

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА**  
**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

НА ТЕМУ:

«Розроблення діагностичних програм для мікроконтролерів AVR»

Освітньо-кваліфікаційний рівень “бакалавр”  
Напрямок підготовки 6.050102 – “Комп’ютерна інженерія”

Керівник проекту:	_____	Кардашук В. С.
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Консультант з охорони праці:	_____	Критська Я. О.
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Студент:	_____	Ульянова С. С.
	(підпис)	(ініціали, прізвище)
Група:		КІ-13 з _____

Севєродонецьк 2017

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра комп'ютерної інженерії  
Напрямок підготовки 6.050102 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри КІ

\_\_\_\_\_ І.С. Скарга-Бандурова

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2017 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Ульяновій Світлані Сергіївні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Розроблення діагностичних програм для мікроконтролерів AVR»  
затверджена наказом по інституту від «15» травня 2017 р. № 125/48
2. Термін подання студентом закінченого проекту (роботи): 15.06.2017 р.
3. Початкові дані до проекту (роботи): матеріали переддипломної практики
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):  
Розробити діагностичні програми для перевірки функціонування основних вузлів мікроконтролерів AVR з використанням інструментального середовища налаштування AVR Studio 4.  
Основна частина повинна містити постановку задачі, короткі теоретичні відомості, опис елементної бази мікроконтролерів, розробку програмного забезпечення, алгоритми роботи, додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень): немає

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Критська Я. О., асистент кафедри комп'ютерної інженерії		

7. Дата видачі завдання 15.05.2017 р.

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ (підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Отримання завдання, збір матеріалів	15.05.17 – 21.05.17	
2.	Огляд літератури й обґрунтування необхідності розроблення	22.05.17 – 25.05.17	
3.	Розроблення технічного завдання	26.05.17 – 28.05.17	
4.	Розроблення діагностичної програми звернення до портів вводу-виводу для керування зовнішніми пристроями	29.05.17 – 01.06.17	
5.	Компіляція розробленої програми	02.06.17 – 03.06.17	
6.	Налаштування програми	04.06.17 – 09.06.17	
7.	Оформлення пояснювальної записки	10.06.17 – 15.06.17	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ульянова С. С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

Кардашук В. С.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра: 62 сторінки, 33 рисунка, 5 таблиць, 20 джерел.

У дипломній роботі розроблені діагностичні програми для мікроконтролерів AVR фірми Atmel.

Проведений огляд та аналіз програмних засобів налаштування для мікроконтролерів AVR фірми Atmel. За результатами дослідження сформульовані мета та завдання дипломного проекту. Здійснена постановка задачі на розробку діагностичних тестів портів вводу-виводу та арифметичних операцій. Визначені шляхи реалізації поставленого завдання, розроблені алгоритми. Розроблена програма загрузки діагностичних програм в пам'ять мікроконтролера AVR. Проведена перевірка застосування діагностичних програм.

Розглянуті питання та сформульовані рекомендації щодо охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

**МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРОГРАМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, ЗАСОБИ НАЛАШТУВАННЯ, АЛГОРИТМ, ДІАГНОСТИЧНА ПРОГРАМА, КОМПІЛЯЦІЯ, ПОРТИ ВВОДУ-ВИВОДУ.**

Умови отримання дипломного проекту:

93400. м. Северодонецьк, пр. Радянський 59а, СНУ ім. Володимира Даля.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 РОЗРОБЛЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ЗВЕРНЕННЯ ДО ПОРТІВ ВВОДУ- ВИВОДУ МК AVR .....	8
1.1 Теоретичні відомості про програмне середовище налаштування AVR Studio 4 .....	8
1.2 Розроблення діагностичної програми звернення до портів вводу-виводу для керування зовнішніми пристроями .....	13
1.3 Компіляція розробленої програми .....	15
1.4 Налаштування програми .....	16
1.5 Основні засоби налаштування AVR Studio 4 .....	20
2 РОЗРОБЛЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ДОДАВАННЯ ТА ВІДНІМАННЯ ДВІЙКОВИХ ТА ДВІЙКОВО-ДЕСЯТКОВИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ МК AVR .....	22
2.1 Теоретичні відомості про представлення чисел в МК.....	22
2.2 Додавання та віднімання чисел у додатковому коді .....	23
2.3 Додавання та віднімання двійково-десяткових чисел .....	24
2.4 Програмування арифметичних операцій .....	28
3 ЗАВАНТАЖЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОГРАМ В ПАМ'ЯТЬ МК AVR .....	33
3.1 Пам'ять команд МК. Технологія FLASH–EEPROM .....	33
3.2. Фізична організація флеш–пам'яті базової серії МК сімейства AVR .....	34
3.3 Доступ центрального процесора до пам'яті EEPROM на запис/читання .....	35
3.4 Регістр адреси EEAR пам'яті EEPROM .....	35
3.5 Регістр даних EEDR пам'яті EEPROM .....	36
3.6 Регістр керування EECR пам'яті EEPROM .....	36
3.7 Читання пам'яті EEPROM всіх типів МК AVR .....	36
3.8 Запис в пам'ять EEPROM в МК AT90S2313, AT90S4414 і AT90S8515 .....	37
3.9 Директиви асемблера для реалізації програм діагностики .....	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	45
4.1 Загальні питання з охорони праці .....	45

4.2 Правові та організаційні основи охорони праці .....	45
4.3 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці.....	46
4.4 Аналіз стану умов праці та вимоги до приміщення.....	46
4.5 Вимоги до організації робочого місця .....	47
4.6 Навантаження та напруженість процесу праці .....	49
4.7 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на персональному комп'ютері .....	49
4.8 Пожежна безпека .....	50
4.9 Електробезпека .....	52
4.10 Мікроклімат .....	52
4.11 Освітлення робочого місця .....	53
4.12 Шум, вібрація та електромагнітне випромінювання .....	56
4.13 Розрахунок захисного заземлення .....	57
ВИСНОВКИ .....	61
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62

## ВСТУП

Швидкий розвиток компонентів елементної бази для побудови мікроконтролерних (МК) та мікропроцесорних (МП) систем керування різноманітними пристроями та технологічними процесами сприяє науково-технічному розвитку країни, є основою удосконалення архітектури таких систем, якісного підвищення їх продуктивності і надійності.

Номенклатура та область застосування таких систем постійно розширюється. На сучасному етапі науково-технічного розвитку їх впровадження охоплює практично всі види виробничої та наукової діяльності.

Застосування МП та МК у науково-технічних рішеннях вимагає від спеціалістів досконалого володіння сучасними методами проектування МП та МК систем, вміння використовувати їх при практичному вирішенні інженерних задач.

МК в повсякденному житті застосовуються як в складній побутовій техніці, так і у супутникових навігаційних системах. До сфери застосування МК входить управління пристроями різного призначення за допомогою дискретних сигналів і багато іншого. Можна сказати, що без МК в даний час не обходиться практично жодний сучасний електронний пристрій.

Впровадження МК в усі сфери життєдіяльності ставить перед розробниками електронної техніки завдання із забезпечення діагностування МК.

Мета дипломної роботи – розроблення діагностичних програм для МК AVR фірми ATMEL з застосуванням програмного середовища налаштування AVR Studio 4.

За останні роки МК AVR набули великої популярності, залучаючи розробників досить вигідним співвідношенням показників "ціна/швидкодія/енергоспоживання», зручними режимами програмування, доступністю програмно-апаратних засобів підтримки і широкою номенклатурою кристалів. МК цієї серії є зручним інструментом для створення сучасних високопродуктивних і економічних контролерів багатоцільового призначення.

МК сімейства AVR фірми ATMEL володіють низьким рівнем споживання, невисокою вартістю при досить високих функціональних можливостях, високим швидкодією і можливістю багатократного перезапису програм. Хоча аналогічні за характеристиками МК випускаються багатьма фірмами, за загальним комплексом властивостей сімейство AVR одне з найбільш ефективних у класі недорогих 8-розрядних МК.

У МК AVR є дві особливості, які відрізняють це сімейство від інших МК. По-перше, система команд і архітектура ядра AVR розроблялася спільно з фірмою-розробником компіляторів мов програмування високого рівня IAR Systems. У результаті з'явилася

можливість створення AVR-програм на мові С без великої втрати в продуктивності в порівнянні з програмами написаними на мові асемблера. По-друге, одним з істотних переваг МК AVR стало застосування конвеєра. У результаті для МК AVR не існує поняття машинного циклу: більшість команд виконується за один такт. Для порівняння зазначимо, що МК сімейства PIC, які користуються великою популярністю, виконують команду за 4 такту, а класичні 8051 - взагалі за 12 тактів.

Для програмування МК сімейства AVR існує багато засобів розробка, проте, найбільш популярним, поза сумнівом, є програмний пакет AVR Studio 4. Є ряд причин такої популярності. Це безкоштовний програмний пакет, що розроблений фірмою "ATMEL", який об'єднує в собі текстовий редактор та програмний емулятор МК різних типів. Пакет AVR Studio 4 використовується також спільно з апаратними засобами налаштування фірми "ATMEL". Програмне середовище AVR Studio надає користувачу можливість повністю контролювати виконання програм з використання симулятора, який підтримує всі типи МК AVR. Середовище налаштування підтримує виконання програм у вигляді асемблерного тексту формату AVR Assembler, IAR Systems Assembler та у форматі мови програмування С компілятора фірми IAR Systems ICCA90 C Compiler. З AVR Studio також сумісні всі програматори та засоби налаштування, що підтримують МК фірми "ATMEL".

Для виконання поставленої задачі в дипломній роботі необхідно:

- провести аналіз інтерфейсу програми AVR Studio 4;
- розглянути можливості програми AVR Studio 4;
- розробити діагностичну програму звернення до портів вводу-виводу МК AVR для керування зовнішніми пристроями;
- розробити діагностичну програму додавання та віднімання двійкових та двійково-десяткових чисел для МК AVR з метою перевірки їх виконання;
- здійснити компіляцію, налаштування та завантаження діагностичних програм в пам'ять МК AVR.



# 1 РОЗРОБЛЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ЗВЕРНЕННЯ ДО ПОРТІВ ВВОДУ-ВИВОДУ МК AVR

## 1.1 Теоретичні відомості про програмне середовище налаштування AVR Studio 4

Для програмування МК сімейства AVR існує багато засобів розробки, проте, найбільш популярним, поза сумнівом, є програмний пакет AVR Studio 4. Є ряд причин такої популярності – це безкоштовний програмний пакет, розроблений фірмою ATMEL, який об'єднує в собі текстовий редактор та програмний емулятор МК різних типів. Пакет AVR Studio 4 використовується також спільно з апаратними засобами налаштування фірми ATMEL.

З сайту компанії ATMEL програма AVR Studio 4 доступна для скачування за адресою: <http://www.atmel.com>.

Розмір програми – 122 Мбайта. Середовище налаштування є програмним продуктом, що поширюється безкоштовно. На сайті компанії доступні оновлення програми, що викликані появою нових МК, а також поліпшенням її роботи. Установка програми проходить в стандартному для таких додатків режимі. Шлях установки програми: C:\Program Files\Atmel\AVR Tools.

AVR Studio надає користувачу можливість повністю контролювати виконання програм з використанням симулятора, який підтримує всі типи МК AVR. Середовище налаштування підтримує виконання програм у вигляді асемблерного тексту формату AVR Assembler, IAR Systems' Assembler та у форматі мови програмування C компілятора фірми IAR Systems' ICCA90 C Compiler.

З AVR Studio також сумісні всі програматори та засоби налаштування, що підтримують мікроконтролери фірми Atmel.

При першому запуску програмного середовища AVR Studio 4 необхідно налаштувати вікна для керування та виводом необхідної інформації. Під час наступної загрузки налаштування автоматично відновлюються.

При старті AVR Studio 4 з'являється діалогове вікно запрошення до створення нового або відкриття існуючого проекту. Майстер налаштування пропонує створити новий проект (New Project) або відкрити існуючий (Open) (рисунок 1.1).

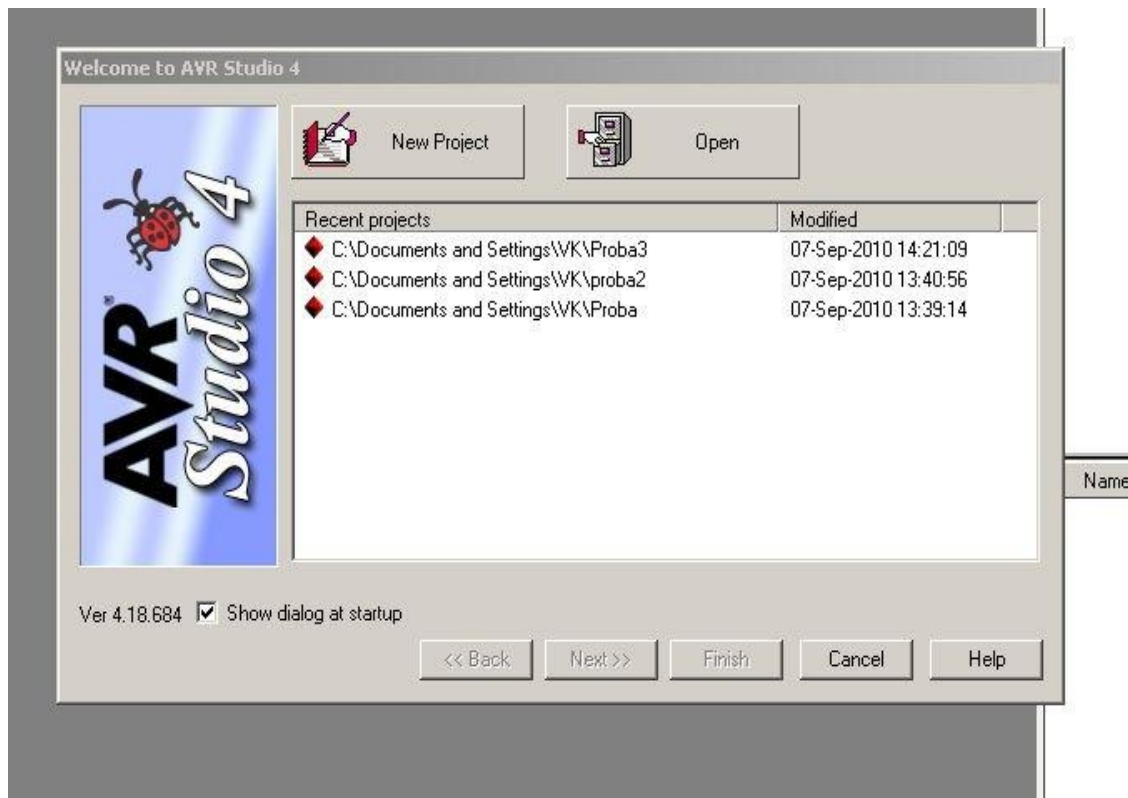


Рисунок 1.1 – Діалогове вікно Майстра налаштування проекту

Після вибору нового проекту (кнопка New Project) з'являється наступне діалогове вікно вибору мови програмування, імені проекту і місця розташування проекту на диску (рисунок 1.2).

