

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

О. Ю. Мирончук
О. О. Шпилька

**ПРОЕКТУВАННЯ
МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ПРИСТРОЇВ В
РАДІОТЕХНІЧНИХ
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами
«Радіотехнічні комп'ютеризовані системи», «Інформаційна та комунікаційна
радіоінженерія», «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки»
спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент *Пільтяй Степан Іванович*, канд., техн. наук, доц., доцент
кафедри радіоінженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний
редактор *Жук Сергій Якович*, д-р техн. наук, професор

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 23.02.2023 р.)
за поданням Вченої ради радіотехнічного факультету (протокол № 01/2023 від 30.01.2023 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

*Мирончук Олександр Юрійович, PhD
Шпилька Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент*

ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНИХ ПРИСТРОЇВ В РАДІОТЕХНІЧНИХ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних комп'ютеризованих системах. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / О.Ю. Мирончук, О.О. Шпилька; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,88 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 16 с.

Навчальний посібник містить завдання і рекомендації для виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних комп'ютеризованих системах».

© О. Ю. Мирончук, О. О. Шпилька 2023
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	4
ВСТУП	5
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА РЕАЛІЗАЦІЯ ГОДИННИКА..	6
ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ	11
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	12
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ.....	13
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14
ДОДАТОК А.....	16

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ПК	персональний комп'ютер
RGB	red, green, blue
LED	light-emitting diode
UART	universal asynchronous receiver-transmitter
USB	universal serial bus
LCD	liquid crystal display
САПР	система автоматизованого проектування
АЦП	аналого-цифровий перетворювач
ADC	analog to digital converter
GND	ground
PWM	pulse-width modulation

ВСТУП

Навчальний посібник призначений для навчання здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи», «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія», «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки» спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка».

Посібник містить теоретичні відомості, завдання і рекомендації до оформлення та виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних комп'ютеризованих системах».

Розрахунково-графічна робота виконується на відлагоджувальній платі для мікроконтролера ATmega16 від компанії Atmel із використанням середовища для розробки програмного забезпечення, яке у вільному доступі надає виробник. Виконання розрахунково-графічної роботи спрямоване на підвищення професійних умінь і навичок студентів у сферах embedded engineering і embedded software development.

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

РЕАЛІЗАЦІЯ ГОДИННИКА

Мета роботи: закріпити отримані знання і здобути практичний досвід реалізації мікроконтролерних пристроїв шляхом реалізації функціоналу пристрою годинника згідно поставленого технічного завдання.

Основою для реалізації годинника являється таймер. Таймер може тактуватися як від загальної схеми тактування мікроконтролера, так і від зовнішнього джерела тактових імпульсів. На практиці для реалізації годинників реального часу для підвищення точності вимірювань часових інтервалів в якості джерела тактових імпульсів використовується кварцовий резонатор з частотою 32768 Гц. Використання кварцового резонатора з таким значенням частоти зумовлено тим, що число 32768 являється степенню двійки і на 15 розрядному двійковому лічильнику можна легко отримати інтервал часу 1 с. Через це кварцовий резонатор з частотою 32768 Гц ще називають «годинниковим кварцом». Кварцові резонатори забезпечують високу стабільність частоти, через що широко застосовуються на практиці. Зовнішній вигляд кварцового резонатора в корпусі HC-49 зображено на рис. 1.



Рис. 1 Кварцовий резонатор в корпусі HC-49

Вимірювання часу мікроконтролером можна реалізувати без застосування додаткового годинникового кварцу. Мікроконтролер ATmega16 у своєму складі містить внутрішній RC генератор тактових імпульсів, який може працювати на

частотах 1, 2, 4 або 8 МГц. Тактуючи таймер мікроконтролера з частотою 1 МГц значення лічильного реєстра інкрементуватиметься з інтервалом 1 мкс. Підрахунок 1000 тактових імпульсів виконуватиметься за 1 мс, що являтиметься основою для подальшого підрахунку часу.

