі.

$$K_{ПОВТ.ЕРЕ} = 1 - \frac{15}{51} = 0,706,$$

5. Коефіцієнт застосовності ЕРЕ:

$$K_{З.ЕРЕ} = 1 - \frac{H_{Т.ОП.ЕРЕ.}}{H_{Т.ЕРЕ}},$$

де: $H_{Т.ОП.ЕРЕ.}$ – кількість типорозмірів оригінальних ЕРЕ,

$H_{Т.ЕРЕ}$ – число типорозмірів.

$$K_{З.ЕРЕ} = 1 - \frac{0}{15} = 1.$$

Технологічність виробу оцінюється комплексним показником, обумовленим на основі базових показників:

$$K = \sum_{i=1}^n K_i \cdot q_i,$$

де: K_i – розрахунковий базовий показник;

n - кількість показників;

q_i – кількість вагової значимості показника.

$$\text{Отже, } K = 0,05 \cdot 1,0 + 1,0 \cdot 1,0 + 1,0 \cdot 0,75 + 0,706 \cdot 0,5 + 1,0 \cdot 0,178 = 2,33$$

Рівень технологічності вимірювача геометричних параметрів об'єктів відповідно до ГОСТ 14.201-73, оцінюють відношенням отриманого комплексного показника до нормативного $K_H=0,55$. Відношення до K_H повинно задовольняти умові:

$$\frac{K}{K_H} > 1.$$

Підставимо отримане значення коефіцієнта технологічності виробу в умову і отримаємо:

$$\frac{2,33}{0,55} = 4,24 > 1.$$

Отже, комплексний показник повинен знаходитись в межах $0 \leq K_K \leq 1$, що відповідає нашим розрахункам. Умова виконується, отже розроблюваний вимірювач геометричних параметрів об'єктів задовольняє умовам технологічності.

4.5.2 Технологія виготовлення друкованих плат

Процеси виготовлення друкованих плат поділити на: субстрактивні, адитивні, напівадитивні.

Субстрактивний процес – одержання провідного рисунка полягає у вибіркового видаленні ділянок провідної фольги за допомогою методу травлення.

Адитивний процес – це вибіркоче осадження провідного матеріалу на основу друкованої плати.

Напівадитивний процес – здійснюється попереднє нанесення тонкого провідного покриття, котре потім видаляється з тих місць, де є проміжки.

Конструювання друкованих плат згідно ГОСТ 2375-86 здійснюється з врахуванням таких методів виготовлення:

- хімічний - для двосторонніх друкованих плат;
- позитивний комбінований – для двосторонніх друкованих плат з металізованими монтажними отворами.

Одностороння друкована плата виготовляється за допомогою хімічного методу. Даний метод здійснюється за рахунок простих операцій: нанесення фоторезисту; експонування; проявлення; травлення; зняття фоторезисту; свердління.

Виготовлення плати відбувається за наступним технологічним процесом [12]:

1 Виготовлення заготовки фольгованого склотекстоліту шляхом різання листа дисковими фрезами діаметром 100 мм і товщиною 3 мм. Швидкість різання 100...120 мм/с.

2 Підготовка поверхні для нанесення фоторезисту. Механічна і хімічна зачистка поверхні мідної фольги, зачистка липким наждаком, промивка в проточній воді, обробка в 5% розчині соляної кислоти на протязі 30 с, промивання водою.

3 Нанесення фоторезисту методом поливу на поверхню фольги з одночасним центрифугуванням і сушкою. Швидкість центрифугування складає 100...150 об/хв, температура сушки 40 – 50 °С.

4 Експонування малюнку друкованої плати за допомогою фотошаблону з негативним зображенням схеми виконується в копіювальній рамці на протязі 10...15 хв.

5 Проявлення захисного малюнку теплою водою (температура 40 – 50 °С) в ванній з ультразвуковим коливанням.

6 Задублювання захисного малюнку виконується хімічним методом в 3% розчині хромового ангідриду.

7 Травлення міді з незахищених ділянок фольги здійснюється в травильному агрегаті типу КТ-38 на протязі 15 – 18 хв, обробка плати водним розчином хлорного заліза з наступною промивкою в холодній воді.

8 Зняття захисного шару ацетоном.

9 Свердління отворів станком.

10 Зенківка, свердло діаметром 1,5 мм.

11 Сушка.

12 Промивка в 10% розчині соляної кислоти.

13 Промивка в проточній воді.

14 Сушка.

15 Покриття провідників сплавом “Розе” методом занурення в ванну (температура 95 °С).

16 Нанесення епоксидної маски.

17 Маркування.

4.5.3 Технологічний процес зборки блоку

На сучасних підприємствах при технологічній підготовці виробництва застосовують найбільш економічні технологічні процеси [9]. Варіант технологічного процесу вибирають ґрунтуючись на аналізі існуючих процесів і техно-

логічного оснащення, що дає виготовити даний блок у відповідності з технологічними вимогами. Монтажно-складальні операції здійснюються автоматичною і ручною установкою радіоелементів.

Проаналізувавши частотомір, робимо висновок, що, оскільки основними елементами плати є мікросхеми, діоди, транзистори, резистори, конденсатори, встановлені відповідно до ОСТ 4.010.030-82, то усі монтажні з'єднання доцільно здійснювати груповою пайкою.

Процес складання плати включає наступні операції:

- підготовчі, до яких також належать отримання і перевірка комплектації;
- розконсервування, відмивка захисного покриття, яке може бути здійснене вручну в спиртобензовій суміші або механізованим способом в установці;
- сушка з метою видалення вологи;
- формовка виводів елементів з допомогою спеціальних оснащення;
- лудіння виводів елементів;
- установка елементів на плату;
- механізована пайка хвилею припою;
- контроль збірки на відповідність складальному кресленню;
- промивка від залишків флюсу;
- операція настроювання;
- нанесення захисного покриття від дії вологи – лак УР-231.