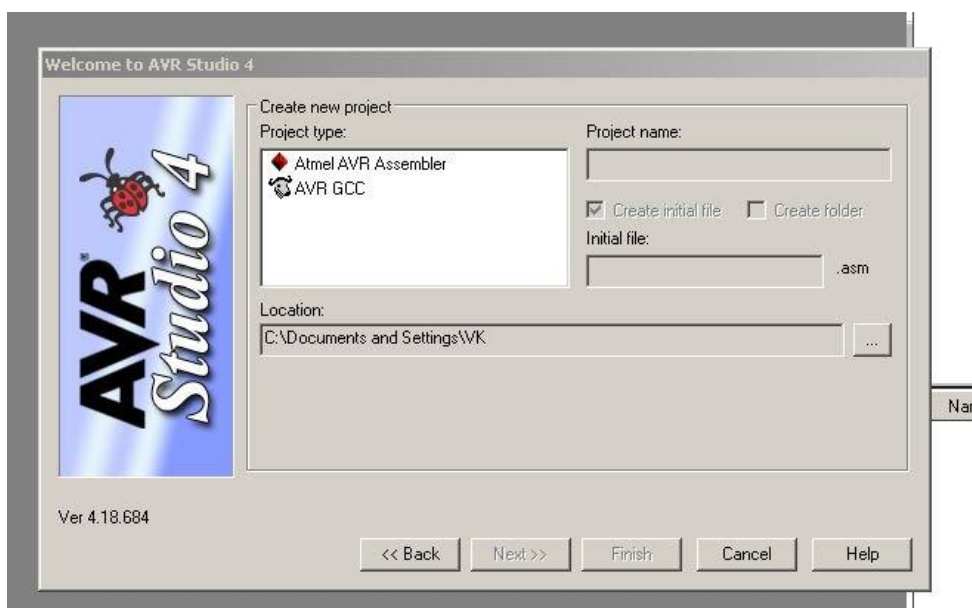


Рисунок 1.2 – Діалогове вікно вибору мови програмування, імені проекту та місця розташування проекту на диску

У цьому діалоговому вікні необхідно визначити мову програмування для AVR Studio. При розробці програм для AVR використовуються дві основні мови: C++ та Асемблер.

Вибір мови програмування залежить від вимог, що пред'являються до самої програми. Якщо потрібна максимальна швидкодія, компактність коду і його надійність, та "ручне" гнучке управління різними елементами МК, то це, звичайно, Асемблер. Якщо ж потрібна простота та комфортність в написанні, а також наочність програмного коду, то це C++, проте в цьому випадку буде деякий програш в продуктивності. Синтаксис Асемблера дуже простий, всі його команди базуються тільки на архітектурі самого МК, тобто, при програмуванні все зводиться до системи команд.

Для програм на Асемблері в діалоговому вікні вибору мови програмування необхідно вказати Atmel AVR Assembler, для програм на мові C++ – AVR GCC.

Лабораторний практикум передбачає написання програм на Асемблері. Після вибору мови програмування Atmel AVR Assembler активізуються раніше затінені опції імені проекту (Project name) та імені Асемблерного файлу з розширенням \*.asm ((Initial file). При введенні імені проекту автоматично створюється асемблерний файл з таким же ім'ям, яке за бажанням користувача можна змінити. Після проведених призначень активується кнопка Next (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Діалогове вікно з вибраними необхідними атрибутами

За бажанням користувача можна змінити директорію\*, в якій зберігатимуться усі результати роботи з проектом (рисунок 1.4).

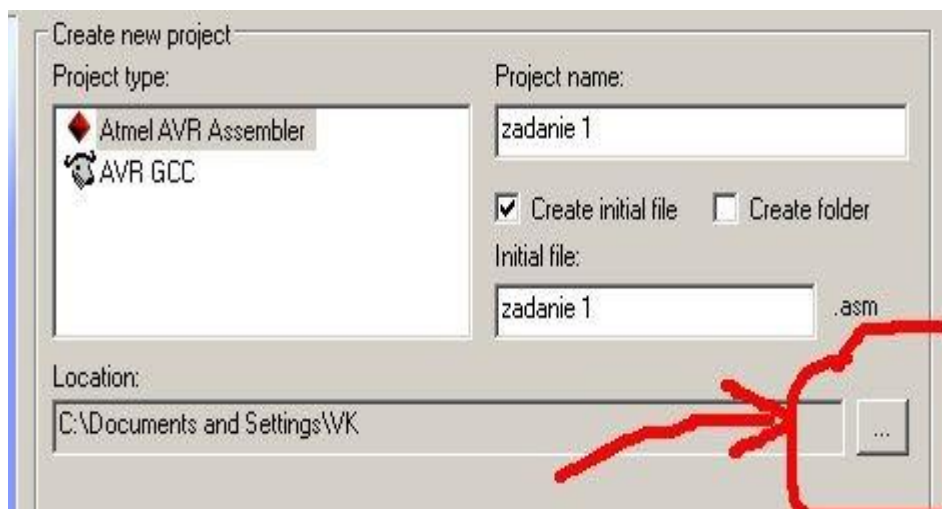


Рисунок 1.4 – Зміна розташування проекту на диску

\*\*Примітка: ім'я директорії для збереження проекту необхідно задавати англійськими буквами, для запобігання проблем при компіляції (рядок Location, рисунок 1.4).

Необхідні підготовчі роботи для створення проекту виконані. Далі необхідно натиснути кнопку Next, щоб перейти до наступного діалогового вікна вибору платформи налаштування та МК (рисунок 1.5).

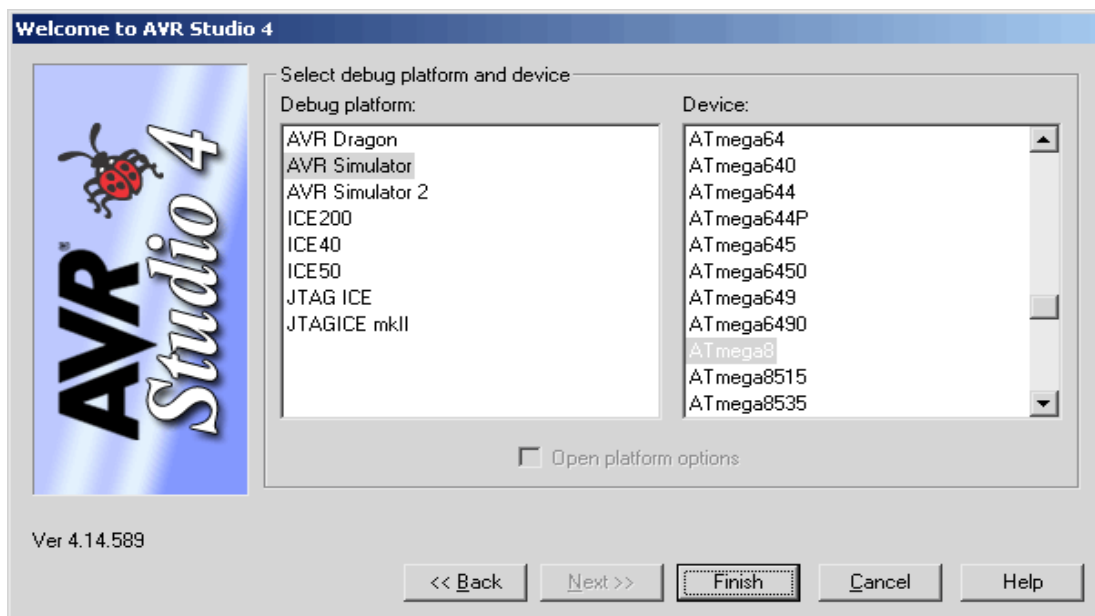


Рисунок 1.5 – Діалогове вікно вибору платформи налаштування та МК

У наступному діалоговому вікні (рисунок 1.5) необхідно визначити вид (платформу)

налаштування для МК. Оскільки підключені зовнішні пристрої відсутні, то будемо здійснювати програмне моделювання МК.

У вікні вибору платформи (рисунк 1.5) (Debug platform) необхідно вибрати опцію AVR Simulator (AVR моделювання). У вікні пристроїв (Device) представлений широкий вибір МК виробництва фірми Atmel.

Для проведення лабораторної роботи необхідно обрати мікроконтролер AT90S2313.

Після вибору режиму програмного моделювання та типу МК необхідно натиснути кнопку Finish (рисунк 1.6).

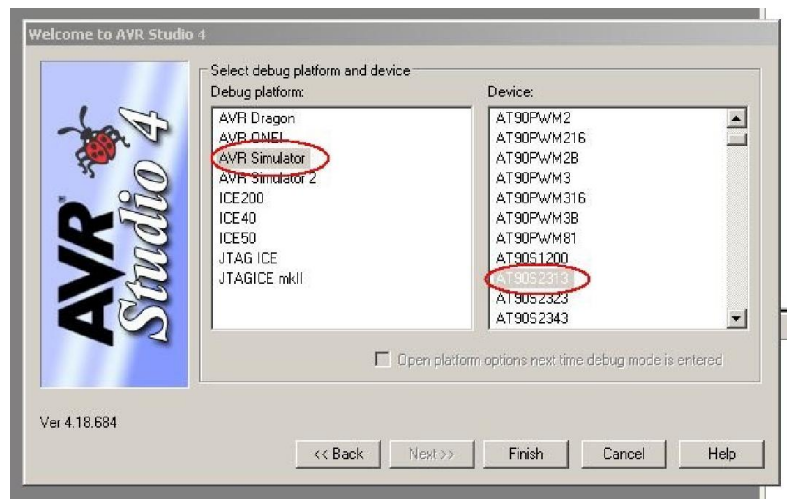


Рисунок 1.6 – Діалогове вікно з обраною платформою моделювання та МК

Всі необхідні процедури для створення проекту закінчені. Після натиснення кнопки Finish переходимо в основну програму, в якій з'являється вікно проекту (рисунк 1.7).

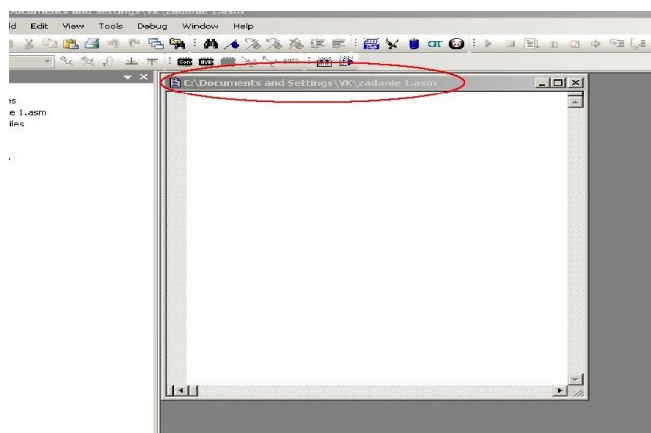


Рисунок 1.7 – Вікно проекту в основній програмі

## 1.2 Розроблення діагностичної програми звернення до портів вводу-виводу для керування зовнішніми пристроями

Програма для AVR Studio 4, що розроблена на Асемблері, складається з послідовності різних інструкцій, які вводяться у вікно проекту.

Діагностична програма «запалює» світлодіоди, що підключені до виводів 1, 3 і 7 порту D МК, тобто видає в порт D код 0b01000101.

Для реалізації програми необхідно звернутися до опису МК AT90S2313, а також ознайомитися з системою команд МК AVR.

Приклад діагностичної програми для МК AT90S2313:

```
.include "2313 def.inc" //Підключаємо заголовний файл
loop:
ldi r16, 0b01000101
out DDRD, r16
out PORTD, r16
rjmp loop
```

Розглянемо детально наведену програму (рисунок 1.8).

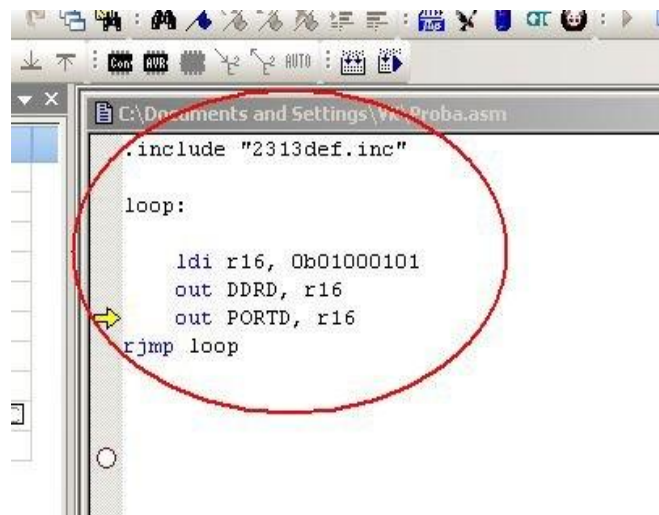


Рисунок 1.8 – Робоче вікно з текстом програми

На самому початку коду програми необхідно підключити спеціальний файл, де описана конфігурація МК – "2313def.inc". За наявності цього файлу компілятор асоціює наш код саме з цією моделлю МК, відстежуючи правильність його написання. Далі йде текст самої програми.

loop: – це мітка. Це не команда і вона не переводиться в машинний код, вона просто вказує на позицію команди, тобто її розташування в пам'яті програм. Слід звернути увагу на самий нижній рядок: інструкція rjmp loop – це інструкція непрямого переходу до покажчика loop. При компіляції програми компілятор замість слова loop підставляє число, яке дорівнює адресі інструкції, де стоїть коштує мітка loop.

Числа в мікроконтролері можна представляти в двійковій, вісімковій, десятковій та шістнадцятиричній формах. Наприклад, десяткове число 255 можна записати так: у двійковій – 0b11111111; у вісімковій – \$377 та в шістнадцятиричній – 0xff. Найбільш поширена – двійкова система числення.

Для більшості AVR МК існують три види переходів: безумовний, непрямий та відносний.