Слід відмітити, що стабільність частоти внутрішніх RC генераторів суттєво нижча, однак її цілком достатньо для вирішення задач, які не мають вимог до високої точності часової синхронізації. У технічному завданні на виконання розрахунково-графічної роботи немає вимоги забезпечення високої точності, тому даний підхід може бути використаний для реалізації пристрою.

Для зміни значення поточного часу, вибору режиму роботи та інших налаштувань необхідно мати органи керування пристроєм. Згідно вимог технічного завдання керування повинно здійснюватися за допомогою 2-х кнопок. Алгоритм управління пристроєм можна реалізувати застосовуючи механізм зовнішніх переривань, так як на відлагоджувальній платі кнопки під'єднані до портів вводу/виводу, які дозволяють це зробити.

Ще одним підходом реалізації органів керування мікроконтролерним пристроєм являється підключення декількох кнопок до входу АЦП мікроконтролера. Можливий варіант схеми підключення декількох кнопок до входу АЦП мікроконтролера зображено на рис. 2.

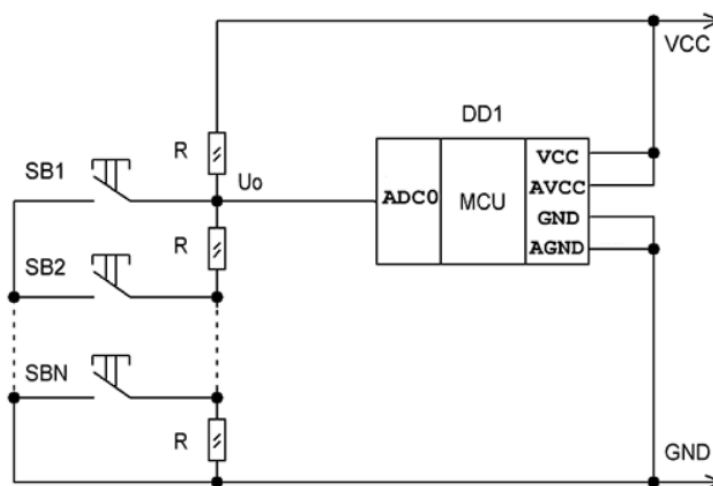


Рис. 2 Схема підключення декількох кнопок до входу АЦП мікроконтролера

В основі даного підходу лежить резистивний подільник напруги. Як видно з рис. 2, усі опори подільника мають однаковий номінал. Натискування кнопки визначається зміною значення напруги U_0 на вході АЦП.

У випадку, коли жодна із кнопок не натиснута, рівень напруги на вході АЦП розраховується за виразом

$$U_0 = \frac{R \cdot N}{R \cdot (N + 1)} \cdot VCC = \frac{N}{N + 1} \cdot VCC, \quad (1)$$

де N - загальна кількість кнопок.

Значення напруги на вході АЦП в залежності від номера натиснутої кнопки розраховується за виразом

$$U_0 = \frac{M - 1}{M} \cdot VCC, \quad (2)$$

де M - номер натиснутої кнопки.

Попередньо розраховані значення напруг фіксуються в програмі мікроконтролера. Рішення про те, яка кнопка натиснута, приймаються в результаті аналізу даних із АЦП.

Даний спосіб підключення кнопок являється найефективнішим з точки зору економії портів вводу/виводу мікроконтролера, через що він часто використовується інженерами на практиці.

При реалізації функціоналу будильника або таймера зворотнього відліку існує необхідність сповіщення користувача про настання події. Реалізація сповіщення може бути викона світловим, або звуковим індикатором (можливо і обома одночасно). В якості світлового індикатора можуть використовуватися світлодіоди, в тому числі RGB. Щоб привернути увагу користувача можна реалізувати сповіщення у вигляді світлового мерехтіння.