5 ВИПРОБУВАННЯ РОБОТИ ЧАСТОТОМІРА НА ПОХИБКУ ВИМІРЮВАННЯ

Випробування проходив розроблений прилад, зображений на рисунку 5.1

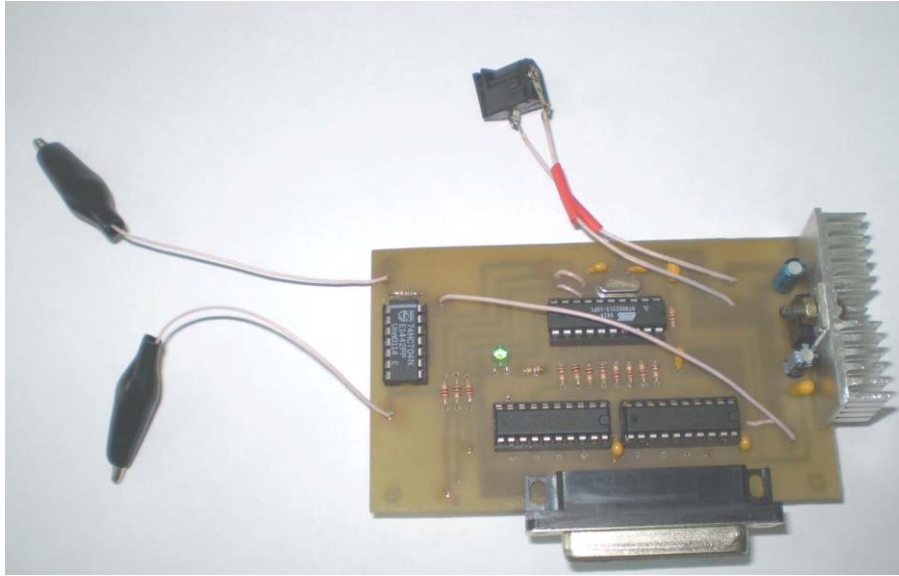


Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд розробленого пристрою

Структурна схема випробування подана на рисунку 5.2.



Рисунок 5.2– Структурна схема дослідження.

На рисунку 5.2 позначено: зразковий частотомір – частотомір ЧЗ-34А ; гГенератор – генератор ГЗ-36А ; досліджуваний частотомір – прилад , що розробляється.

Дослідження проводилось в низькочастотному діапазоні. Для проведення цього експерименту потрібно до генератора підєднати одночасно зразковий частотомір та розроблений прилад. Змінюючи частоту генератора від 0 до 30 кГц записуємо покази розробленого приладу приставки-частотоміра. Потім визначаємо абсолютну похибку вимірювання по формулі [4]

$$\Delta = F_{зр} - F_{вим}, \quad (5.1)$$

де $F_{зр}$ – частота зразкового частотоміра;

$F_{вим}$ – частота випробуємого частотоміра.

Всі дані та результати вимірювання заносимо в таблицю 5.1

Під час досліду на вхід розробленого приладу подавався сигнал виду меандр.

Таблиця 5.1 – Результати вимірювання та обчислень абсолютної та відносної похибки розробленого частотоміра

$F_{зр}$, Гц	1640	2250	2769	3656	4331	5250	6353	7302	14440	20000	32000
$F_{вим}$, Гц	1642	2250	2769	3655	4331	5280	6392	7297	14435	20201	32300
Δ	2	0	0	1	0	30	39	5	5	201	300
δ_o , %	0,12	0	0	0,027	0	0,57	0,61	0,068	0,035	1	0,9375

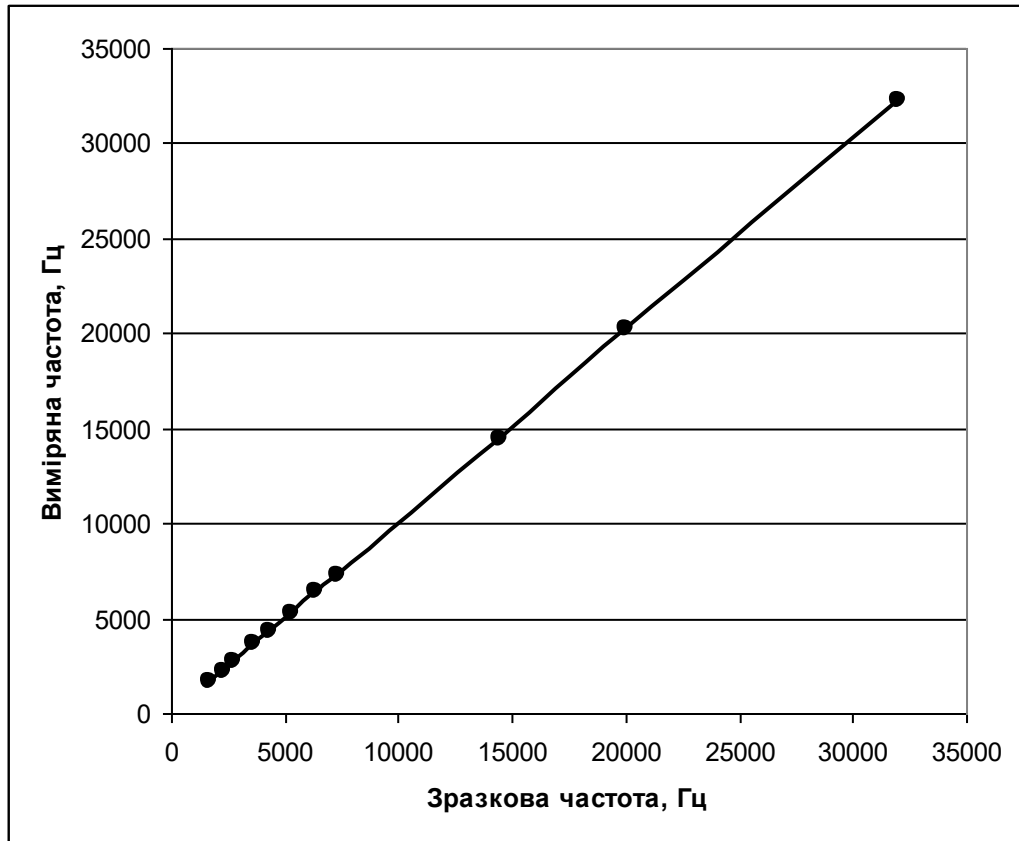


Рисунок 5.3 – Виміряна та зразкова частота

В наслідок експериментальних досліджень було встановлено, що параметри пристрою відповідають заданим по технічному завданню. Найбільша похибка в заданому діапазоні не перевищує 1%.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

Магістерська кваліфікаційна робота з розробки та дослідження «Цифровий частотомір на мікроконтролері» відноситься до науково-технічних робіт, які орієнтовані на виведення на ринок (або рішення про виведення науково-технічної розробки на ринок може бути прийнято у процесі проведення самої роботи), тобто коли відбувається так звана комерціалізація науково-технічної розробки. Цей напрямок є пріоритетним, оскільки результатами розробки можуть користуватися інші споживачі, отримуючи при цьому певний економічний ефект. Але для цього потрібно знайти потенційного інвестора, який би взявся за реалізацію цього проєкту і переконати його в економічній доцільності такого кроку.