Безумовний – це перехід безпосередньо до вказаного місця пам'яті програм. За безумовний перехід відповідає інструкція jmp. В якості параметра у неї повинне стояти значення адреси, куди слід зробити перехід.

Непрямий – це перехід по покажчику Z. При розподілі регістрів загального призначення в адресному просторі (див. опис AT90S2313), видно що останні 6 регістрів ще використовуються в якості покажчиків X, Y і Z, причому кожен покажчик має розрядність 16 біт, тобто складається з двох регістрів – старшого і молодшого. Якщо виконати інструкцію JMP, то відбудеться перехід на те місце в пам'яті програм, адреса якого прописана в регістрі Z.

Відносний – це перехід, який здійснюється до адреси рівного сумі значення лічильника програм і значення константи, яка у свою чергу є операндом інструкції rjmp.

Перейдемо до розгляду інструкцій, що залишилися.

Інструкція ldi – ця інструкція призначена для завантаження константи в регістр. У неї є два операнди. Перший – це сам регістр загального призначення, а другий – константа, яку треба в нього записати.

Наступна інструкція out – це інструкція запису значення з регістра загального призначення (РОН) в регістр спеціального призначення (РСН). У цієї інструкції є два операнди: перший – регістр спеціального призначення, другий – регістр загального призначення.

Кожна команда представлена в пам'яті МК, як набір певних біт. Більшість інструкцій AVR займають в пам'яті два байти (16 біт), тобто одне слово, проте є інструкції, які займають два слова (32 біта).

Розглянемо перші дві інструкції та їх вигляд в пам'яті МК (таблиця 1.1).



Таблиця 1.1 – 16-розрядний код операції в пам'яті МК

Адреса	Команда	16 – розрядний код операціїх
0x0000	ldi r16,0b01000101	1110 0100 0000 0101
0x0001	out DDRD,r16	1011 1011 0000 0001

Перший стовпець – це адреса слова в пам'яті програм. Перша інструкція ldi буде розташована за адресою 0x0000, тобто на самому початку області пам'яті і мати відповідний код операції. Отже, для інструкції ldi код операції складатиметься з чотирьох тетрад (третій стовпець табл. 1). Перша тетрада – це безпосередньо код інструкції, тобто її ідентифікатор (двійкове ім'я). Друга тетрада – значення константи, яку завантажуюємо в регістр. Третя тетрада, що є "адресою" регістра, відповідає положенню регістрів від R16 до R31. Як видно з табл. 1, вона дорівнює нулю, відповідно регістр буде R16. Якби вона була рівна 1 – то регістр був би R17 і так далі.

Чотирьох розрядів вистачає, щоб адресувати тільки 16 регістрів.

Для другої інструкції (out DDRD,r16): перша тетрада – двійкове ім'я інструкції, друга – адреса регістру вводу/виводу, третя – адреса регістра загального призначення.

### 1.3 Компіляція розробленої програми

Тепер написану програму необхідно скомпілювати. Для цього у верхньому меню вікна програми необхідно вибрати опцію Build →Build або натиснути клавішу F7 на клавіатурі (рисунок 1.9).

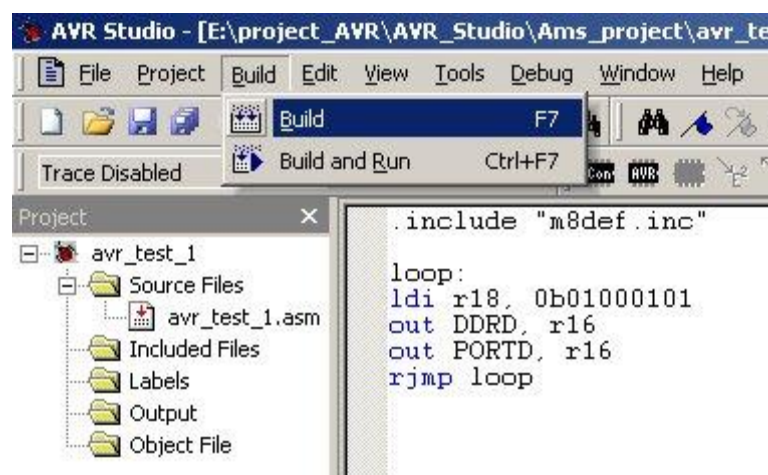


Рисунок 1.9 – Команда на початок компіляції програми

Після завершення програми компіляції внизу вікна програми з'явиться звіт про



результат компіляції. Якщо помилок не виявлено, то в цьому вікні можна ознайомитися із статистикою роботи компілятора (рисунок 1.10).

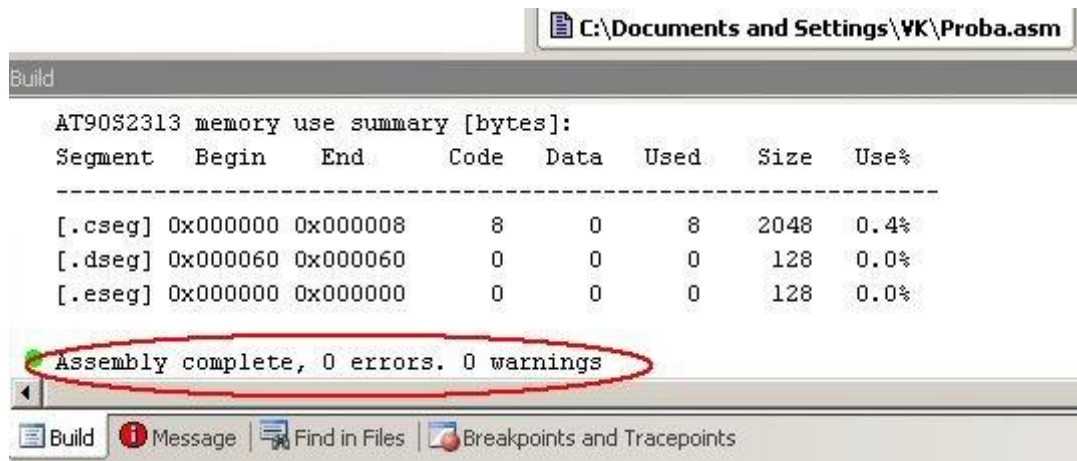


Рисунок 1.10 – Звіт про роботу компілятора

#### 1.4 Налаштування програми

Якщо процес компіляції пройшов без помилок, то можна приступити до налаштування програми. Для цього у файловій панелі необхідно вибрати пункт меню Debug → Start Debugging (рисунок 1.11).

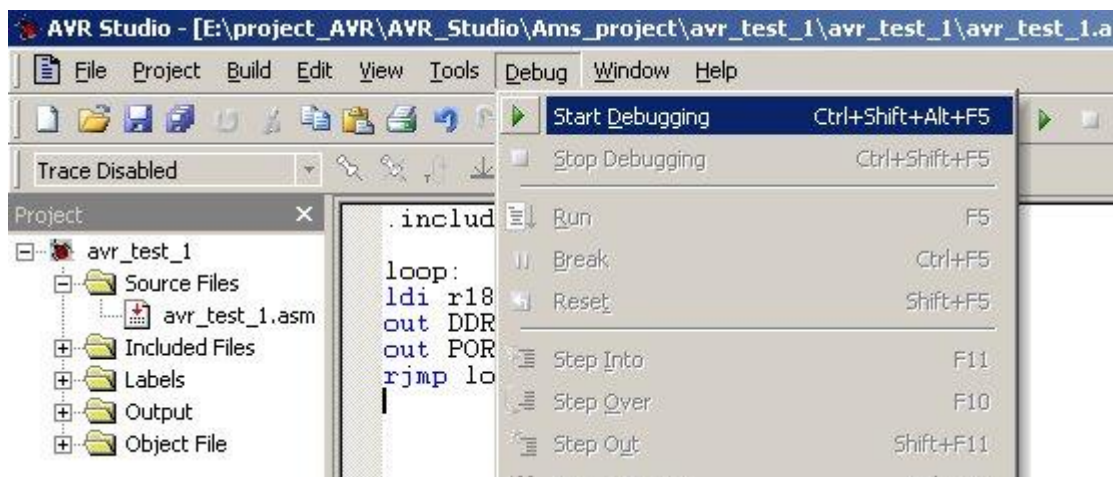


Рисунок 1.11 – Запуск програми налаштування МК

Після виконання команди Start Debugging (рисунок 11) запускається вікно налаштування. Налаштування програми здійснюється, за допомогою послідовного виконання інструкцій і перегляду результатів цього виконання. На початку виконання програми емулятор встановить покажчик на першу команду програми (рисунок 1.12).

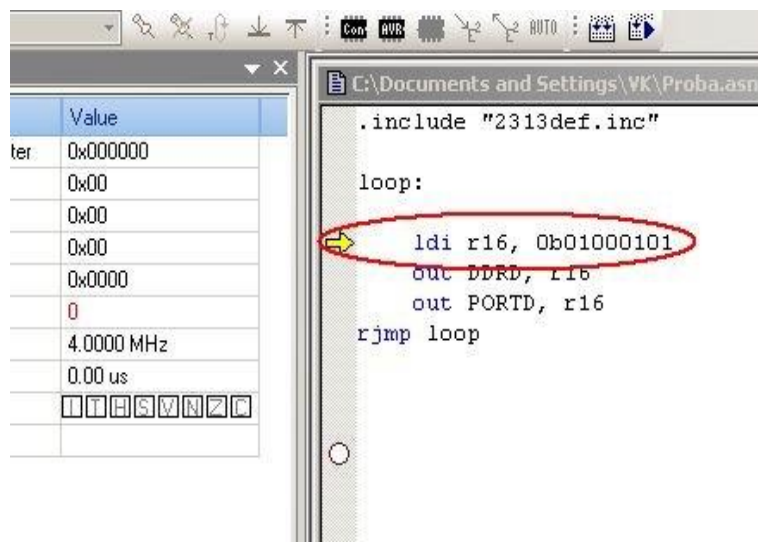


Рисунок 1.12 – Виконання першої команди програми

У засобів налаштування AVR Studio 4 є зручне вікно перегляду поточного стану периферійних пристроїв та інших компонентів, а також регістрів спеціального призначення, що відповідають за їх налаштування. У правій частині екрану у колонці I/O View можна спостерігати стан порту D, в який буде видаватись код 0b01000101.

На початку програми всі регістри порту D установлені в 0 (рисунок 1.13).

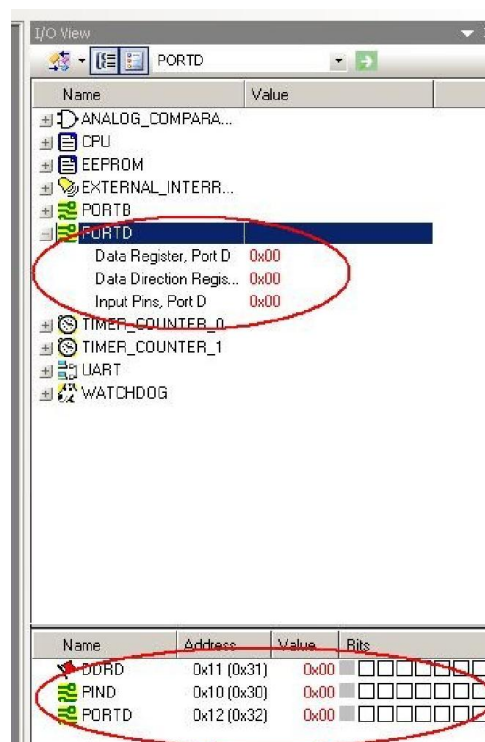


Рисунок 1.13 – Вікно панелі I/O View та стан порту D

Для подальшого виконання програми необхідно обрати пункт Debug → Step Into або натиснути клавішу F11 на клавіатурі (рисунок 1.14).

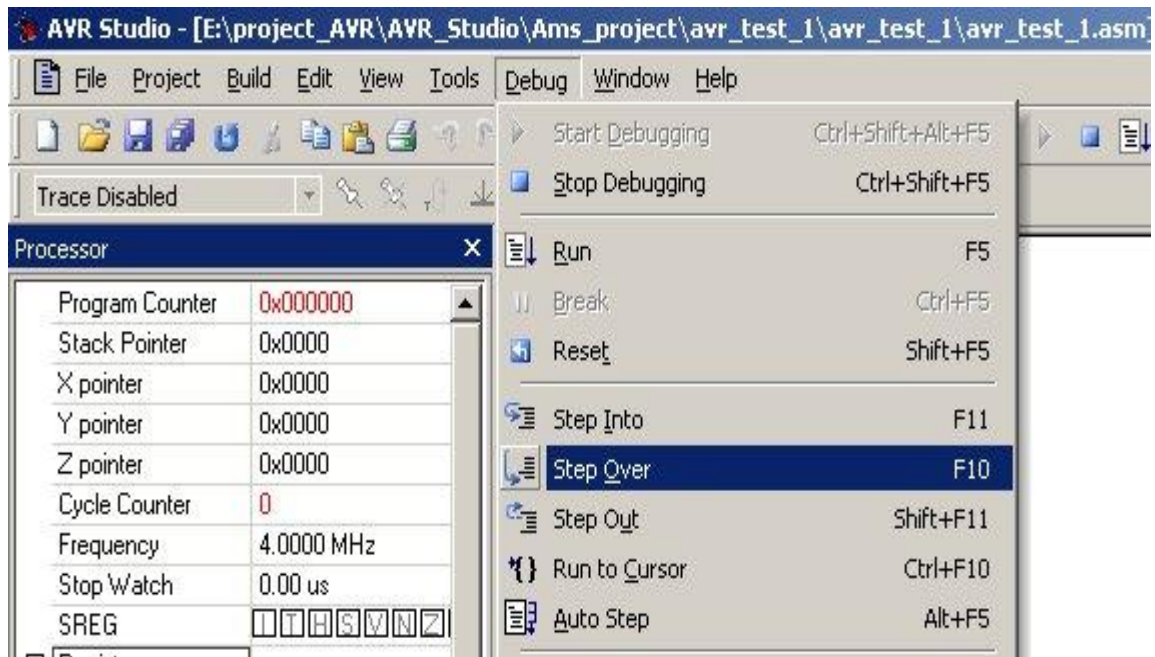


Рисунок 1.14 – Виконання програми в покроковому режимі

При натисненні клавіші F11 на клавіатурі покажчик переходить до виконання наступної команд і т. д. (рисунок 1.15).

