

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Комп'ютерні технології і системи
(назва факультету)

Електронні обчислювальні машини
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему: Розробка навчального тренажеру з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем». Центральний модуль.

за освітньою програмою Комп'ютерна інженерія

зі спеціальності: 123 Комп'ютерна інженерія

Виконав: студент групи: КС1811



(підпис студента)

/Владислав КОМПАНИЄЦЬ /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:



(підпис)

/ ст. викладач, Володимир ДЗЮБА /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:



(підпис)

/ ст. викладач, Володимир ДЗЮБА /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies**

Computer Technologies and Systems
(faculty)

Electronic computers
(department)

Explanatory Note

to Bachelor's Thesis
(higher education degree)

on the topic: Development of a training simulator in the discipline «Design of microprocessor systems». Central module.

according to educational curriculum Computer Engineering

in the Speciality: 123 Computer Engineering
(speciality and its code)

Done by the student of the group: KC1811(10) / Vladyslav Kompaniets /
(name, surname)

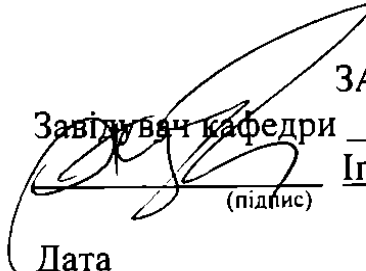
Scientific Supervisor: B D J / Sr. Lecturer, Volodymyr Dziuba /
(position, name, surname)

Normative controller : B D J / Sr. Lecturer, Volodymyr Dziuba /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерні технології і системи
Кафедра: Електронні обчислювальні машини
Рівень вищої освіти: Бакалавр
Освітня програма: Комп'ютерна інженерія
Спеціальність: 123 Комп'ютерна інженерія

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕОМ
 Ігор ЖУКОВИЦЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра
(ступінь вищої освіти)

студенту Компанійцю Владиславу Вадимовичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Розробка навчального тренажеру з дисципліни «Проектування Мікропроцесорних систем». Центральний модуль.

Керівник роботи: Дзюба Володимир Володимирович
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "07" грудня 2022 р. № 68ст

2. Строк подання студентом роботи: 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Технічний лист 8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE; Методичні вказівки з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем».

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Основна частина:

Паралельний периферійний адаптер (ППА) – Intel 8255A

Огляд програмних засобів моделювання Intel 8255A

Розробка програмного забезпечення тренажера

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
		25.03.2022 р.	5%
1	Вступ та постановка завдання	08.04.2022 р.	20%
2	Паралельний периферійний адаптер (ППА) – Intel 8255A	28.04.2022 р.	30%
3	Огляд програмних засобів моделювання Intel 8255A	27.05.2022 р.	40%
4	Розробка програмного забезпечення тренажера	02.06.2022 р.	5%
5	Висновки	17.06.2022 р.	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	22.06.2022 р.	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент


(підпис)

Владислав КОМПАНЄЦЬ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Володимир ДЗЮБА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

52с., 26 рис., 6 табл., 2 додатки, 12 джерел.

Об'єкт розробки – навчальний тренажер з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем». Центральний модуль.

Мета роботи – розробити алгоритм роботи тренажера, програмно реалізувати центральний модуль навчального тренажера з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем», протестувати на працездатність розроблений тренажер.

Методи дослідження – аналіз існуючого подібного програмного забезпечення та його порівняння, тестування програмної реалізації.

Одержані результати – було проведено аналіз наявних програмних засобів для моделювання Intel 8255A, розроблено алгоритм центральної частини навчального тренажера та на основі нього реалізовано центральний модуль програмного забезпечення тренажера. Для розробки програмного забезпечення були використані середовище розробки Lazarus та мова програмування Object Pascal.

Ключові слова: НАВЧАЛЬНИЙ ТРЕНАЖЕР, ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЦЕНТРАЛЬНИЙ МОДУЛЬ, INTEL 8255A.

ЗМІСТ

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ	6
1 ПАРАЛЕЛЬНИЙ ПЕРИФЕРІЙНИЙ АДАПТЕР (ППА) INTEL 8255A	7
1.1 Загальні характеристики, призначення.....	7
1.2 Опис структури та функціонування.....	8
1.3 Програмування пристрою	10
1.4 Використання тренажеру ППА в учбовому процесі	13
1.5 Висновки	15
2 ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ INTEL 8255A.....	16
2.1 OrCAD	16
2.2 Proteus.....	18
2.3 Multisim	19
2.4 Порівняння програм моделювання роботи Intel 8255A.....	21
2.5 Висновки	22
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРА.....	24
3.1 Зовнішній вигляд інтерфейсу навчального тренажера	24
3.2 Режими роботи тренажера	29
3.3 Опис алгоритму роботи програми.....	34
3.4 Розробка ПЗ та основні особливості тренажера	37
3.5 Довідка по використанню ПЗ тренажера	39
3.6 Висновки	42
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	44
ДОДАТОК А.....	ПОМИЛКА! ЗАКЛАДКУ НЕ ВИЗНАЧЕНО.
ДОДАТОК Б	ПОМИЛКА! ЗАКЛАДКУ НЕ ВИЗНАЧЕНО.

ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

На сьогоднішній день учбовий процес не уявляється без застосування засобів дистанційного навчання. Але цей процес дещо ускладнений неможливістю фізичної взаємодії студентів із різного роду «залізом», яке потрібне для повноцінного навчання, особливо коли мова йде про інженерні спеціальності.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка центрального модуля навчального тренажера для курсу «Проектування мікропроцесорних систем», що дозволить студентам без фізичної взаємодії ознайомитися із принципами роботи мікросхеми програмованого периферійного адаптера Intel 8255A, а викладачеві перевіряти надбані студентом навички в процесі навчання.

Для досягнення поставленої мети необхідно буде проаналізувати документацію та технічний лист по експлуатації ППА Intel 8255A. Переглянути та провести аналіз програмного забезпечення, яке дозволяє проектувати та моделювати роботу подібних мікросхем.

Основними вимогами до розроблюваного навчального тренажера є:

- допомога викладачеві у демонстрації роботи програмованого периферійного адаптера
- можливість покрокового налаштування та програмування мікросхеми
- допомога студентам у здобуванні досвіду та навичок експлуатації ППА Intel 8255A
- можливість виконувати завдання різного рівня складності для підготовки до іспиту
- контроль правильності виконання обраного завдання
- наявність довідки по роботі з тренажером

Для реалізації програмного забезпечення навчального тренажера буде проаналізовано та обрано середовище розробки та мова програмування.

1 ПАРАЛЕЛЬНИЙ ПЕРИФЕРІЙНИЙ АДАПТЕР (ППА) INTEL 8255A

1.1 Загальні характеристики, призначення

Intel 8255A — паралельний програмований пристрій введення-виводу, що широко використовується. Його можна використовувати для передачі даних у різних умовах від простого введення-виводу до переривання введення-виводу. Це економічний, функціональний, гнучкий, але трохи складний пристрій введення-виведення загального призначення, який можна використовувати практично з будь-яким мікропроцесором.

Програмований периферійний адаптер (ППА) Intel 8255A представляє собою три канали вводу/виводу А, В і С по 8 біт кожен. Існує три режими роботи мікросхеми. У режимі 0 три згадані канали можуть бути незалежно один від одного запрограмовані на введення або виведення інформації. Режим 1 дозволяє передавати інформацію каналами А і В, використовуючи окремі біти каналу С для управління обміном даними. У режимі 2 канал А набуває властивість двонаправленої шини, керованої знову ж таки окремими бітами каналу С. Крім того, можливе встановлення та скидання окремих бітів каналу С. Мікросхема випускається в 40-вивідному DIP-корпусі.

Основні особливості мікросхеми:

- Цей пристрій може бути використаний як для простого введення/виведення інформації, так і для введення/виводу за перериваннями
- Сумісний з усіма мікропроцесорами Intel, а також з багатьма іншими
- Повністю сумісний із ТТЛ мікросхемами
- Має три 8-бітних канали введення/виводу: канал А, канал В, канал С, які поділяються на дві групи по 12 висновків. Кожен канал має свою унікальну адресу. Дані можуть бути записані в канал, так і прочитані звідти.
- Існує три режими роботи мікросхеми: режим 0, режим 1 та режим 2:
 - 1) У режимі 0 три згадані вище канали можуть бути незалежно один від одного запрограмовані на введення або виведення інформації.

- 2) Режим 1 дозволяє передавати інформацію каналами А і В, використовуючи окремі біти каналу С для управління обміном даними.
- 3) У режимі 2 канал А набуває властивість двонаправленої шини, керованої окремими бітами каналу С. Також можливе встановлення та скидання окремих бітів каналу С.

1.2 Опис структури та функціонування

Структурна схема програмованого периферійного адаптера представлена на рисунку 1.1