Для наведеного випадку нами мають бути виконані такі етапи робіт:

- 1) проведено комерційний аудит науково-технічної розробки, тобто встановлення її науково-технічного рівня та комерційного потенціалу;
- 2) розраховано витрати на здійснення науково-технічної розробки;
- 3) розрахована економічна ефективність науково-технічної розробки у випадку її впровадження і комерціалізації потенційним інвестором і проведено обґрунтування економічної доцільності комерціалізації потенційним інвестором.

6.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері» є оцінювання науково-

технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 6.1 [19].

Таблиця 6.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено працездатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає

Продовження таблиця 6.1 – Рекомендовані критерії оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки та бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки потрібно звести до таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	3	4
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	2	3	2
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	2	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	4
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4
12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	3
Сума балів	35	39	37
Середньоарифметична сума балів $СБ_c$	37,0		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 6.2, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в табл. 6.3 [19].

Таблиця 6.3 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів $СБ_c$, розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вище середнього
21...30	Середній
11...20	Нижче середнього
0...10	Низький

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері» становить 37,0 бала, що,

відповідно до таблиці 6.3, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

6.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Окрім комерційного аудиту розробки доцільно також розглянути технічний рівень якості розробки, розглянувши її основні технічні показники. Ці показники по-різному впливають на загальну якість проектної розробки.

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розраховуємо за формулою [20]

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (6.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом і при

цьому має виконуватись умова $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Відносні значення β_i для різних випадків розраховуємо за такими формулами:

- для показників, зростання яких вказує на підвищення в лінійній залежності якості нової розробки:

$$\beta_i = \frac{I_{ni}}{I_{ai}}, \quad (6.2)$$

де I_{ni} та $I_{на}$ – чисельні значення конкретного i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки та аналога;

- для показників, зростання яких вказує на погіршення в лінійній залежності якості нової розробки:

-

$$\beta_i = \frac{I_{ai}}{I_{ni}}; \quad (6.3)$$

Використовуючи наведені залежності можемо проаналізувати та порівняти техніко-економічні характеристики аналогу та розробки на основі отриманих наявних та проектних показників, а результати порівняння зведемо до таблиці 6.4.

Таблиця 4.4 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований пристрій	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Діапазон вимірювання частот	Hz	10...3*10	5...3,5*10	2	0,25
Похибка вимірювання	%	5	3	1,7	0,15
Вага пристрою	кг	0,1	0,1	1	0,25
Споживана потужність, не більше	Вт	0,2	0,15	1,33	0,15
Маса	кг	0,15	0,15	1	0,2

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення складе:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 2 \cdot 0,25 + 1,7 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,25 + 1,33 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,2 = 1,40.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,40 рази.

6.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Цифровий частотомір на мікроконтролері», під час планування, обліку і калькування собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

6.3.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [19]

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (6.4)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днїв в мїсяцї, $T_p=21$ днї.

$$Z_o = 15980,00 \cdot 30 / 21 = 22828,57 \text{ (грн.)}$$

Проведенї розрахунки зведемо до таблицї 6.5.

Таблиця 6.5 – Витрати на заробїтну плату дослїдникїв

Найменування посади	Мїсячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днїв роботи	Витрати на заробїтну плату, грн
Керївник проєкту	15980,00	760,95	30	22828,57
Інженер-дослїдник електронно-вимїрювальної технїки	15550,00	740,48	10	7404,76
Інженер-електронщик	15200,00	723,81	28	20266,67
Технїк 1-ї категорїї	7000,00	333,33	21	7000,00
Всього				57500,00

Основна заробїтна плата робїтникїв

Витрати на основну заробїтну плату робїтникїв (Z_p) за вїдповїдними найменуваннями робїт НДР на тему «Цифровий частотомїр на мїкроконтролерї» розраховуємо за формулою

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (6.5)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робїтника вїдповїдного розряду, за виконану вїдповїдну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робїтника при виконаннї визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (6.6)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=6700,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [19];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 6700,00 \cdot 1,70 \cdot 1,35 / (21 \cdot 8) = 91,53 \text{ (грн.)}$$

$$З_{p1} = 91,53 \cdot 3,45 = 315,77 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$З_{доd} = (З_o + З_p) \cdot \frac{H_{доd}}{100\%}, \quad (6.7)$$

де $H_{доd}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Приймемо 11%.

$$Z_{\text{дод}} = (57500,00 + 2243,08) \cdot 11 / 100\% = 6571,74 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 6.6 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Вхідний контроль компонентів цифрового частотоміру	3,45	5	1,70	91,53	315,77
Формування електронного макету	6,00	4	1,50	80,76	484,55
Випробування моделі	0,85	3	1,35	72,68	61,78
Виготовлення друкованої плати	6,25	5	1,70	91,53	572,04
Термоформування корпусу пристрою	2,00	5	1,70	91,53	183,05
Монтаж плати	0,65	4	1,50	80,76	52,49
Монтаж блоків цифрового частотоміру	3,70	4	1,50	80,76	298,81
Наладка пристрою	0,80	5	1,70	91,53	73,22
випробування пристрою	2,20	5	1,70	91,53	201,36
Всього					2243,08

6.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{дод}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (6.8)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (57500,00 + 2243,08 + 6571,74) \cdot 22 / 100\% = 14589,26 \text{ (грн.)}$$

6.3.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері».

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (6.9)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,0 \cdot 212,00 \cdot 1,01 - 0 \cdot 0 = 642,36 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 6.7.

6.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Цифровий частотомір на мікроконтролері», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_e = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (6.10)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$K_e = \dots 1,01 = 0,00$ грн.