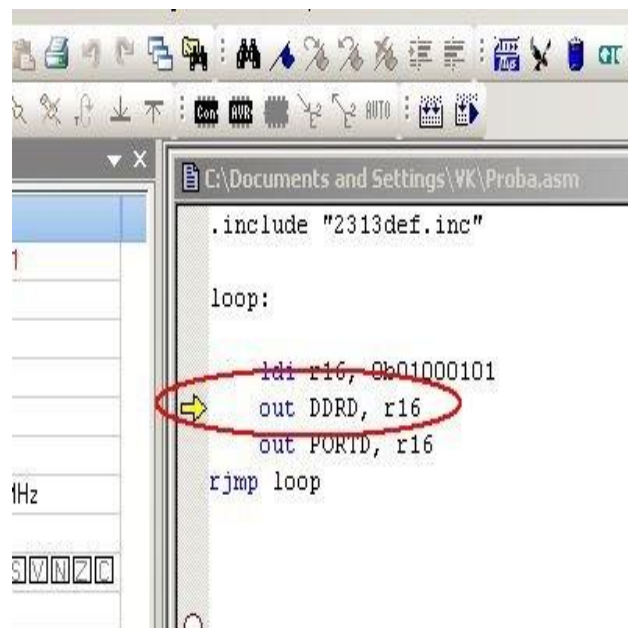


Рисунок 1.15 – Переміщення покажчика виконання програми

Код з регістру r16 видається в регістр управління даними порту. Установку відповідних бітів в 1 регістра управління даних порту (DDRD) можна спостерігати у вікні I/O View (рисунок 1.16).

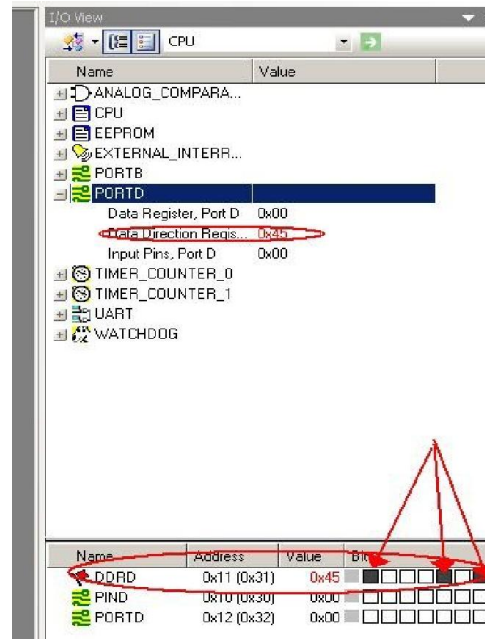


Рисунок 1.16 – Зміна бітів регістра DDRD

При виконанні останньої команди програми, код з регістру DDRD видається на виводи МК (рисунок 1.17).

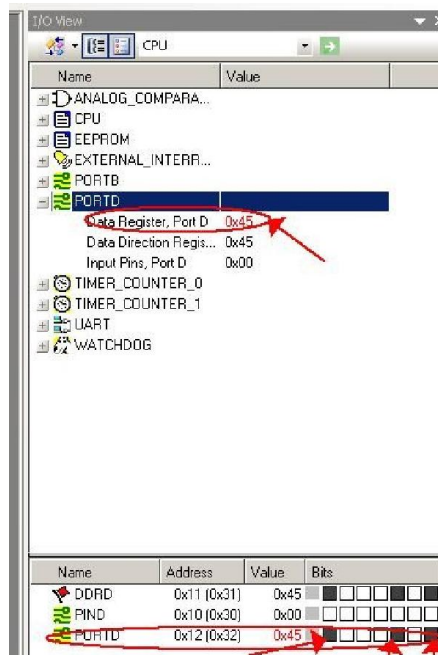


Рисунок 1.17 – Видача коду на виводи МК

Виконання програми завершено.

При зміні коду, що видається в порт D, програму необхідно повторно компілювати, а потім запустити на виконання, виконавши наведені вище операції.

### 1.5 Основні засоби налаштування AVR Studio 4

У пункті меню Debug, є наступні підпункти:

- Stop Debugging – зупинка налаштування;
- Run – запуск швидкого автоматичного налаштування. Емулятор переходить до режиму автоматичного виконання коду, не інформуючи при цьому про те, на якій команді він знаходиться в даний момент. Це може знадобитися, коли необхідно за допомогою налаштування швидко виконати великий фрагмент коду і зупинитися у потрібному місці. При цьому місце зупинки автоматичного налаштування має бути вказане точкою зупинки (Breakpoint);
  - Break – використовується для зупинки режимів автоматичного налаштування;
  - Reset – для перезапуску програми емуляції;
  - Step Into – використовується для режиму ручної покрокового налаштування, з урахуванням переходу у підпрограму, якщо зустрічається інструкція виклику підпрограми;
  - Step Over – працює так само як і Step Into за винятком того, що при переході на інструкцію виклику підпрограми переходить в режим швидкого автоматичного налаштування коду підпрограми і зупиняється на наступній інструкції після виконання підпрограми;
  - Step Out – використовується для запуску швидкого автоматичного налаштування, якщо поточна позиція команди знаходиться у програмі, що викликається. Це може знадобитися тоді, коли необхідно перейти в код підпрограми, що викликається, щоб не налаштовувати її повністю в ручному режимі, а зупинитися на потрібному місці, а потім запустити швидке автоматичне налаштування в межах коду підпрограми;
  - Run to Cursor – використовується для запуску швидкого автоматичного налаштування від поточного положення до місця, де встановлено курсор;
  - Auto Step – використовується для запуску режиму повільного автоматичного налаштування. При цьому емулятор інформує про поточний стан параметрів усіх елементів МК.

На рисунку 1.18 наведено фрагмент використання точки зупинки в процесі налаштування програми.

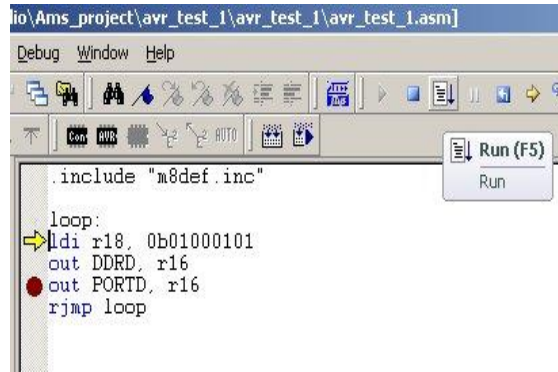


Рисунок 1.18 – Установка точки зупинки в процесі налаштування програми

Основні елементи вікна Processor (рисунок 1.19):

- Program Counter – показує поточний стан лічильника програм, тобто адреса поточної інструкції в пам'яті програм;
- Stack Pointer – покажчик стека, показує поточне значення адреси точки повернення в пам'яті даних, де і реалізований стек;
- X pointer – поточне значення покажчика X (R26: R27). Y pointer – Поточне значення покажчика Y (R28: R29). Z pointer – Поточне значення покажчика Z (R30: R31);
- Cycle Counter – показує кількість машинних циклів в режимі налагодження.
- Frequency – показує умовну частоту резонатора;
- Stop Watch – показує поточний час по ходу виконання програми.
- SREG – показує поточний стан регістрів SREG R00...R31 – список регістрів загального призначення.

Name	Value
Program Counter	0x000003
Stack Pointer	0x00
X pointer	0x00
Y pointer	0x00
Z pointer	0x0000
Cycle Counter	3
Frequency	4.0000 MHz
Stop Watch	0.75 us
SREG	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Registers	
R00	0x00
R01	0x00
R02	0x00
R03	0x00
R04	0x00
R05	0x00
R06	0x00
R07	0x00
R08	0x00
R09	0x00
R10	0x00
R11	0x00
R12	0x00
R13	0x00
R14	0x00
R15	0x00
R16	0x45
R17	0x00
R18	0x00
R19	0x00
R20	0x00

Рисунок 1.19 – Елементи вікна Processor

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ ДІАГНОСТИЧНОЇ ПРОГРАМИ ДОДАВАННЯ ТА ВІДНІМАННЯ ДВІЙКОВИХ ТА ДВІЙКОВО-ДЕСЯТКОВИХ ЧИСЕЛ ДЛЯ МК AVR

Розглянемо спосіб представлення числових даних в МК, алгоритмів арифметичних операцій для розроблення діагностичної програми додавання та віднімання двійкових та двійково-десяткових чисел для МК AVR та набуття навиків програмування арифметичних процедур.

### 2.1 Теоретичні відомості про представлення чисел в МК

При обробці числової інформації зазвичай вважають, що цілі числа представлені в форматі з фіксованою крапкою справа,  $D=d_{n-1}d_{n-2}\dots d_1d_0$ , дробові числа менше 1 – в форматі з крапкою зліва –  $D=d_{-1}d_{-2}\dots d_{(n-1)}d_{-n}$ , де  $n$  – число розрядів, рівне 8 або 16. Числа можуть бути із знаком і без знаку.

При представленні у вигляді цілих чисел  $d_0$  – молодший розряд числа з вагою  $2^0$ , старший розряд використовується для представлення знаку (0 – додатній, 1 – від’ємний). Старший цифровий розряд –  $d_{n-2}$  з вагою  $2^{n-2}$ . При обробці чисел без знаку розряд  $d_{n-1}$  є цифровим з вагою  $2^{n-1}$ .

Дріб без знаку має старший цифровий розряд  $d_{-1}$  з вагою  $2^{-1}$ . Для дробових чисел із знаком розряд  $d_{-1}$  відводиться під знак, старший цифровий розряд в цьому випадку –  $d_{-2}$  з вагою  $2^{-1}$ .

Від’ємні числа, як цілі так і дробові, зазвичай, представляються у вигляді доповнень до основи системи числення. Для двійкових чисел це буде доповнення до  $2^n$ , для дробових – доповнення до 2.

В загальному випадку доповнення любого цілого  $n$ -розрядного числа  $D$  до основи  $b$  системи числення можна отримати шляхом віднімання  $D$  з  $b^n$ . Якщо  $D$  знаходиться в межах від 1 до  $b^n - 1$ , то при відніманні отримуємо друге число в тих же межах. Якщо  $D = 0$ , то результат віднімання дорівнює  $b^n$  і має вигляд  $100\dots 0$  при загальному числі розрядів  $(n+1)$ . Відкинувши цифру старшого розряду, отримуємо 0. Отже, в системі представлення чисел доповненням до основи числення існує тільки одне представлення 0. В системі, де від’ємні числа представлені в додатковому коді, число є додатнім, якщо значення старшого розряду  $d_{n-1} = 0$ , і від’ємним, якщо  $d_{n-1} = 1$ . Десятковий еквівалент двійкового числа, що представлений додатковим кодом, обчислюється так же, як і для числа без знаку, за винятком того, що вага старшого розряду дорівнює  $-2^{(n-1)}$ , а не  $+2^{(n-1)}$ . Числа, що представляються, знаходяться в діапазоні від  $-2^{(n-1)}$  до  $+2^{(n-1)}-1$ . Для дробових чисел



дріб є додатним, якщо розряд  $d_{-1} = 0$ , і від'ємним, якщо  $d_{-1} = 1$ . Діапазон дробових чисел складає від  $-1$  до  $+(1 - 2^{-n})$ .

## 2.2 Додавання та віднімання чисел у додатковому коді

Графічно 8-розрядні двійкові числа у додатковому коді із знаком наведені на рисунку 2.1 та позначені позиціями всередині кола.



Рисунок 2.1 – Кругові діаграми

Всередині кола вказані десяткові значення, зовні – їх шістнадцятиричні еквіваленти. Додавання з додатнім числом  $N$  легко інтерпретується, якщо переміщати покажчик по ходу часової стрілки на  $N$  позицій; віднімання ( $-N$ ) – проти ходу часової стрілки, або переміщуючи по ходу часової стрілки на  $(256 - N)$  позицій, що рівносильне заміні віднімання додаванням з доповненням числа до  $2^8 = 256$ .

Якщо при додаванні (відніманні) отримуємо результат, що виходить за межі діапазону чисел (від  $-128$  до  $+127$ ), то фіксується переповнення.

**Правило виявлення переповнення.** При додаванні переповнення виникає тільки в тому випадку, коли доданки мають однакові знаки, а знак суми відрізняється від знаку доданків. При відніманні переповнення виникає, якщо операнди мають різні знаки, а знак різниці відрізняється від знаку знешнуваного. Правило переповнення можна сформулювати по-іншому, якщо використати поняття переносу, що виникає при додаванні (відніманні). Переповнення виникає, якщо значення переносу в знаковий розряд



$p_7$  та із знакового розряду  $p_8$  різні. З аналізу рисунків 1 слідує, що переповнення виникає при додаванні, якщо покажчик перейде границю між позиціями  $+127$  і  $-128$ .

Числа в додатковому коді додаються та віднімаються так само, як і числа без знаку тієї ж довжини. Тому при додаванні (відніманні) чисел із знаком і без знаку необхідна одна й та ж сама команда додавання (віднімання). Різниця полягає лише в тому, що результати інтерпретуються по-різному в залежності від того, якими числам оперує користувач: числами із знаком (від  $-128$  до  $+127$ ) чи без знаку (від  $0$  до  $255$ ).

Якщо при додаванні чисел без знаку результат виходить за межі діапазону представлення при перетині границі між  $255$  та  $0$ , то говорять про виникнення переносу із старшого розряду.

Якщо при відніманні чисел без знаку результат виходить за межі діапазону представлення при перетині границі між  $255$  та  $0$ , то в цьому випадку виникає запозичення, а різницю отримуємо у додатковому коді. Так як віднімання  $N$  можна замінити додаванням з додатковим кодом числа  $N$ , що дорівнює  $(256 - N)$ , то із діаграми видно, що запозичення виникає без переносу із старшого розряду. Такий самий висновок можна зробити при виконанні операцій в машинному коді. Дійсно, віднімаючи від шістнадцятирічного числа  $\$05$  число  $\$07$ , отримуємо  $\$05 - \$07 = \$05 + \$F9 = \$FE = -2$ . В цьому випадку перенос не виникає. Запозичення, що визначається при відсутності переносу при операції віднімання, є. І навпаки, віднімаючи від числа  $\$07$  число  $\$05$  отримуємо  $\$07 - \$05 = \$07 + \$FB = \$102 = \$100$  (перенос)  $+\$02 = 2$ . Перенос є, що при відніманні відповідає відсутності запозичення.

Наведене вище правило треба враховувати при обробці операндів подвійної довжини, наприклад 16-розрядних операндів у 8-розрядному процесорі.