Для реалізації сповіщення звуковим сигналом може бути використаний п'єзодинамік. Одним із варіантів такого рішення може бути модуль з активним п'єзодинаміком Active buzzer, вигляд якого зображено на рис. 3. Даний модуль містить внутрішній генератор з робочою частотою 2 кГц. Для роботи достатньо

подати на плату напругу живлення і керуючий сигнал (логічний 0 на вхід I/O). Можуть бути використані також модулі з п'єзодинаміком, які не містять внутрішнього генератора. В такому випадку звуковий сигнал необхідно генерувати таймером в режимі PWM.



Рис. 3 Модуль з активним п'єзодинаміком Active buzzer

Завдання до рорахунково-графічної роботи можна виконати як на основі відлагоджувальної плати так і самостійно виготовивши плату пристрою. При самостійному виготовленні плати пристрою для початківців зручно використовувати мікросхеми мікроконтролерів в корпусах DIP в парі із посадочною панеллю відповідного розміру. Мікроконтролер ATmega 16 в DIP корпусі і посадочна панель під нього зображені на рис. 4.

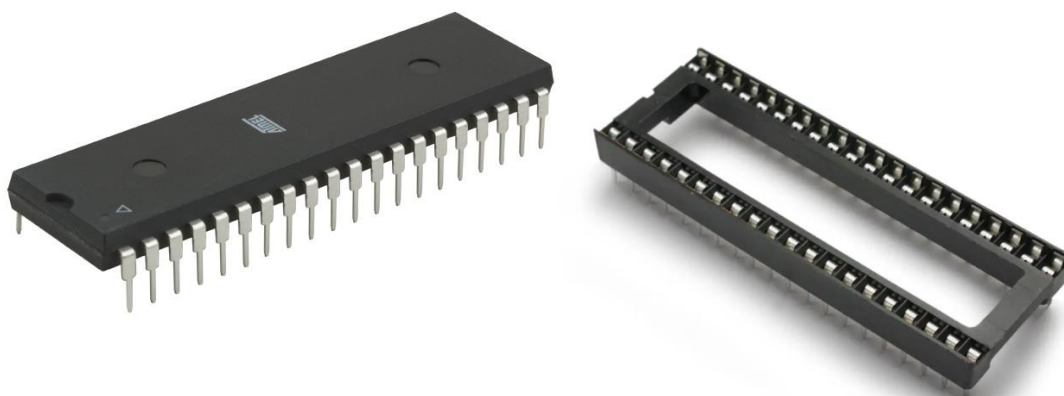


Рис. 4 Мікроконтролер ATmega 16 в DIP корпусі

Монтаж радіоелектронних компонентів із розробленої електричної схеми і розведення доріжок, що їх поєднують, може бути виконано на макетній платі

із застосуванням засобів для пайки. Приклад зпаяного пристрою на макетній платі зображено на рис. 5.

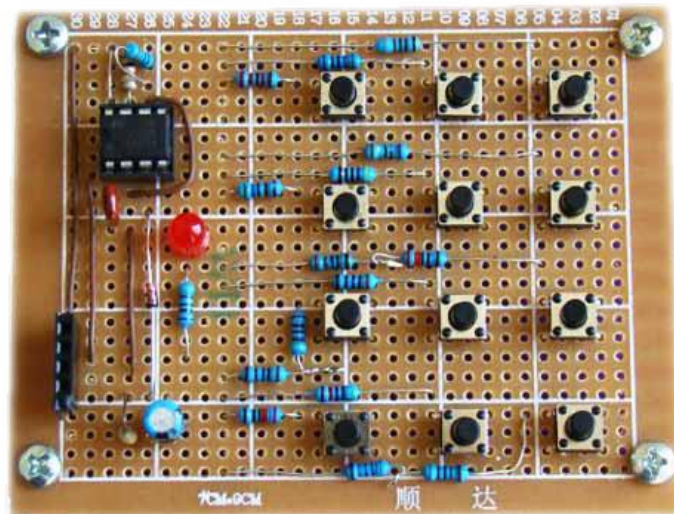


Рис. 5 Пристрій зпаяний на макетній платі

Мікросхеми в корпусі DIP також можуть використовуватися для реалізації пристроїв на макетних платах із застосуванням роземного з'єднання провідниками. Приклад мікроконтролерного пристрою зібраного на макетній платі із застосуванням роземного з'єднання провідниками зображено на рис. 6.