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір офісний	212,00	3,0	0	0	642,36
Папір для заміток	92,00	4,0	0	0	371,68
Органайзер офісний	199,00	2,0	0	0	401,98
Начиння канцелярське	142,00	3,0	0	0	430,26
Картридж для принтера	1250,00	1,00	0	0	1262,50
Диск оптичний	27,00	5,0	0	0	136,35
FLASH-пам'ять	169,00	1,0	0	0	170,69
Склотекстоліт СТФ 1 – 1.5 ДЕСТ 102-78	186,00	0,060	0	0	11,27
Травник	125,00	0,100	0	0	12,63
Припой ПОС-61 ДЕСТ 21931-86	562,00	0,010	0	0	5,68
Флюс ФКСП ОСТ	320,00	0,020	0	0	6,46
Ізольований провідник	15,00	0,950	0	0	14,39
Лак	360,00	0,050	0	0	18,18
Провід монтажний	16,00	1,250	0	0	20,20
Всього					3504,63

Таблиця 6.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Резистори			0,00
С2-23	13	3,25	42,67
Конденсатори			0,00
К-10 -17	5	4,32	21,82
К50-35	3	3,80	11,51
Мікросхеми			0,00
LM7805	1	120,00	121,20
74НС244	2	95,00	191,90
74НСТ04N	1	98,00	98,98
АТ90S2313	1	102,00	103,02
Кварц (8МГц)	1	158,00	159,58
Світлодіод АЛ307Б	1	12,00	12,12
Роз'єм DB25	1	22,00	22,22
Щупи	2	56,00	113,12
Всього			898,14

6.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проєктування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{нр.і}} \cdot K_i, \quad (6.11)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{np.i}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{спец} = 4350,00 \cdot 1 \cdot 1,01 = 4393,50 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за оди- ницю, грн	Вартість, грн
Вольтметр	1	4350,00	4393,50
Випробувальний стенд	1	6540,00	6605,40
Обладнання для виготовлення топології друкованої плати	1	9980,00	10079,80
Набір радіо монтажника	1	3680,00	3716,80
Тестер	1	2120,00	2141,20
Всього			26936,70

6.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{прог},i} \cdot C_{\text{прог},i} \cdot K_i, \quad (6.12)$$

де $C_{\text{прог},i}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог},i}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 7350,00 \cdot 1 \cdot 1,01 = 7423,50 \text{ (грн.)}$$

Отримані результати зведемо до таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Пакет Proteus PROFESSIONAL 6	1	7350,00	7423,50
Всього			7423,50

6.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{в}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (6.13)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{в}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (42899,00 \cdot 2) / (3 \cdot 12) = 2383,28 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Програмно-аналітичний комплекс на основі ПК	42899,00	3	2	2383,28
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	30999,00	3	2	1722,17
Програмні пакети Microsoft Windows, Office	9340,00	3	2	518,89
Обладнання монтажне	6550,00	5	2	218,33
Місце розробника спеціалізоване	8255,00	5	2	275,17
Офісна оргтехніка	9650,00	5	2	321,67

Продовження таблиця 6.11 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Приміщення дослідницької лабораторії	410000,00	30	2	2277,78
Принтер	6899,00	5	2	229,97
Всього				7947,24

6.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{вн}i}}{\eta_i}, \quad (6.14)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 7,50$ грн;

$K_{\text{вн}i}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{\text{вн}i} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,35 \cdot 220,0 \cdot 7,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 577,50 \text{ (грн.)}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці 6.12.

Таблиця 6.12 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Програмно-аналітичний комплекс на основі ПК	0,35	220,0	577,5 0
Графічно-обчислювальний комплекс обробки даних	0,25	220,0	412,5 0
Обладнання монтажне	0,12	30,0	27,00
Місце розробника спеціалізоване	0,10	200,0	150,0 0
Офісна оргтехніка	0,40	1,2	3,66
Принтер Epson	0,26	3,3	6,34
Вольтметр	0,06	50,0	22,50
Випробувальний стенд	0,12	50,0	45,00
Обладнання для виготовлення топології друкованої плати	0,25	12,0	22,50
Набір радіо монтажника	0,08	30,0	18,00
Всього			1285, 00

6.3.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Цифровий частотомір на мікроконтролері» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{св} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{св}}{100\%}, \quad (6.15)$$

де $H_{св}$ – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», приймемо $H_{св} = 20\%$.

$$B_{св} = (57500,00 + 2243,08) \cdot 20 / 100\% = 11948,62 \text{ (грн.)}$$

6.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{сн} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{сн}}{100\%}, \quad (6.16)$$

де $H_{сн}$ – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», приймемо $H_{сн} = 30\%$.

$$B_{сн} = (57500,00 + 2243,08) \cdot 30 / 100\% = 17922,92 \text{ (грн.)}$$

6.3.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$I_g = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ig}}{100\%}, \quad (6.17)$$

де H_{ig} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{ig} = 50\%$.

$$I_g = (57500,00 + 2243,08) \cdot 50 / 100\% = 29871,54 \text{ (грн.)}$$

6.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою

$$B_{нзв} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (6.18)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 102\%$.

$$B_{нзв} = (57500,00 + 2243,08) \cdot 102 / 100\% = 60937,94 \text{ (грн.)}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Цифровий частотомір на мікроконтролері» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою

$$B_{заг} = Z_o + Z_p + Z_{оод} + Z_n + M + K_e + B_{снец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сн} + I_e + B_{нзв}. \quad (6.19)$$

$$B_{заг} = 57500,00 + 2243,08 + 6571,74 + 14589,26 + 3504,63 + 898,14 + 26936,70 + 7423,50 + 7947,24 + 1285,00 + 11948,62 + 17922,92 + 29871,54 + 60937,94 = 249580,31 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою

$$ZB = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (6.20)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,9$.

$$ZB = 249580,31 / 0,9 = 277311,46 \text{ (грн.)}$$

6.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнюючим позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку.