### 2.3 Додавання та віднімання двійково-десяткових чисел

При додаванні двох двійково-десяткових чисел  $A = a_{n-1}a_{n-2} \dots a_0a_1$  і

$B = b_{n-1}b_{n-2} \dots b_0b_1$  поступають наступним чином. Якщо обидва операнди мають однакові знаки, то виконують додавання модулів цих чисел ( $|A| + |B|$ ), а знаковий розряд суми визначається по знаку одного із доданків. Якщо операнди мають різні знаки, то попередньо знак суми встановлюється по знаку першого операнду. Потім проводять віднімання модулів чисел. Якщо отримана різниця більшу нуля, знак суми зберігається без зміни. Якщо різниця менше нуля, то необхідно знайти додатковий код різниці та змінити знак суми на протилежний.

При додаванні двох чисел  $A$  та  $B$ , що представлені в двійково-десятковому коді, з вагою  $8 - 4 - 2 - 1$  в кожній тетраді, в одному розряді суми  $S = A + B$  можна отримати наступні результати:

1.  $s_i \leq 9$ ; корекція не потрібна.
2.  $10 \leq s_i \leq 15$ ; потрібна корекція шляхом збільшення  $s_i$  на шість з утворенням переносу із тетради.
3.  $s_i > 15$ ; потрібна корекція шляхом збільшення на шість. В цьому випадку перенос із тетради утворюється автоматично при додаванні операнду до виконання корекції.

В МК з архітектурою MCS-51 корекція здійснюється апаратно при виконанні команди двійково-десяткової корекції. При відсутності схеми двійково-десяткової корекції, як, наприклад, в МК AVR, поступають наступним чином. При додаванні двійково-десяткових чисел додаються число, кожен розряд якого дорівнює шести. В цьому випадку, якщо порозрядна сума, що обчислюється  $s_i \leq 9$ , перенос із тетради не виникає і надлишкове значення шість підлягає видаленню. У всіх решта випадках додавання в розряд значення шість видаляється автоматично з переносом із тетради в процесі додавання. При такому способі додавання програмна реалізація спрощується, так як для корекції результату в тетраді перевіряється лише одна ознака – наявність або відсутність переносу із тетради.

Алгоритм у цьому випадку виглядає наступним чином:

1. Двійково-десятковий код першого операнду додається з кодом 66...66, утворюючи першу проміжну суму.
2. До отриманої суми додається двійково-десятковий код другого операнду, утворюючи другу проміжну суму.
3. По тетрадам виконується корекція результату. Правило корекції формулюється наступним чином: якщо в результаті другого додавання перенос із  $i$ -ої тетради відсутній ( $c_{i+1} = 0$ ), то із  $s_i^*$  віднімається шість (або додається  $10 = [-6]_{\text{дод}}$ ). При утворенні переносу із  $i$ -ої тетради корекція не виконується, а отриманий результат  $s_i^*$  є кінцевим. При виконанні корекції перенос із тетради не повинен змінювати значення наступної тетради суми  $s_{i+1}^*$ .

Таким чином, додавання без знакових чисел (як і модулів) можна виконати по алгоритму, схему якого наведено на рисунку 2.2.

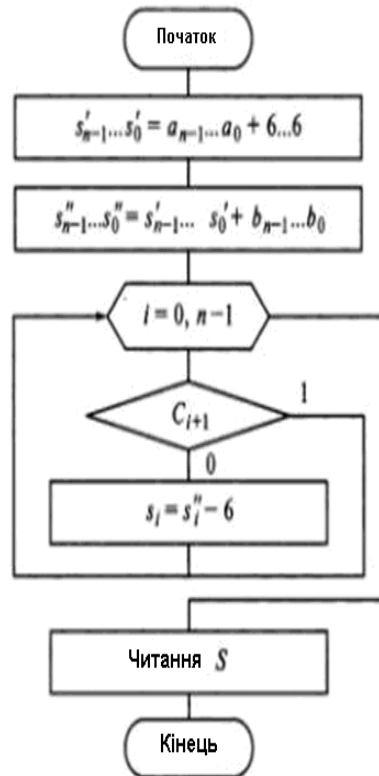


Рисунок 2.2 – Алгоритм додавання двійково-десяткових чисел

При обробці операторів, що мають довжину більшу одного байту, у 8-розрядному мікроконтролері для запобігання помилок корекцію необхідно виконувати окремо для кожної тетради.

Приклад.  $A = 50$ ,  $B = 25$ . Знайти суму  $A + B$ .

Двійково-десяткове значення чисел  $A$  та  $B$ :  $A = 0101\ 0000$ ,  $B = 0010\ 0101$ .

Додаючи числа  $66 + A + B$ , отримуємо:

0110 0110	66
<u>0101 0000</u>	50
1011 0110	

1011 0110	
<u>0010 0101</u>	25
1100 1011	

Виконуємо корекцію молодшої тетради:

1101 1011	
1111 1010	-\$06 = \$FA
1101 0101	

1101 0101	
1010 0000	-\$60 = \$A0
0111 0101	75

Віднімання беззнакових чисел  $A - B$  можна виконати по алгоритму, схема якого наведена на рисунку 2.3.

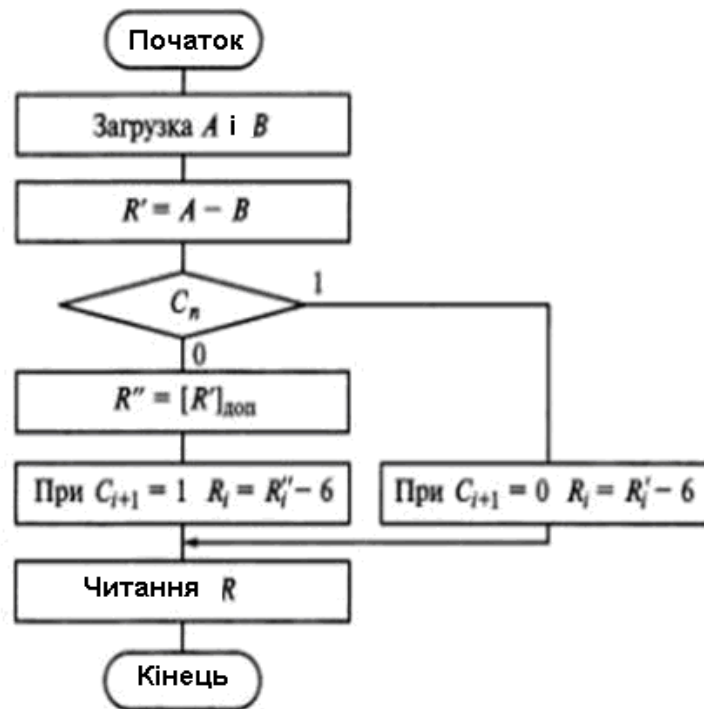


Рисунок 2.3 – Алгоритм віднімання двійково-десяткових чисел

Алгоритм у цьому випадку виглядає наступним чином:

1) Виконують віднімання  $A - B$  (додавання  $A$  з додатковим кодом  $B$ ), утворюючи перший проміжний результат  $R'$ . Якщо в результаті операції утворюється перенос із старшої тетради (при цьому біт запозичення дорівнює 0) результат є додатним. При відсутності переносу (біт запозичення дорівнює 1) результат є від'ємним і його потрібно перевести у додатковий код  $R^*$ .

2) Корекція додатного результату здійснюється по правилу, що сформульоване для додавання двійково-десяткових чисел. Корекція від'ємного результату трохи відрізняється від попереднього правила при додаванні і виконується наступним чином: якщо виник перенос із  $i$ -ої тетради (біт міжтетрадного запозичення дорівнює 0) при відніманні  $A - B$ , то із  $i$ -ої тетради  $R^*_i$  віднімається шість. При виконанні корекції перенос із тетради не повинен змінювати значення наступної тетради проміжного результату.

Приклад.  $A = 23$ ,  $B = 62$ . Знайти різницю  $A - B$ .

Двійково-десяткове значення числа  $A$  і  $B$ :  $A = 0010\ 0011$ ,  $B = 0110\ 0010$ .

Додатковий код числа  $B$ :  $[B]_{\text{дод.}} = 1001\ 1110$ .

Віднімаючи  $A - B = A + [B]_{\text{дод.}}$ , отримуємо  $R'$ :

$$\begin{array}{r} 0010\ 0011 \quad 23 \\ \underline{1001\ 1110} \quad 9E \\ 1101\ 0000 \end{array}$$

Переносу немає: результат операції від'ємний, біт запозичення дорівнює 1.

Формуємо доповнення  $[R']_{\text{дод.}}$  та виконуємо корекцію:

$$\begin{array}{r} 0011\ 1111 \\ \underline{1111\ 1010} \quad -\$06 = \$FA \\ 0011\ 1001 \quad -39 \end{array}$$

Результат: біт знаку  $-$ ; різниця 39.

Коли від'ємний результат необхідно зберегти у додатковому коді, крок формування доповнення опускається. Можна одразу переходити до корекції (відніманню шести в тих тетрадах, де не було переносу).

## 2. 4 Програмування арифметичних операцій

Нижче наведений приклад тестової програми для перевірки операцій додавання та віднімання двійково-десяткових однобайтних чисел в середовищі AVR Studio 4. Для двійкового додавання та віднімання числа можна задавати із знаком і без знаку. Двійково-десяткові числа представлені в упакованому вигляді без знаку.

Для програмування оберемо мікроконтролер фірми Atmel AT90S8515.

## Текст програми

```

;*****
;
; Тестова програма додавання та віднімання однобайтних операндів
;*****
.include "8515def.inc"
.def BCDA=r30
.def BCDB=r31
.def tempadd=r29
.def temp=r28
.org 0
    rjmp INIT
;*****
; Підпрограма додавання двійково-десяткових упакованих беззнакових чисел
; BCDA та BCDB. Результат повертається в BCDA , перенос – в BCDB
;*****
BCDadd:
    ldi tempadd,$66    ;
    add BCDA,BCDB    ;
    add BCDA, tempadd
    clr BCDB
    brcs add_0
    rjmp add_1
add_0: ldi BCDB,1      ; встановити вихідний перенос
add_1: brhs add_2     ; якщо міждетрадний перенос дорівнює 0,
    subi BCDA,$06    ; LSD = LSD – 6
add_2: sbrs BCDB,0   ; якщо вихідний перенос дорівнює 0,
    subi BCDA,$60    ; MSD = MSD – 6
    ret
;*****
; Підпрограма віднімання двійково-десяткових упакованих беззнакових чисел
; BCDA та BCDB (BCDA – BCDB).
; Результат повертається BCDA, знак різниці – в BCDB
;*****
BCDsub:
    sub BCDA,BCDB ;

```

```

        clrBCDb          ;
        brcc  sub_0      ; якщо біт запозичення дорівнює 1,
            ldi  BCDb,1  ; зберігати його
sub_0:  brhc  sub_1      ; якщо міжтетрадний заїм дорівнює 1,
        subi  BCDA,$06  ; LSD = LSD - 6
sub_1:  sbrc  BCDb,0    ; якщо збережений біт запозичення
                                ;дорівнює 0,
        ret                                ; вийти,
        subi  BCDA,$60  ; інакше відняти $60
        ret                                ;
;*****
;
; Основна програма
;*****
INIT:  ldi  temp,low(RAMEND)
        out  SPL,temp
        ldi  temp,high(RAMEND)
        out  SPH,temp
;*****
; Додавання двійкове
;*****
Loop:  ldi  BCDA,51      ; в r30 - двійкове число 33
        ldi  BCDb,-79
        add  BCDA,BCDb  ; Результат: BCDA = $E4
;*****
; Віднімання двійкове
;*****
        ldi  BCDA,72
        ldi  BCDb,28
        sub  BCDA,BCDb  ; Результат: BCDA = $2C
;*****
; Додавання двійково-десятькове без знака
;*****
        ldi  BCDA,$51
        ldi  BCDb,$79
        rcall BCDadd    ; Результат: BCDA + BCDb = $130
;*****
;*****

```

; Віднімання двійково-десятькове без знака

```

;*****
    ldi   BCDA,$72
    ldi   BCDB,$28
    rcall BCDSUB ; Результат: BCDB = $00 – додатній, BCDA = 44
    ldi   BCDA,$00
    ldi   BCDB,$90
    rcall BCDSUB ; Результат: BCDB = $01 – від’ємний,
                ; BCDA = 10

    rjmp loop

; end program
;*****

```

На рисунку 2.4 та 2.5 наведені фрагменти виконання програми в AVR Studio 4.

```

;*****
Loop:  ldi   BCDA,51      ; в r30 - двійкове число 33
       ldi   BCDB,-79   ; в r31 - додатковий код числа - 79
       add  BCDA,BCDB   ; Результат: BCDA = $E4
;*****
; Віднімання двійкове

```

R25	0x00
R26	0x00
R27	0x00
R28	0x02
R29	0x00
R30	0x33
R31	0xB1

Project Processor

Рисунок 2.4 – Завантаження регістрів R30, R31



The screenshot shows the SREG register status and the assembly code for BCD addition. The SREG register is shown with the following bits: **IF**, **DF**, **IF**, **DF**, **IF**, **DF**, **IF**, **DF**. The assembly code is as follows:

```

;*****
; Підпрограма додавання двійково-десяткових упакованих беззнакових чисел
; BCDa та BCDB. Результат повертається в BCDa , перенос - в BCDB
;*****
BCDadd:
    ldi tempadd,$66 ;
    add BCDa,BCDB ;
    add BCDa,tempadd
    clr BCDB
    brcs add_0
    rjmp add_1
add_0: ldi BCDB,1 ; встановити вихідний перенос
add_1: brhs add_2 ; якщо міжтетрадний перенос дорівнює 0,
        subi BCDa,$06 ; LSD = LSD - 6
add_2: sbrc BCDB,0 ; якщо вихідний перенос дорівнює 0,
        subi BCDa,$60 ; MSD = MSD - 6
        ret
;*****

```

Рисунок 2.5 – Установка бітів переносу та міжтетрадного переносу у регістрі статусу МК AT90S8515

### 3 ЗАВАНТАЖЕННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОГРАМ В ПАМ'ЯТЬ МК AVR

Кінцевим етапом даної роботи є розгляд організації флеш-пам'яті та внутрішніх регістрів МК AVR, що відповідають за програмування пам'яті EEPROM, завантаження діагностичних програм в пам'ять МК AVR та набуття навиків програмування пам'яті EEPROM МК AVR.