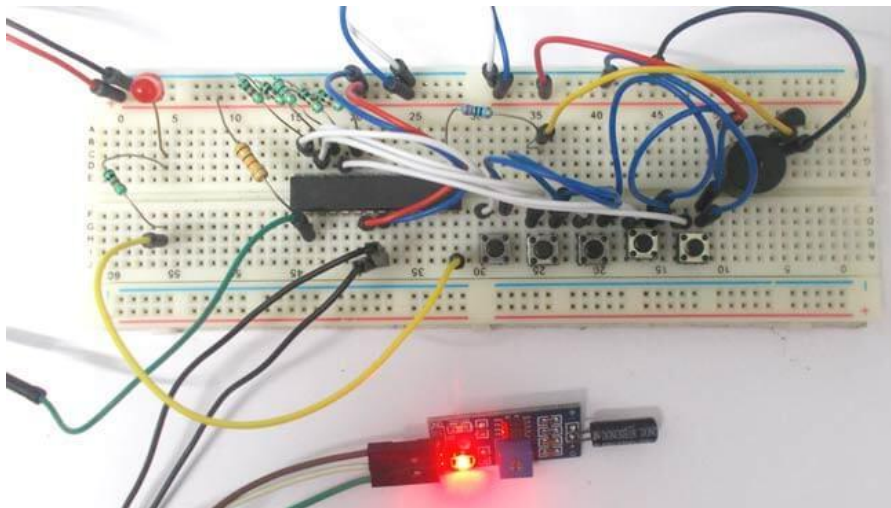


Рис. 6 Пристрій зібраний на макетній платі

Більш професійним підходом до виконання рорахунково-графічної роботи може бути виготовлення власної друкованої плати шляхом проектування в спеціалізованих САПР і застосування методу термічного пресування (наприклад лазерно-праскова технологія).

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1. Найменування та призначення пристрою

Годинник. Призначений для вимірювання часових інтервалів та відображення інформації про поточний час користувачеві.

2. Привід для розробки

Приводом для розробки є завдання на розрахунково-графічну роботу, видане кафедрою РТС КПІ ім. Ігоря Сікорського.

3. Мета розробки

Метою розробки є створення електричної схеми та програмного забезпечення годинника, функціонал якого може бути реалізований на відлагоджувальній платі або на самостійно виготовленій платі. Годинник повинен мати органи керування, відображати дані на пристрій індикації і мати додаткові функції, що визначені індивідуальним завданням.

4. Джерела розробки

Джерелами розробки є матеріали науково-технічної та патентної інформації в області розробки та проектування вимірювальної техніки, нормативно-технічна документація, статті, публікації по темі.

5. Технічні вимоги

- Пристрій повинен живитися постійною напругою 5В;
- Керування пристроєм повинно виконуватися за допомогою кнопок;
- Пристрій повинен мати додаткові функції, визначені індивідуальним завданням;
- Інформація про поточний час та додаткові функції повинна виводитися на пристрій індикації;
- Зміна години повинна супроводжуватися бликами світлодіода (кількість бликів відповідає новому значенню години);
- Пристрій повинен мати можливість відправляти інформацію про час на ПК через інтерфейс UART;