Результати дослідження проведені за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

В цьому випадку основу майбутнього економічного ефекту будуть формувати такі показники:

ΔN – прогнозоване зростання кількості реалізованої продукції завдяки використанню нової чи модернізованої технології, завдяки покращенню їх певних характеристик у році що аналізується;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	500	850	1300	950

N – кількість споживачів які використовували аналогічний продукт у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 7500 осіб;

C_o – ціна продукції у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 6500,00 грн;

$\pm\Delta C_o$ – зміна ціни реалізації продукції від впровадження результатів науково-технічної розробки. Зміна ціни враховує підвищення якості продукції та зміну собівартості: $\pm\Delta C_o = C_o \cdot (k - 1) - (\pm\Delta S)$, де k – коефіцієнт зміни якості продукції, прийmemo 1,40. $\pm\Delta S$ – зміна собівартості виготовлення продукції від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 2500,00 грн.

Тоді величина $\pm\Delta C_o = 6500,00 \cdot (1,40 - 1) - (2500,00) = 129,25$ грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [19]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (6.21)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).

Прийmemo $\rho = 38\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (129,25 \cdot 7500,00 + 6629,25 \cdot 500) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1107962,35 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (129,25 \cdot 7500,00 + 6629,25 \cdot 1350) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2565295,57 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (129,25 \cdot 7500,00 + 6629,25 \cdot 2650) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 4794158,14 \text{ (грн.)}$$

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (129,25 \cdot 7500,00 + 6629,25 \cdot 3600) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 6422942,33 \text{ (грн.)}$$

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $\Pi\Pi$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (6.22)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=0,25$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} III &= 1107962,35/(1+0,25)^1 + 2565295,57/(1+0,25)^2 + 4794158,14/(1+0,25)^3 + \\ &+ 6422942,33/(1+0,25)^4 = 886369,88 + 1641789,17 + 2454608,97 + 2630837,18 = \\ &= 7613605,19 \text{ (грн.)}. \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (6.23)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=2$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 277311,46 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 \cdot 277311,46 = 554622,91 \text{ (грн.)}.$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = III - PV \quad (6.24)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 7613605,19 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 554622,91 грн.

$$E_{abc} = ПП - PV = 7613605,19 - 554622,91 = 7058982,28 \text{ (грн.)}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_g = T_{ж} \sqrt[1 + \frac{E_{abc}}{PV}] - 1, \quad (6.25)$$

де E_{abc} – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 7058982,28 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 554622,91 грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_g = T_{ж} \sqrt[1 + \frac{E_{abc}}{PV}] - 1 = (1 + 7058982,28/554622,91)^{1/4} - 1 = 0,92.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій τ_{min} :

$$\tau_{min} = d + f, \quad (6.26)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, прийmemo 0,24.

$\tau_{\min} = 0,1 + 0,24 = 0,34 < 0,92$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_g , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_g}, \quad (6.27)$$

де E_g – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 0,92 = 1,08 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

6.4 Висновки до розділу

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері» становить 37,0 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 1,40 рази.

Також термін окупності становить 1,08 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Цифровий частотомір на мікроконтролері».

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблявся мікропроцесорний частотомір, який є приставкою до ЕОМ. Він складається з двох основних частин: має, так звану, “віртуальну” частину та матеріальну. До ЕОМ підмикається пристрій, який являє собою невід’ємну частину віртуального приладу. Цей пристрій реалізує такі функції вимірювального приладу, як формування стабільних часових інтервалів, вхідний формувач сигналу, лічильник імпульсів. Для реалізації на ЕОМ залишаються лише функції індикації (відображається результат вимірювання: частоти, періоду, довжини імпульсів) та керування пристроєм.

Було проведено літературний огляд, в якому були розглянуті сучасні методи вимірювання частоти, в результаті чого був обраний електронно – лічильний метод, що реалізується на застосуванні мікроконтролера, який виконує вимірювання за допомогою своїх апаратно-програмних ресурсів і при цьому сильно мінімізуються апаратні затрати частотоміра. Вся сучасна електроніка в при побудові частотомірів в більшості випадків використовує інтегральні мікросхеми – це дає ряд переваг:

- зменшення масо-габаритних показників;
- висока надійність;
- підвищена технологічність виготовлення пристрою;
- зменшення загальної кількості окремих елементів
- наявність великої кількості серій та окремих марок мікросхем які для своєї роботи потребують мінімальну кількість додаткових елементів;

До персонального ЕОМ типа IBM PC пристрій сполучення підмикається за допомогою стандартного зовнішнього паралельного інтерфейсу типу LPT, цей засіб входить в базову конфігурацію ЕОМ.

Вибір інтерфейсу LPT дозволяє розташувати пристрій сполучення (до того ж пристрій сполучення будь-якої складності) на відстані від ЕОМ. На відміну від варіанту, коли прилад розташований всередині корпусу комп’ютера,

досягається захист від завад, які створює РС. При цьому дещо зменшується швидкість передачі даних, та потребується джерело живлення. Але використання таких пристроїв підвищує надійність всієї системи. Так як інтенсивність обміну не є дуже високою, то використання інтерфейсу LPT є виправданим.

В економічній частині роботи було обчислено науково-технічний рівень розробки, її комерційний потенціал та економічну ефективність, а також витрати на її здійснення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кофанов В.Л. Математичні та схемотехнічні основи цифрових пристроїв. Навч. посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 165 с.
2. Генератори електричних сигналів — Режим доступу до журн.: <http://www.twirpx.com/file/769611/>.
3. Щупляк Н. М. Основи електроніки та мікроелектроніки./ Н. М. Щупляк. Книга 2. – Дрогобич: 2012. – 217с.
4. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник.2-е вид – Київ: «Каравела», 2009р. 2
5. Руденко В.С., Ромашков В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка – Київ: Либідь, 1993р.
6. Будіщев М..С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка – Львів: Афіша, 2001р.
7. Цифрова схемотехніка електронних систем. Підручник / В.І., Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.В. Багрій, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. 3-те вид. допов. і переробл.– К.: Вища школа, 2010. – 426 с. (гриф надано МОН України – протокол № 1.4/18-Г-414 від 14.02.2008 р.). ISBN 966-642-193-3.
8. Пащенко Е.І. Радіопередавальні пристрої. Принципи побудови і основи експлуатації радіопередавальних пристроїв: Навчальний посібник / Е.І. Пащенко, О.В. Андреев -Житомир: ЖВІРЕ, 2006. - 176 с.
9. Ткачук В.М. Радіопередавальні пристрої: Навчальний посібник / В.М. Ткачук, С.М. Цирульник, Т.А. Петренко. – Вінниця: ВТК, 2015. - 188 с.
10. Пащенко Е.І. Пристрої генерування та формування сигналів. Частина 1. Навчальний посібник – Житомир: ЖВІРЕ. 2000. – 144 с.
11. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

12. Лободзінська Р.Ф., Костюк О.А., Нікольський О.І., Шеремета О.П. Конструювання і технологія радіоелектронних засобів. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 91 с.