#### 3.1 Пам'ять команд МК (технологія FLASH-EEPROM)

Відмінною особливістю МК сімейства AVR є те, що в них як пам'ять програм використовується одна і та ж пам'ять типу FLASH-EEPROM, яка може бути різного об'єму, вільно програмуватись користувачем і знову витиратися електричним способом.

Такі перші представники однокристальних МК як 8048 і 8051 компанії Intel можна було придбати або з пам'яттю типу MROM (програмно-маскована ROM), або з вбудованою пам'яттю EPROM. Вони могли працювати також і із зовнішньою пам'яттю EPROM. Моделі з пам'яттю типу MROM мали один недолік: їх міг програмувати лише завод, що виготовляв такі моделі в рамках виробничого процесу, а витерти дані було неможливо.

МК з пам'яттю EPROM мали в корпусі віконце з кварцевим склом для витирання інформації, проте їх негативною стороною була висока ціна.

МК сімейства AVR з вбудованою флеш-пам'яттю EPROM економлять не лише місце на платі електронного пристрою, але також представляють в розпорядження користувача всі контакти вводу/виводу МК. Також може відпасти необхідність і в колодці для зовнішньої пам'яті EPROM.

Поряд з можливістю програмування всіх МК сімейства AVR в паралельному режимі, компанія Atmel надає в розпорядження користувачів дуже ефектну можливість послідовного програмування через послідовний інтерфейс SPI. В результаті програма користувача може бути «записана» у флеш-пам'ять і знову витерта безпосередньо у складі схеми, в якій працюватиме мікроконтролер. Схема програмування вже інтегрована в кристал.

Допоміжна напруга  $V_{pp} = +12V$  необхідна лише при програмуванні в паралельному режимі. Так або інакше, ця напруга використовується в більшості електричних схем (наприклад, для послідовного інтерфейсу).

### 3.2. Фізична організація флеш–пам'яті базової серії МК сімейства AVR

Пам'ять команд в МК базової серії сімейства AVR є флеш–пам'яттю EPROM і у всіх чотирьох моделях складається з  $n$  16–розрядних (2 байти) слів.

У мікроконтролері AT90S8515 – лічильник команд має ширину 12 розрядів і таким чином може обробляти  $n = 4096$  (\$1000) – 4Кбайт командних 16–розрядних слів. У мікроконтролері AT90S4414 він має ширину 11 розрядів, що відповідає  $n = 2048$ (\$800) командних слів. Мікроконтролер AT90S2313 містить лічильник команд шириною 10 розрядів ( $n = 1024$  і, відповідно, \$400), а мікроконтролер AT90S1200 зі своїм лічильником команд шириною 9 розрядів може адресувати 512 (\$200) команд.

Розподіл пам'яті команд в чотирьох основних типах МК AVR наведено на рисунку 3.1.

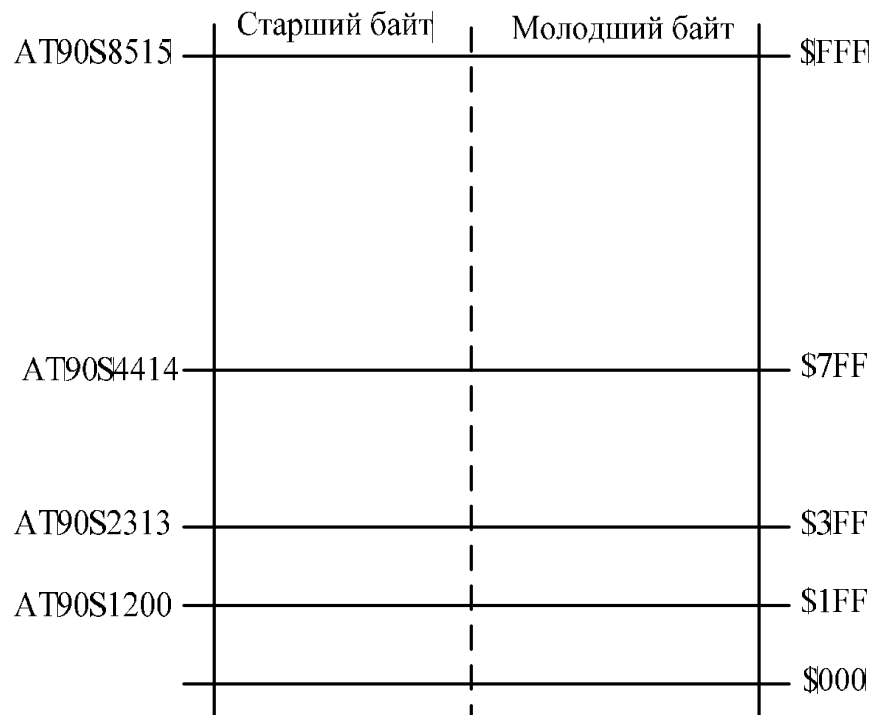


Рисунок 3.1 – Розмір та організація пам'яті по технології флеш–пам'яті EPROM

### 3.3 Доступ центрального процесора до пам'яті EEPROM на запис/читання

Для програмування пам'яті EEPROM МК AVR немає необхідності застосовувати зовнішній програматор. Кожна комірка пам'яті EEPROM може бути запрограмована безпосередньо під час виконання програми користувача.

Якщо під час звернення до пам'яті EEPROM з метою запису відбувається системне скидання, то результат буде невизначений, оскільки регістр адреси EEAR буде встановлено в лог.0. З цієї причини можуть міститися помилкові дані за адресою, що підлягає програмуванню, або в байті з адресою 0 в пам'яті EEPROM.

Для програмування використовуються три регістри пам'яті EEPROM: регістр адреси EEAR, регістр даних EEDR і регістр керування EECR. У всіх трьох випадках йдеться про 8-розрядні регістри, за винятком регістра EEAR МК AT90S8515, оскільки у цього МК в розпорядженні є 512 байт пам'яті EEPROM, і, таким чином, для адресації необхідно 9 розрядів. В мікроконтролері AT90S8515 регістр EEAR 16-розрядний і роздільний на дві частини: EEARH (старший байт) і EEARL (молодший байт).

Розглянемо регістри EEAR, EEDR і EECR, що використовуються при зверненні до пам'яті EEPROM.

### 3.4 Регістр адреси EEAR пам'яті EEPROM

Регістр адреси EEAR пам'яті EEPROM має довжину один байт (мікроконтролери AT90S1200, AT90S2313, AT90S4414) або два байти – мікроконтролер AT90S8515. Він розташований в області вводу/виводу за адресою \$1E(RAM:\$3E) а, в разі МК AT90S8515 займає два байти з адресами \$1E(RAM:\$3E– молодший байт) і \$1F(RAM:\$3F– старший байт) (рисунок 3.2).

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
–	–	–	–	–	–	–	EEAR8	EEAR8	EEAR8	EEAR8	EEAR8	EEAR8	EEAR8	EEAR0	EEAR0

Рисунок 3.2 – Структура регістра адреси EEAR

Ці байти доступні для читання та запису. Після подачі сигналу скидання біти регістру EEAR встановлюються в 0. Для програмування або читання байта даних пам'яті EEPROM в регістр адреси EEAR має бути записана відповідна адреса.

### 3.5 Регістр даних EEDR пам'яті EEPROM

Регістр даних EEDR пам'яті EEPROM знаходиться в області вводу/виводу за адресою \$1D (RAM:\$3D). Після подачі сигналу скидання біти регістру EEAR обнуляються. Байт EEDR доступний для читання і запису (рисунок 3.3).

7	6	5	4	3	2	1	0
MSB							MSL

Рисунок 3.3 – Структура регістра даних EEDR

В процесі запису в пам'ять EEPROM байт, що підлягає програмуванню, завантажується в регістр EEDR. В процесі читання з пам'яті EEPROM в регістр EEDR записується вміст відповідного рядка пам'яті EEPROM. Адреса в пам'яті EEPROM в обох випадках визначається по вмісту регістра EEAR.

### 3.6 Регістр керування EECR пам'яті EEPROM

Регістр керування EECR пам'яті EEPROM знаходиться в області вводу/виводу за адресою \$1C (RAM: \$3C) (рисунок 3.4).

7	6	5	4	3	2	1	0
–	–	–	–	–	EEMWE	EEWE	EERE

Рисунок 3.4 – Структура регістра керування EECR

У МК сімейства AVR використовуються лише розряди 0...1 (AT90S1200) або ж розряди 0...2 регістра EECR (доступні для читання і запису). Останні розряди компанія Atmel зарезервувала для подальших застосувань і вони доступні лише для читання (завжди містять лог. 0).

### 3.7 Читання пам'яті EEPROM всіх типів МК AVR

Для керування процесом читання використовується розряд EERE (EEPROM Read Enable – пам'ять EEPROM готова до читання) . Після запису коректної адреси в регістр

EEAR процес читання може бути активізований установкою розряду EERE в регістрі керування EECR.

У МК AT90S1200, особливо у варіантах для високих тактових частот розряд EERE необхідно встановлювати підряд двічі, щоб надати апаратній частині досить часу для читання елементів пам'яті EEPROM. Це показано на прикладі розглянутої нижче програми.

Після закінчення читання розряду EERE апаратне забезпечення прочитусь необхідний байт в регістр EEDR, після чого вже немає необхідності знов опитувати розряд EERE, оскільки читання триває лише один цикл такту системної синхронізації. Після того, як розряд EERE встановлений в лог.1, центральний процесор буде затримано на два такти системної синхронізації перш ніж буде виконана наступна команда (це не відображується при тестуванні в AVR–Studio аж до версії 1.5).

Перед початком операції читання програма користувача повинна постійно опитувати розряд EERE і чекати появи лог. 0. Якщо під час програмування пам'яті EEPROM у відповідний регістр вводу/виводу пам'яті EEPROM буде записана нова адреса або дані, то процес програмування, що ще продовжується, буде перерваний і результат буде невизначеним!

### **3.8 Запис в пам'ять EEPROM в МК AT90S2313, AT90S4414 і AT90S8515**

Розряд EERE (EEPROM Write Enable– пам'ять EEPROM готова до запису) – це розряд керування процесом запису. Для запису байта в пам'ять EEPROM розряд EERE необхідно встановити в лог. 1, якщо в регістрі EEAR знаходиться адреса пам'яті EEPROM, а в регістрі EEDR – байт даних, що підлягає програмуванню. Для запобігання невизначеності запису в пам'ять EEPROM розряд EERE може бути встановлений лише в тому разі, якщо встановлений також і розряд EEMWE.

Для програмування пам'яті EEPROM мають бути виконані наступні дії:

1. Діждатися закінчення процесу програмування пам'яті EEPROM( якщо він активний), тобто доки розряд EERE не повернувся в стан лог. 0.
2. Записати нову адресу в регістр EEAR пам'яті EEPROM (1 байт або 2 байти в разі використання МК AT90C8515).
3. Записати необхідний байт даних в регістр EEDR пам'яті EEPROM.
4. Встановити розряд EEMWE в лог. 1.
5. Впродовж наступних чотирьох періодів такту системи після установки розряду EEMWE в розряд EERE має бути записана лог. 1, тим самим буде запущений процес програмування.



```

out          EEARH,Temp          ; В регістр адреси
                                     ; (старша частина)
ldi          Temp,Low(AdrWr)     ; Молодший байт адреси
                                     ; запису в EEPROM
out          EEARL,Temp          ; В регістр адреси
                                     ; (молодша частина)
out          EEDR,EEdwr          ; Байт даних – в регістр
                                     ; даних
sbi          EECR,EEMWE          ; Розряд EEMWE
                                     ; дозволяє програмування
sbi          EECR,EEWE          ; Розряд EEME: встановлено
                                     ; початок програмування.
                                     ; Команда виконується
                                     ; протягом 4–х тактів,
                                     ; оскільки затримка ЦП
                                     ; складає 2 такти

ret

EERead:      ; Підпрограма "Читання EEPROM"
sbic        EECR,EEWE
rjmp       EERead
ldi        Temp,High(AdrRd)
out        EEARH,Temp
ldi        Temp,Low(AdrRd)
out        EEARL,Temp
sbi        EECR,EERE
in         EEdrd,EEDR
ret

Initial:    ; Підпрограма ініціалізації
ldi        Temp,Low(RAMEND)
out        SPL,Temp
ldi        Temp,High(RAMEND)
out        SPH,Temp          ; Встановити початок стеку
ldi        Temp,$ff          ; Напрямок передачі – вивід
out        DDRA,Temp          ; В регістр передачі даних

```



```

ldi          Temp,$00          ; Напрям передачі – ввід
out         DDRC,Temp         ; В регістр передачі даних
out         PORTC,Temp        ; Обрати порт C
in          EEdwr,PinC        ; Загрузити байт з порту C
rcall      EEWrite            ; Записуємо байт за адресою $100
rcall      EERead             ; Читаємо байт даних за
                               ; адресою $101

out         PortA,EEdrd

```

Endlos:

```
rjmp Endlos
```

В такому вигляді програма буде читати з виводів порту C код \$FF, оскільки вони знаходяться в третьому стані. Тому попередньо на виводах порту C треба встановити довільний код в межах \$00...\$FF (рисунок 3.5).

На рисунку 3.5–3.9 наведені фрагменти виконання програми програмування пам'яті EEPROM.