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

№	Пристрій індикації	Додаткові функції	Спосіб налаштування часу
1	Символьний LCD	Будильник	UART
2	Семисегментний індикатор	Будильник	UART
3	Символьний LCD	Секундомір	Кнопки
4	Символьний LCD	Вологість повітря	Кнопки
5	Семисегментний індикатор	Таймер зворотного відліку	Кнопки
6	Символьний LCD	Таймер зворотного відліку	Кнопки
7	Семисегментний індикатор	Температура	UART
8	Семисегментний індикатор	Будильник	Кнопки
9	Символьний LCD	Дата	UART
10	Семисегментний індикатор	Секундомір	UART
11	Семисегментний індикатор	Вологість повітря	Кнопки
12	Семисегментний індикатор	Дата	UART
13	Семисегментний індикатор	Секундомір	Кнопки
14	Семисегментний індикатор	Дата	Кнопки
15	Символьний LCD	Секундомір	UART
16	Символьний LCD	Температура	UART
17	Семисегментний індикатор	Температура	Кнопки
18	Символьний LCD	Вологість повітря	UART
19	Символьний LCD	Температура	Кнопки
20	Семисегментний індикатор	Таймер зворотного відліку	UART
21	Символьний LCD	Дата	Кнопки
22	Семисегментний індикатор	Вологість повітря	UART
23	Символьний LCD	Таймер зворотного відліку	UART
24	Символьний LCD	Будильник	Кнопки

РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Результатом виконання розрахунково-графічної роботи є документальний звіт і програмний код прошивки для мікроконтролера, написаний в середовищі розробки програмного забезпечення AVR Studio 5.1 для мікроконтролерів виробництва компанії Atmel.

Оцінка за виконання розрахунково-графічної роботи виставляється по результатах її захисту. Під час захисту оцінюється якість звіту, дієздатність прошивки мікроконтролера, структура коду програми прошивки мікроконтролера.

Дієздатність коду прошивки демонструється на відлагоджувальній платі із використанням необхідних додаткових модулів при аудиторному форматі навчання або на програмі симуляторі у випадку дистанційного формату навчання.

Звіт про виконання розрахунково-графічної роботи повинен мати наступну структуру:

- титульний лист;
- зміст;
- опис використаної для реалізації пристрою елементної бази;
- структурна схема пристрою;
- схема електрична-принципова пристрою;
- блок-схеми основних алгоритмів роботи програми;
- інструкція по керуванню пристроєм для користувача;
- програмний код прошивки;
- висновки.

Зразок титульної сторінки звіту про виконання розрахунково-графічної роботи наводиться в додатках. Схема електрична-принципова повинна бути виконана в САПР. Програмний код прошивки повинен містити коментарі, які описують головні складові програми і розроблених алгоритмів.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Atmel-8154C-8-bit-AVR-ATmega16A_Datasheet-07/2014

2. Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних комп'ютеризованих системах. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / О.Ю. Мирончук, О.О. Шпилька; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 53 с.

3. Бруско, А. В. і Мирончук, О. Ю. (2022) «ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ БАГАТОЗАДАЧНОСТІ НА ПЛАТФОРМАХ RASPBERRY PI ТА ARDUINO», Вісник Вінницького політехнічного інституту, (5), с. 80–85. doi: 10.31649/1997-9266-2022-164-5-80-85.

4. Адаменко В. О. Вступ до спеціальності. Інструкції до практичних занять [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / В. О. Адаменко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 107 с.

5. Інформатика. Основи програмування та алгоритми. Мова програмування С. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки», «Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія», «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи», «Інформаційне забезпечення роботехнічних систем» спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніки 126 Інформаційні системи та технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. В. Вишневий, П. Ю. Катін, Є. В. Крилов. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 221 с.

6. Muhammad AM, Sarmad N, Sepehr N "The AVR microcontroller and embedded systems using assembly and C". Prentice Hall, London. 2011.
7. E. Williams, "AVR Programming: Learning to Write Software for Hardware" in , Jan 2014.
8. Joe Pardue, SmileyMicros.com, "C Programming for Microcontrollers". © 2005 by Joe Pardue, ISBN 0-9766822-0-6.
9. Grace, T.: Programming and Interfacing ATMEL ® AVR ® Microcontrollers. Cengage Learning .2016
10. Barrett, S.F.: Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller: Part I. Morgan & Claypool. 2010

ДОДАТОК А
ЗРАЗОК ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

з дисципліни «Проектування мікроконтролерних пристроїв в радіотехнічних
комп'ютеризованих системах»
на тему «Реалізація годинника»

Виконав (ла):
студент (ка) РТФ
групи _____
ПІБ

Київ – 20__