13. Елементна база радіоелектронної апаратури. Пасивні радіокомпоненти: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. О. Піддубний, І. О. Товкач. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 99 с..

14. Технологія приладобудування: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи» приладобудівного ф-ту/Уклад.: Автори: Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 128 с.

15. Панфілов І.П. Компонентна база радіоелектронної апаратури: навч. посіб.; модуль 2 / Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 192 с.

16. Новиков А. О. Основи теорії надійності та стандартизації виробів електронної техніки : навчальний посібник / А. О. Новіков, Шубін О. В. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 152 с.

17. Калінін В. І., Костюк О. А., Грудін А. А. Математичні моделі та методика оцінки експлуатаційної надійності елементів і виробів електронної техніки. Частина I, II, III. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 1999. – 71с.

18. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник: Навч. посібник / За ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. – К.: Вища шк., 1999. – 838 с.

19. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

20. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепка – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

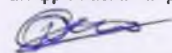
Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ЦИФРОВИЙ ЧАСТОТОМІР НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ

Виконав: студент 2-го курсу, групи КІВТ-22м
спеціальності 152 – Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка

шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Стець Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ІРТС



Семенова О.О.

(прізвище та ініціали)

« 15 » 12 2023 р.



Рисунок 1 – Структурна схема пристрою

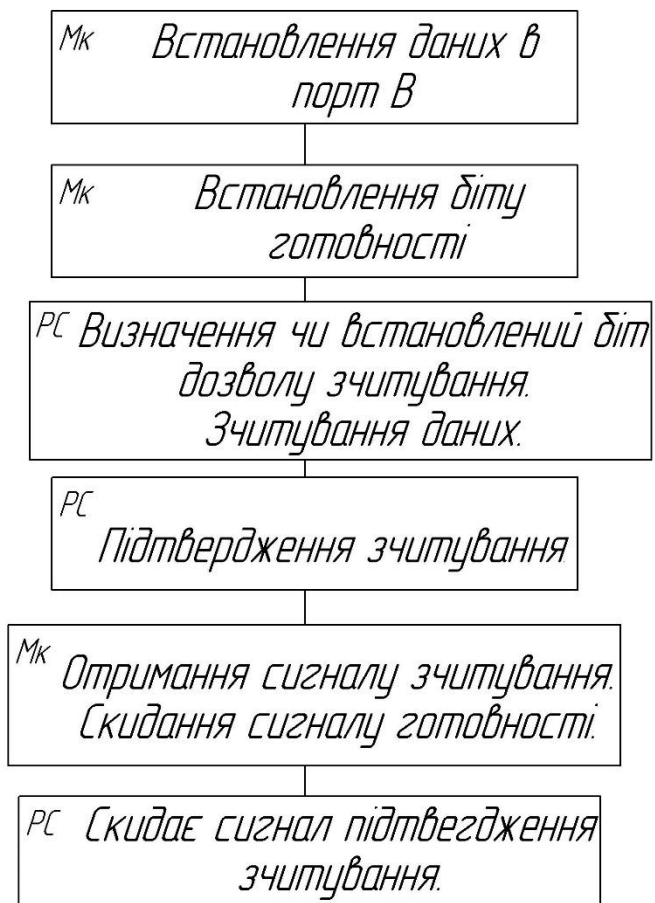


Рисунок 2 – Алгоритм передачі даних між комп'ютером та мікроконтролером

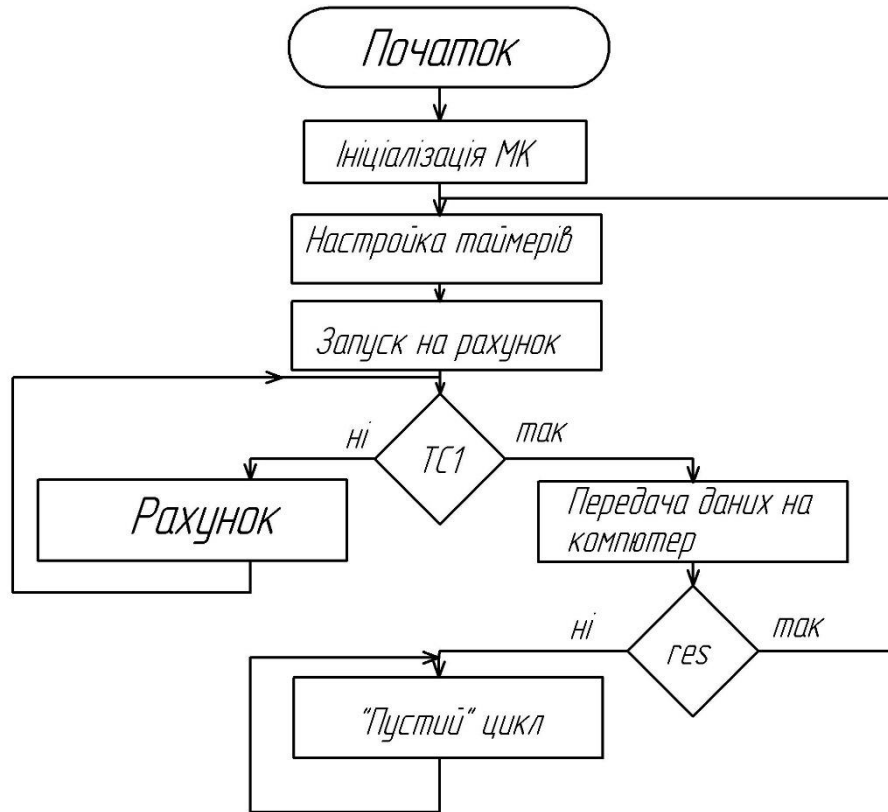


Рисунок 3 – Алгоритм роботи пристрою