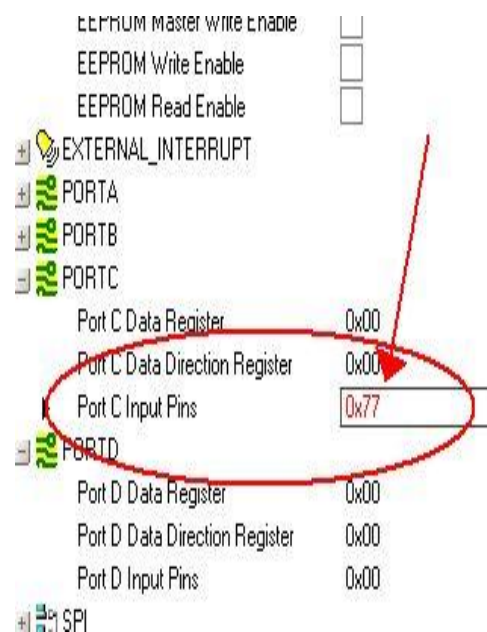


Рисунок 3.5 – Попередня установка коду для запису

R07	0x00
R08	0x00
R09	0x00
R10	0x00
R11	0x00
R12	0x00
R13	0x00
R14	0x00
R15	0x00
R16	0x77
R17	0x00
R18	0x00

```

out    DDRA,Temp
ldi    Temp,$00
out    DDRC,Temp
out    PortC,Temp
in     EEdwr,PinC
rcall  EEWrite
rcall  EERead
out    PortA,EEdrd

Endlos:

rjmp  Endlos ;

```

Рисунок 3.6 – Завантаження коду з виводів порту C та зберігання в регістрі R16

```

RESET:
    rjmp Initial
EEWrite:
    sbic    EECR,EWE
    rjmp    EEWrite
    ldi     Temp,High(AdrWr)
    out     EE&RH,Temp
    ldi     Temp,Low(AdrWr)
    out     EE&RL,Temp
    out     EEDR,EEdwr
    sbi     EECR,EEMWE
    sbi     EECR,EWE
    ret
EERead:
    ret
    sbic    EECR,EWE
    rjmp    EERead
    ldi     Temp,High(AdrRd)
    out     EE&RH,Temp
    ldi     Temp,Low(AdrRd)
    out     EE&RL,Temp
    sbi     EECR,EERE
    in     EEdrd,EEDR
    ret
Initial:
    ldi     Temp,Low(RAMEND)
    out     SPL,Temp
    ldi     Temp,High(RAMEND)

```

Name	Address	Value	Bits
EEAR	0x1E (0x3E)	0x0100	
EECR	0x1C (0x3C)	0x06	
EEDR	0x1D (0x3D)	0x77	

Рисунок 3.7 – Програмування комірки \$100 пам'яті EEPROM

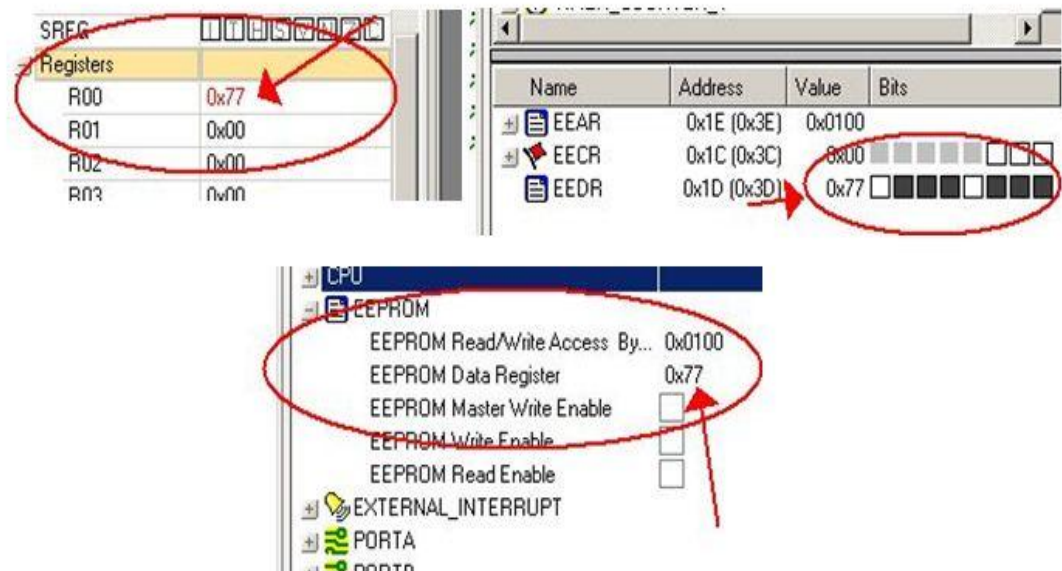


Рисунок 3.8 – Перевірка процедури запису комірки \$100 пам'яті EEPROM

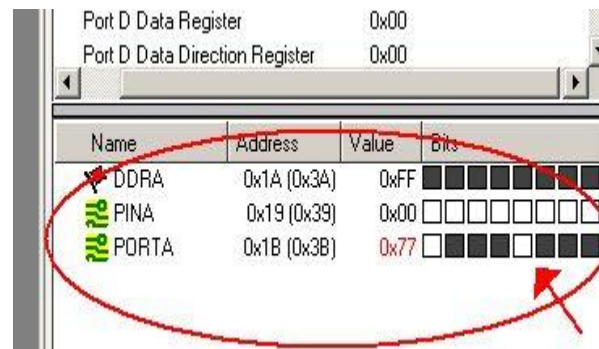


Рисунок 3.9 – Завершення програми – видача коду в порт А

Підпрограма EEWwrite за допомогою циклічного опитування розряду EEWE чекає готовності пам'яті EEPROM до нового програмування. Як тільки розряд EEWE переходить в стан лог. 0, в регістри EEARH, EERAL і EEDR будуть записані відповідно два байти адреси EEPROM і байт даних, що підлягає програмуванню. За допомогою установки розряду EEMWE буде дозволене програмування.

Тепер у програмі користувача є час тривалістю 4 періоди такту системної синхронізації для запуску процесу програмування за допомогою установки розряду EEWE.

У розглянутому вище прикладі це відбувається вже при виконанні наступної команди. Якщо вихід з підпрограми здійснюється по команді get, то процес програмування продовжується далі.

Підпрограма EERead за допомогою циклічного опитування розряду EEWE чекає закінчення процесу програмування (якщо він в даний момент активний). Як тільки розряд EEWE перейде в стан лог. 0, в регістри EEARN і EEARL будуть записані 2 байти адреси пам'яті EEPROM, що підлягають читанню. Після цього для початку процесу читання буде встановлений розряд EERE.

У зв'язку з тим, що такт системної синхронізації в мікроконтролері AT90S8515 повинен складати максимум 8 МГц, тут немає необхідності встановлювати розряд EERE 2 рази, як це відбувається в мікроконтролері AT90S1200, для того, щоб надати в розпорядження апаратної частини досить часу для читання комірки пам'яті EEPROM. Необхідний байт знаходиться в області вводу/виводу, що відповідає регістру EEDR, і переписується для подальшої обробки в робочий регістр EEDRD.

Основна програма на початку проводить ініціалізацію покажчика стеку та портів А і С, що використовуються для вводу/виводу. Після цього читається байт, що присутній на виводах порту С, та за допомогою підпрограми EEWrite записується за адресою \$100 пам'яті EEPROM. Потім підпрограма EERead читає дані в робочий регістр EEdrd пам'яті EEPROM за адресою \$100. Цей байт надалі передається в порт А. Подальше виконання програми показано у вигляді циклу.

### 3. 9 Директиви асемблера для реалізації діагностичних програм

Директиви асемблера, що використовуються при програмуванні МК AVR, не породжують кодів операцій, що виконуються, а лише є вказівками, що управляють роботою асемблера. Вони ініціалізують області пам'яті, визначають константи в пам'яті, встановлюють лічильник команд на певну адресу і так далі.

Директиви, що використовуються для програмування МК AVR, наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Директиви асемблера

Директиви	Опис
.BYTE	Відводить для змінної місце в пам'яті.
.CSEG	Сегмент коду.
.DB	Визначає однобайтову(і) константу(и).
.DEF	Призначає символічне ім'я регістру.
.DEVICE	Повідомляє асемблеру про тип МК.
.DSEG	Сегмент даних.
.DW	Визначає двохбайтну константу.

.ENDMACRO	Кінець макросу.
.EQU	Співставляє символічне ім'я з деяким виразом.
.ESEG	Сегмент пам'яті EEPROM.
.EXIT	Завершує асемблювання файлу.
.INCLUDE	Вставляє вихідний код з другого файлу.
.LIST	Створює файл лист.
.LISTMAC	Відображення коду макросу в лістингу.
.MACRO	Початок макросу.
.NOLIST	Відміняє створення файлу лістингу.
.ORG	Визначає абсолютну адресу.
.SET	Призначає символічне ім'я деякому виразу.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Загальні питання з охорони праці**

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці. В законі України «Про охорону праці» визначається, що охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

При роботі з обчислювальною технікою змінюються фізичні і хімічні фактори навколишнього середовища: виникає статична електрика, електромагнітне випромінювання, змінюється температура і вологість, рівень вміст кисню і озону в повітрі. Забезпечення цих умов покладається на власника або уповноважений ним орган (далі роботодавець). Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

### **4.2 Правові та організаційні основи охорони праці**

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Відповідно до статті 3 Закону України «Про охорону праці» (далі – Закону) законодавство про охорону праці складається з Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, норм міжнародного договору (ратифіковані Конвенції і Рекомендації МОТ, директиви Європейської Ради).

Обов'язки працівників щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці (ст. 14), відповідальність робітників всіх категорій за порушення вимог щодо охорони праці (ст. 44) та структура організації/виробництв системи управління

охорони праці визначені безпосередньо «Інструкцією на робоче місце № 1», та іншими затвердженими власними нормативними актами з питань охорони праці (правилами, нормами, регламентами, положеннями, стандартами, інструкціями та іншими документами, обов'язковими до виконання), тобто тих, що діють на підприємстві/організації, і визначені НПАОП 0.00-6.03-93 «Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві».

#### **4.3 Організаційно-технічні заходи з безпеки праці**

В організації/підприємстві проводиться навчання і перевірка знань з питань охорони праці відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Держнагляддохоронпраці України від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N 231/10511 (НПАОП 0.00-4.12-05).

Також впроваджені організаційні заходи з пожежної безпеки - навчання і перевірку знань відповідно до вимог Типового положення про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України, затвердженого наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 29.09.2003 N 368, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за N 1148/8469 (НАПБ Б.02.005-2003).

#### **4.4 Аналіз стану умов праці та вимоги до приміщення**

Робота над створенням дипломного проекту проходитиме в приміщенні відповідної установи (компанії, підприємстві тощо). Для даної роботи достатньо однієї людини, для якої надано робоче місце зі стаціонарним комп'ютером. Геометричні розміри приміщення зазначені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Найменування	Значення
Довжина, м	5
Ширина, м	5
Висота, м	3
Площа, м <sup>2</sup>	25
Об'єм, м <sup>3</sup>	75

Згідно з [ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»] розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м. Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам. Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування. Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

#### 4.5 Вимоги до організації робочого місця

При порівнянні відповідності характеристик робочого місця нормативним основні вимоги до організації робочого місця за [ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин»] і відповідними фактичними значеннями для робочого місця, констатуємо повну відповідність в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Характеристики робочого місця

Найменування параметра	Фактичне значення	Нормативне значення
Висота робочої поверхні, мм	750	680 ÷ 800
Висота простору для ніг, мм	730	не менше 600
Ширина простору для ніг, мм	660	не менше 500



Глибина простору для ніг, мм	700	не менше 650
Висота поверхні сидіння, мм	470	400 ÷ 500
Ширина сидіння, мм	400	не менше 400
Глибина сидіння, мм	400	не менше 400
Висота поверхні спинки, мм	600	не менше 300
Ширина опорної поверхні спинки, мм	500	не менше 380
Радіус кривини спинки в горизонтальній площині, мм	400	400
Відстань від очей до екрану дисплея, мм	800	700 ÷ □ 800

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно-поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Приміщення кабінету знаходиться на другому поверсі трьох поверхової будівлі і має об'єм 78 м<sup>3</sup>, площу — 18 м<sup>2</sup>. У цьому кабінеті обладнано три місця праці, з яких два укомплектовані ПК.

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 18–24°C, відносна вологість — близько 50%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум на робочому місці знаходиться на рівні 50 дБА. Система вентилявання приміщення — природна неорганізована, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тонеру, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет має бути оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5.

Наявна аптечка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

#### 4.6 Навантаження та напруженість процесу праці

Під час виконання робіт використовують ПК та периферійні пристрої, що призводить до навантаження на окремі системи організму. Такі перекося у напруженні різних систем організму, що трапляються під час роботи з ПК, зокрема, значна напруженість зорового аналізатора і довготривале малорухоме положення перед екраном, не тільки не зменшують загального напруження, а навпаки, призводять до його посилення і появи стресових реакцій.

Найбільшому ризику виникнення різноманітних порушень піддаються: органи зору, м'язово скелетна система, нервово-психічна діяльність, репродуктивна функція у жінок.

Тобто наявне психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

а) фізичного перевантаження:

- статичного;
- динамічного;

б) нервово-психічного перевантаження:

- розумового перенапруження;
- монотонності праці;
- перенапруження аналізаторів;
- емоційних перевантажень.

Роботу за дипломним проектом визнано, таку, що займає 50% часу робочого дня та за восьмигодинної робочої зміни рекомендовано встановити додаткові регламентовані перерви:

- для розробників програм тривалістю 15 хв через кожен годину роботи.

#### 4.7 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі на персональному комп'ютері

Роботу, пов'язану з електронно-обчислювальними машинами (далі - ПК) з відео дисплейними терміналами (далі - ВДТ), у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані ЕОМ з ВДТ і периферійними пристроями (далі - ПП), виконують із забезпеченням виконання НПАОП 0.00.-1.28-10 «Правил охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», які встановлюють вимоги безпеки до обладнання робочих місць, до роботи із застосуванням ПК з ВДТ і ПП. Переважно роботи за проектами виконують у кабінетах чи інших приміщеннях, де використовують різноманітне електрообладнання, зокрема ПК та периферійні пристрої.

Робочі місця мають відповідати вимогам цих Правил та Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.98 N 7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98).

Це передбачає, що визначена виробнича діяльність пов'язана з наявністю певної кількості небезпечних та/або шкідливих виробничих факторів. Тому у першій частині цього підрозділу за результатами аналізу повинні бути визначені такі фактори.

Робота ПК та периферійних пристроїв супроводжує виділення багатьох хімічних речовин, зокрема озону, оксидів нітрогену та аерозолів (високодисперсних частинок тонера). Для прикладу, за умов роботи з ПК виникають наступні небезпечні та шкідливі чинники: несприятливі мікрокліматичні умови, освітлення, електромагнітні випромінювання, забруднення повітря шкідливими речовинами (джерелом яких може бути принтер, сканер та ін.), шум, вібрація, електричний струм, електростатичне поле, напруженість трудового процесу та інше.

#### **4.8 Пожежна безпека**

Пожежна безпека при застосуванні ЕОМ забезпечується:

- системою запобігання пожежі,
- системою протипожежного захисту,
- організаційно-технічними заходами.

Згідно НАПБ Б.03.002-2007 таке приміщення, площею 25 м<sup>2</sup>, відноситься до категорії "В" (пожежонебезпечної) та для протипожежного захисту в ньому проектом передбачено устаткування автоматичною пожежною сигналізацією із застосуванням датчиків-сповіщувачів РІД-1 (сповіщувач димовий ізоляційний) в кількості 1 шт., і застосуванням первинних засобів пожежогасіння. Відповідно до норм первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вуглекислий вогнегасник ОУ-5 в кількості 1 шт. або хімічний пінний ОХП-10 – 1 шт;
- ковдру 1 м<sup>2</sup>, кошму 2×1,5 м<sup>2</sup> або азбестове полотно 2×2 м<sup>2</sup> в кількості 1 шт.