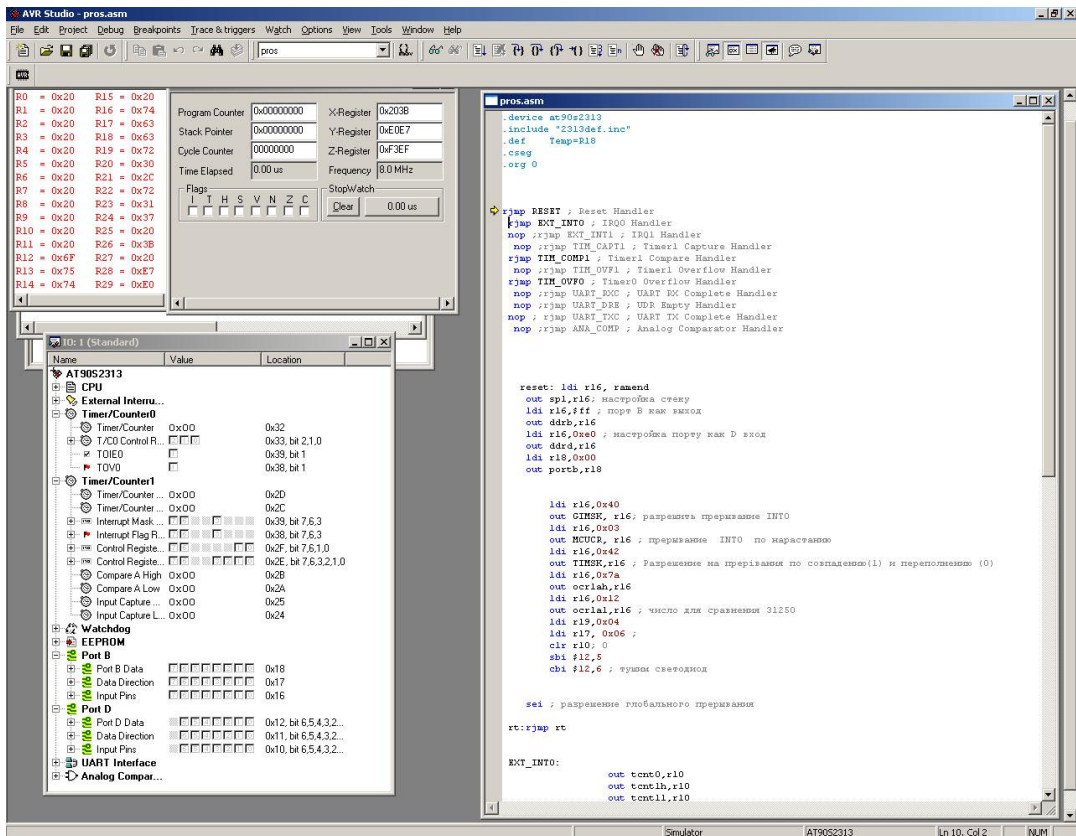


Рисунок 4 – Робоче вікно програми AVRStudio

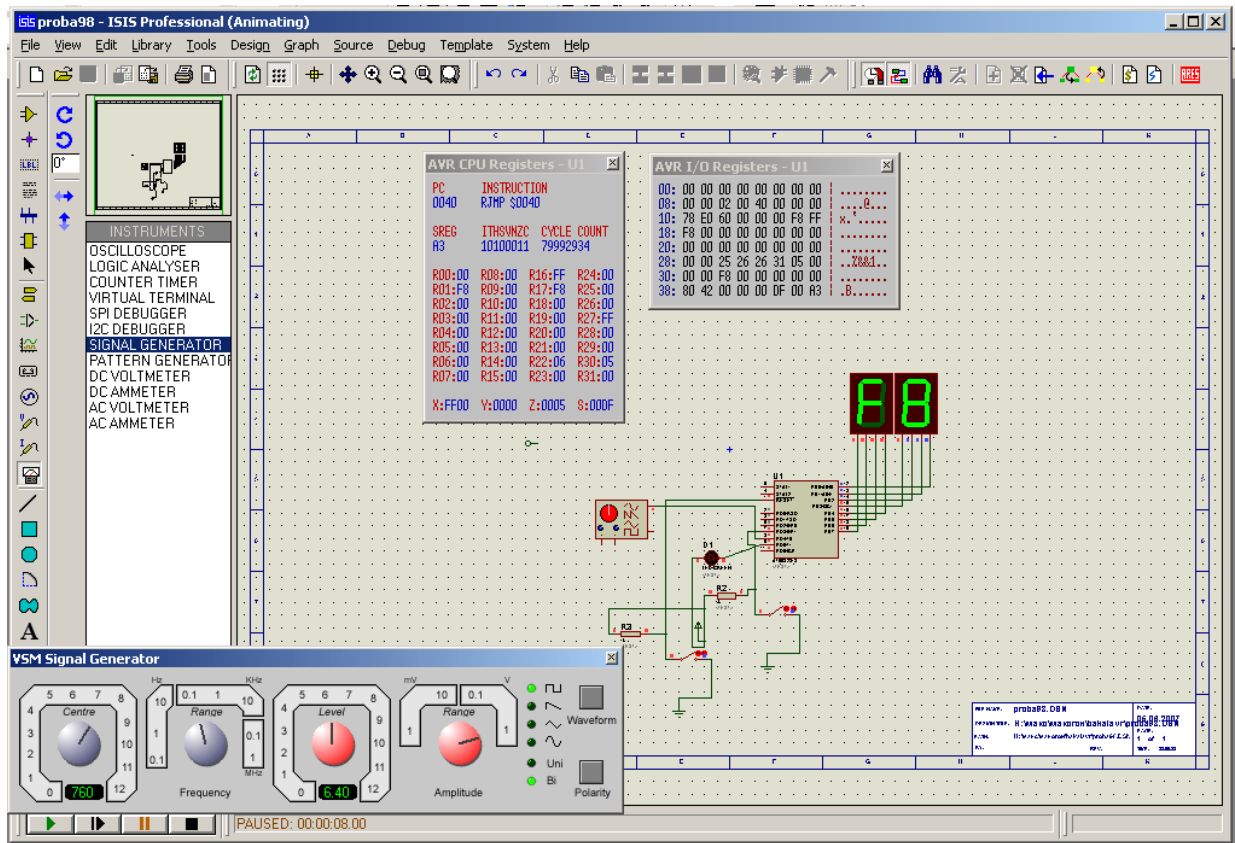


Рисунок 5 – Моделювання роботи частотоміра

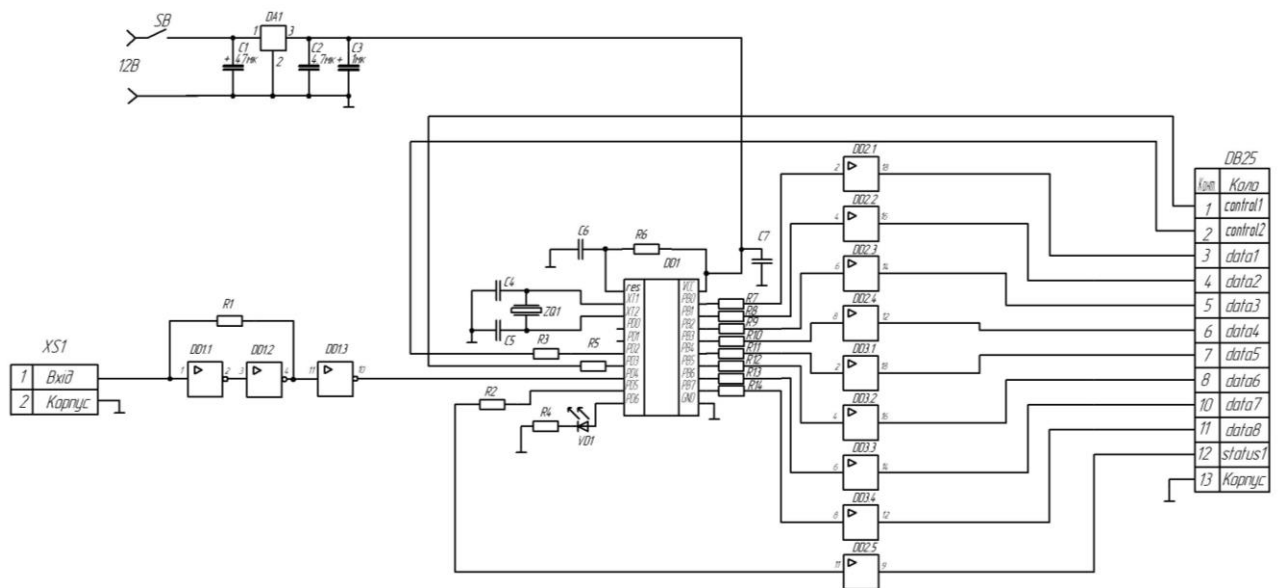


Рисунок 6 – Схема електрична принципова

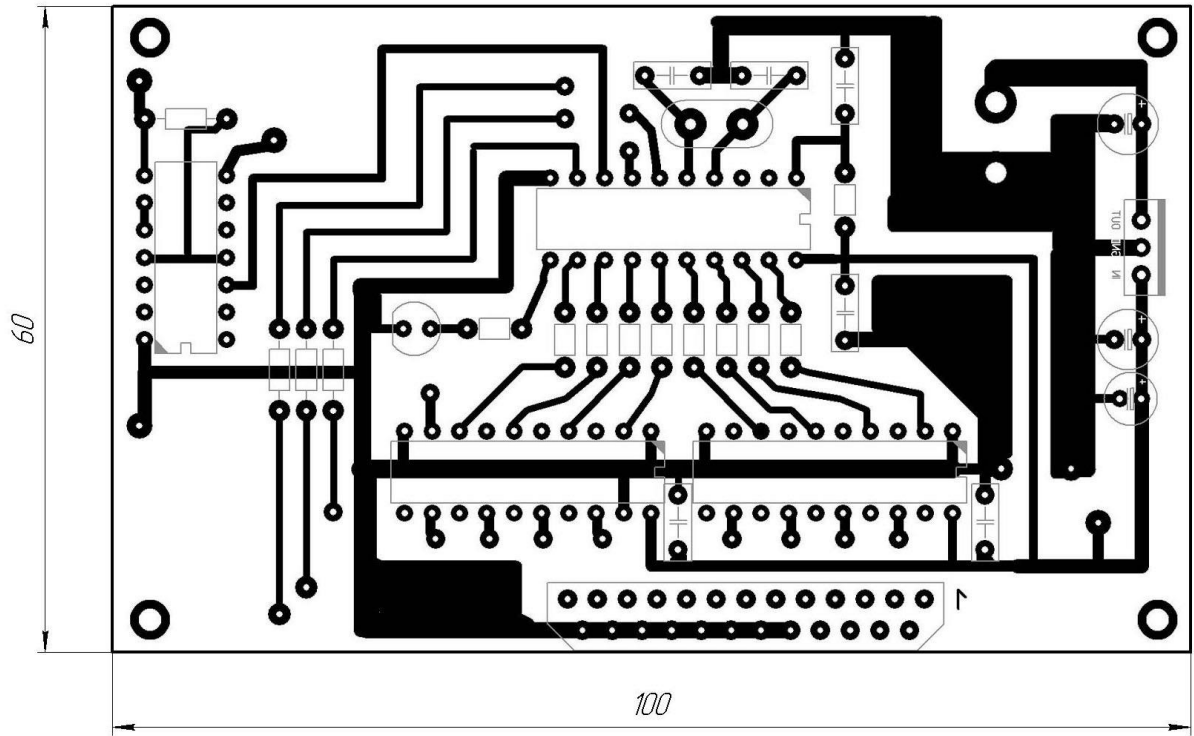


Рисунок 7 – Друкована плата

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ

ЦИФРОВИЙ ЧАСТОТОМІР НА МІКРОКОНТРОЛЕРІ

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: «Цифровий частотомір на мікроконтролері»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра ІРТС
(кафедра, факультет)

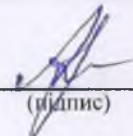
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 89,4% Схожість 10,6%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.


Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Звягін О.С.
(прізвище, ініціали)


Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Стець Д.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Семенова О.О.
(прізвище, ініціали)