Виникнення пожежі можливе, якщо на об'єкті є горючі речовини, окислювач і джерела запалювання. Вірогідність пожежної небезпеки приймається значною, якщо ймовірна взаємодія цих трьох чинників. Горючими компонентами є: будівельні матеріали для акустичної і естетичної обробки приміщень, перегородки, підлоги, двері, ізоляція силових, сигнальних кабелів і т.д.

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ЕОМ, є:

- поліамід – матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420 °С,
- полівінілхлорид – ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 °С, температура самозаймання 530 °С,
- склотекстоліт ДЦ – матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання,
- пластикат кабельний №.489 – матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1,
- деревина – будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255 °С, температура самозаймання 399 °С.

Для відводу теплоти від ЕОМ діє система кондиціонування. Тому кисень, як окиснювач процесів горіння, є в будь-якій точці приміщень ВЦ.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходитися пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до [НАПБ Б.03.002-2007] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Потенційними джерелами запалювання можуть бути:

- іскри і дуги короткого замикання;
- електрична іскра при замиканні і розмиканні ланцюгів;
- перегріву від тривалого перевантаження,
- відкритий вогонь і продукти горіння,
- наявність речовин, нагрітих вище за температуру самозаймання,
- розрядна статична електрика.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- несправність електроустановки;
- конструктивні недоліки устаткування;
- коротке замикання в електричних мережах;
- запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згорання, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол. (ГОСТ 12.1.044-89).

Для захисту персоналу від дії небезпечних і шкідливих чинників пожежі проектом передбачається застосування промислового протигазу, що фільтрує, з коробкою марки «В» із сірою відміткою забарвлення – захист від неорганічних газів (хлор, фтор, бром, сірководень, сірковуглець, хлорціан, галогени), а цей фільтр не захистить від СО (тобто від чадного газу).

Можливе також відповідне застосування фільтрувальної коробки з маркуванням «СО» із фіолетовим забарвленням на фільтрі означає, що він захищає від Чадного газу. Або фільтру для протигазу з літерним маркуванням «SX» із фіолетовим забарвленням захистить від спец речовин таких як (зарин, зоман та фосген).

#### **4.9 Електробезпека**

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник.

#### **4.10 Мікроклімат**

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Іа. Отже оптимальні значення для температури, відносної

вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають [ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»] і наведені в таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	Температура С <sup>0</sup>	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря у відповідності до [ДСН 3.3.6.042-99]. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати [ДСН 3.3.6.042-99]. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі користувача, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату. Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

#### 4.11 Освітлення робочого місця

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ПЕОМ. Вона багато в чому визначається колірною і мережевий обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5-1,7м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7). Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПЕОМ.

Природне освітлення, коли робочі місця з ПЕОМ розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 - 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ПЕОМ. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ЕОМ виконується зорова робота IV в розряді точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці ( $E_n$ ) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ЕОМ передбачається природне бічне освітлення, рівень якого відповідає СНіП 11-4-79 [13]. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє СНіП і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення.

Розрахунок освітлення.

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$\sqrt{a^2 + b^2} \cdot S_b = (1/8 \div 1/10) \cdot S_n \quad (4.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>.

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 5 = 25 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вік}} = 1/8 \cdot 25 = 3,125 \text{ м}^2$$

Приймаємо 2 вікна площею  $S = 1,6 \text{ м}^2$  кожне.

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 5 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типа ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $N$  виробляється по формулі (4.2):

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M} \quad (4.2)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа, м<sup>2</sup>;  $S = 25 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника (для стандартних світильників  $Z = 1.1$  - 1.3) приймаємо рівним 1,1;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 5400лм.

Підставивши числові значення у формулу (3.1), отримуємо:

$$n = \frac{300 \cdot 25 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{5400 \cdot 0,575 \cdot 2} \approx 2,64$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 3-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

Потужність електроосвітлювальної установки з урахуванням місцевого освітлення визначається за формулою:



$$N = \frac{n \cdot W + (0,1 \div 0,2) \cdot n \cdot W}{1000}, \text{кВт} \quad (4.3)$$

де  $n$  – розрахункова кількість ламп для освітлення даного приміщення;

$W$  – потужність однієї лампи, Вт;

$(0,1 \div 0,2)$  – додаткова потужність для ламп місцевого освітлення, Вт

$$N = \frac{3 \cdot 160 + 0,2 \cdot 3 \cdot 160}{1000} = 0,576 \text{ кВт}$$

#### 4.12 Шум, вібрація та електромагнітне випромінювання

Рівень шуму, що супроводжує роботу користувачів персональних комп'ютерів, а також зовнішніми чинниками, коливається у межах 50–65 дБА (ДСН 3.3.6.037-99). Шум такої інтенсивності на тлі високого ступеня напруженості праці негативно впливає на функціональний стан користувачів. Тому на практиці рекомендують знижувати фактичний рівень шуму у приміщеннях, де створюють комп'ютерні програми, виконують теоретичні та творчі роботи, проводять навчання до 40 дБА, а в приміщеннях, де виконують роботу, що потребує зосередженості, — до 55 дБА. У залах опрацювання інформації та комп'ютерного набору рівні шуму не повинні перевищувати 65 дБА.

Для зниження шуму на шляху його поширення передбачається розміщення в приміщенні штучних поглиначів. Для зниження рівня шуму стелю або стіни вище 1.5 - 1.7 метра від підлоги повинні облицьовуватися звукопоглинальним матеріалом з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в області частот 63-8000 Гц. Додатковим звукопоглинанням в КВТ можуть бути фіранки, підвішені в складку на відстані 15-20 см. Від огорожі, виконані з щільної, важкої тканини. У приміщенні з ЕОМ коректований рівень звукової потужності не перевищує 45 дБА. Оскільки рівень шуму не перевищує гранично допустимих величин, які встановлені санітарними нормами, заходи для зниження шуму не проводяться.

Віброізоляція можливо здійснювати за допомогою спеціальної прокладки під системний блок, який послаблює передачу вібрацій робочого столу. Вібрація на робочому місці в приміщенні, що розглядається, відповідає нормам [ДСН 3.3.6.037-99]. Допустимий рівень вібрацій на робочому місці: - для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ; - для 2-3 - 1-6 дБ; - для 3 - більше 6 дБ.

Для захисту від електромагнітного випромінювання передбачаються наступні заходи:

- застосування нових плазмових моніторів,

- віддалення робочого місця не менше, ніж на 0,4 – 0,5 м, оскільки напруженість електричного поля зменшується при віддаленні від джерела поля,
- встановлення раціональних режимів роботи персоналу (обмеження часу перебування),
- раціональне розміщення в робочому приміщенні устаткування, що випромінює електромагнітну енергію.

#### 4.13 Розрахунок захисного заземлення

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом НПАОП 40.1-1.01-97, приміщення в якому проводяться всі роботи відносяться до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контура заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача  $\eta$  – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів  $\eta_v$  в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ .

Визначимо необхідний опір штучних заземлювачів  $R_{шт.з.}$ :

$$R_{шт.з.} = \frac{R_d \cdot R_{пр.з.}}{R_{пр.з.} - R_d}, \quad (4.4)$$

–де  $R_{пр.з.}$  – опір природних заземлювачів;  $R_d$  – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то  $R_{шт.з.} = R_d$ .

Підставивши числові значення у формулу (А.3), отримуємо:

$$R_{шт.з.} = \frac{4 \cdot 40}{40 - 4} \approx 4 \text{ Ом}$$

Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту  $\rho$ , Ом•м. Приблизне значення питомого опору глини приймаємо  $\rho = 40$  Ом•м (табличне значення).

Розрахунковий питомий опір ґрунту,  $\rho_{\text{розр}}$ , Ом·м, визначається відповідно для вертикальних заземлювачів  $\rho_{\text{розр.в}}$ , і горизонтальних  $\rho_{\text{розр.г}}$ , Ом·м за формулою:

$$\rho_{\text{розр.}} = \psi \cdot \rho, \quad (4.5)$$

–де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів І кліматичної зони з нормальною вологістю землі, приймається для вертикальних заземлювачів  $\rho_{\text{розр.в}}=1,7$  і горизонтальних  $\rho_{\text{розр.г}}=5,5$  Ом·м.

$$\rho_{\text{розр.в}} = 1,7 \cdot 40 = 68 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$\rho_{\text{розр.г}} = 5,5 \cdot 40 = 220 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Розрахуємо опір розтікання струму вертикального заземлювача  $R_{\text{в}}$ , Ом, за (А.5).

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho_{\text{розр.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{в}}} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_{\text{в}}}{d_{\text{ст}}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_{\text{в}}}{4 \cdot t - l_{\text{в}}} \right), \quad (4.6)$$

–де  $l_{\text{в}}$  – довжина вертикального заземлювача (для труб - 2–3 м;  $l_{\text{в}}=3$  м);

– $d_{\text{ст}}$  – діаметр стержня (для труб - 0,03–0,05 м;  $d_{\text{ст}}=0,05$  м);

– $t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, яка визначається за ф.

(3.6):

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2}, \quad (4.7)$$

–де  $h_{\text{в}}$  – глибина закладання вертикальних заземлювачів (0,8 м);

тоді  $t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3$  м

$$R_{\text{в}} = \frac{68}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 18,5 \text{ Ом}$$

Визначаємо теоретичну кількість вертикальних заземлювачів  $n$  штук, без урахування коефіцієнта використання  $\eta_{\text{в}}$ :

$$n = \frac{2 \cdot R_{\text{в}}}{R_{\text{д}}} = \frac{2 \cdot 18,5}{4} = 9,25 \quad (4.8)$$

Визначаємо коефіцієнт використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки  $\eta_{\text{в}}=0,57$  (табличне значення).

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $n_{\text{в}}$ , шт:

$$n_B = \frac{2 \cdot R_B}{R_d \cdot \eta_B} = \frac{2 \cdot 18,5}{4 \cdot 0,57} = 16,2 \approx 16 \quad (4.9)$$

Визначаємо довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м:

$$l_c = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_B - 1), \quad (4.10)$$

–де  $L_B$  – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за  $L_B = 3$  м);

– $n_B$  – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

$$l_c = 1,05 \cdot 3 \cdot (16 - 1) \approx 48 \text{ м}$$

Визначаємо опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки)  $R_\Gamma$ , Ом:

$$R_\Gamma = \frac{\rho_{\text{розр.}\Gamma}}{2 \cdot \pi \cdot l_c} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_c^2}{d_{\text{см}} \cdot h_\Gamma}, \quad (4.11)$$

–де  $d_{\text{см}}$  – еквівалентний діаметр смуги шириною  $b$ ,  $d_{\text{см}} = 0,95b$ ,  $b = 0,15$  м;

– $h_\Gamma$  – глибина закладання горизонтальних заземлювачів (0,5 м);

– $l_c$  – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача  $l_c$ , м

$$R_\Gamma = \frac{220}{2 \cdot \pi \cdot 48} \cdot \ln \frac{2 \cdot 48^2}{0,95 \cdot 0,15 \cdot 0,5} = 8,1 \text{ Ом}$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача  $\eta_c$ . відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів  $n_B$ .

Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги  $\eta_c = 0,3$  (табличне значення).

Розраховуємо результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \cdot \eta_c + R_\Gamma \cdot n_B \cdot \eta_B} \leq R_d. \quad (4.12)$$

Висновок: дане захисне заземлення буде забезпечувати електробезпеку будівлі, так як виконується умова:  $R_{\text{заг}} < 4$  Ом, а саме:

$$R_{\text{заг}} = \frac{18,5 \cdot 8,1}{18,5 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 16 \cdot 0,57} = 1,9 \leq R_d$$

#### **Висновки до розділу 4**

В даному розділі дипломного проекту зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників. Визначено параметри і характеристики приміщення для роботи над дипломним проектом, заходи, які потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для роботи. Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, електробезпеки та пожежної безпеки. Наведена схема, розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці, рекомендації з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

## ВИСНОВКИ

Для реалізації поставленої задачі в дипломній роботі:

- проведено аналіз інтерфейсу програми AVR Studio 4;
- розглянуті можливості програми AVR Studio 4 для реалізації діагностичних завдань;
- розроблено алгоритми у відповідності з поставленими завдання діагностики зовнішніх пристроїв та внутрішніх компонентів МК AVR;
- розроблено діагностичну програму звернення до портів вводу-виводу МК AVR для керування зовнішніми пристроями;
- розроблено діагностичну програму додавання та віднімання двійкових та двійково-десяткових чисел для МК AVR з метою перевірки їх виконання;
- здійснено компіляцію, налаштування та завантаження діагностичних програм в пам'ять МК AVR.

Визначені заходи щодо охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Трамперт В. AVR–RISC мікроконтролери.: Пер. с нем. – К.: «МК– Пресс», 2006. – 464 с. , ил.
2. Королев Н. AVR: Программирование в среде AVR Studio. / Николай Королев, Дмитрий Королев / Компоненты и технологии. - № 3 – 2004. С. 15 –20.
3. Гумеров Р.И. Практикум по микропроцессорам. Часть первая: микроконтроллеры AVR. Руководство. – Казань: КГУ, 2009. – 37 с.
4. Хартов В.Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. – М.: Изд–во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 240 с.: ил.
5. Интернет ресурс: [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
6. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel / Гребнев В.В. – М.: ИП РадиоСофт, 2002. – 176 с.: ил.
7. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR / Белов А.В. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 544 с.: ил.
8. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Том. II / Предко М. – М.: Постмаркет, 2001. – 488с.
9. Микушин А.В. Занимательно о микроконтроллерах. – СПб.: БХВ–Петербург, 2006. – 432 с.: ил.
10. Закон України «Про охорону праці».
11. ДБН В.2.5-28:2015 Природне і штучне освітлення.
12. Закон України Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення.
13. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно- обчислювальних машин.
14. НПАОП 0.00-8.24-05 Перелік робіт з підвищеною небезпекою.
15. НАПБ А. 01.001-2004 Правила пожежної безпеки України.
16. НАПБ.Б.06.004-2005 Правила пожарной безопасности в Украине.
17. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безопасной эксплуатации электроустановок.
18. НПАОП 40.1-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
19. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ.Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
20. ГОСТ 12.1.030-81ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.