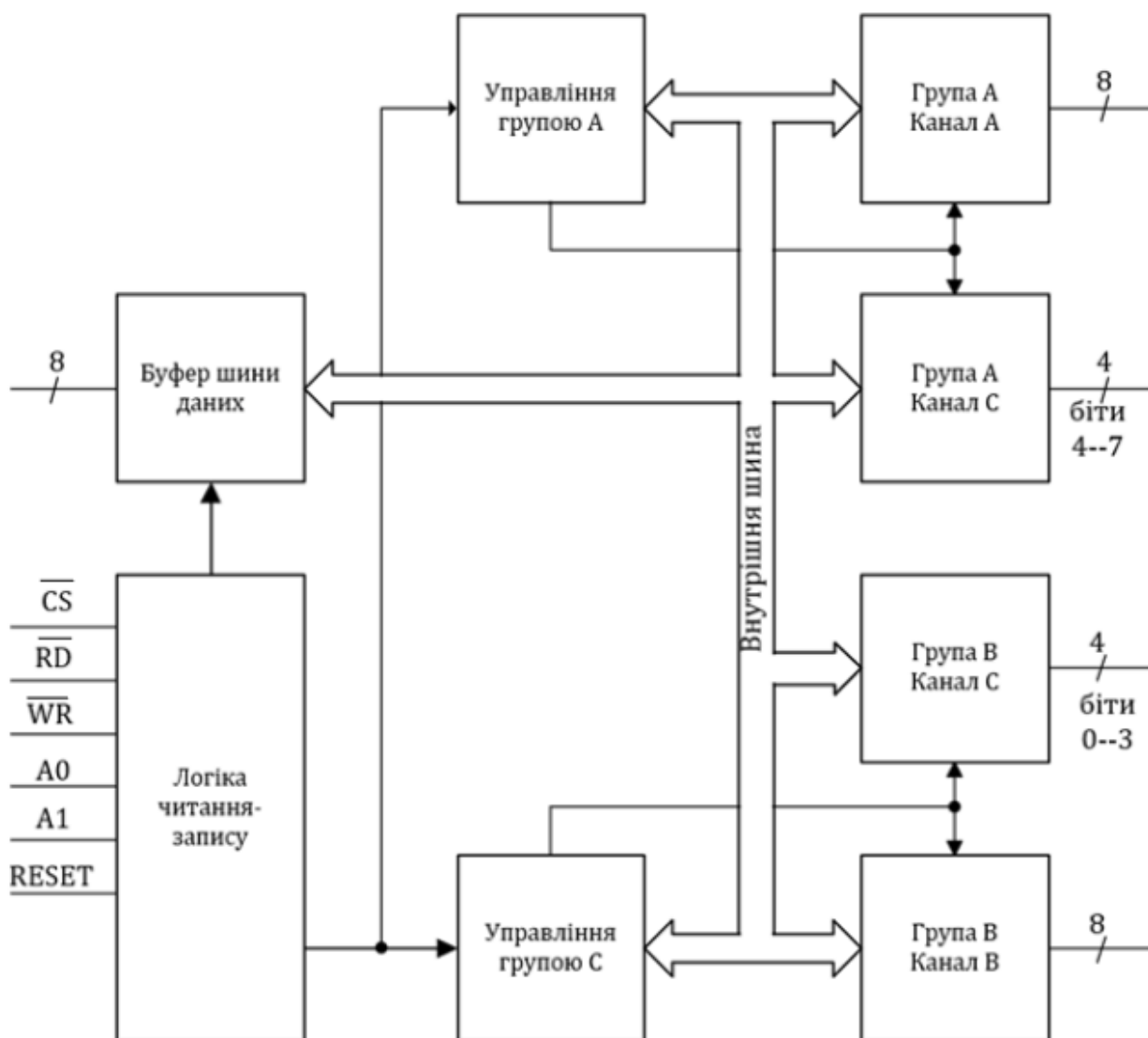


Рисунок 1.1 – структурна схема програмованого периферійного адаптера 8255А

ППА структурно розбитий на дві групи (А та В). Група А включає канал А і старшу тетраду каналу С. Група В складається з каналу В і молодшої тетради каналу С. Доступ до каналів введення/виводу та реєстру управління здійснюється за допомогою логіки читання-запису відповідно до таблиці (таблиця. 1.1)

Таблиця 1.1 Доступ до каналів введення/виводу та реєстру керуючого слова

A1	A0	/RD	/WR	/CS	
0	0	0	1	0	Шина даних ← канал А
0	1	0	1	0	Шина даних ← канал В
1	0	0	1	0	Шина даних ← канал С
1	1	0	1	0	Дані не визначені
0	0	1	0	0	Шина даних → канал А
0	1	1	0	0	Шина даних → канал В
1	0	1	0	0	Шина даних → канал С
1	1	1	0	0	Шина даних → реєстр управління
X	X	X	X	1	Шина даних у високоомному стані

Призначення цих та інших виводів мікросхеми приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Призначення виводів

D0...D7	Двонаправлена шина даних. Призначена для передачі та прийому даних процесором, а також передачі керуючих команд та слова стану
/CS	Chip Select. Вибір мікросхеми. Низький рівень ініціює обмін між процесором та ППА
/RD	Read. Читання. Низький рівень на цьому вході дозволяє ППА передати дані або слово стану процесору
/WR	Write. Запис. Низький рівень на цьому вході дозволяє ППА прийняти дані або керуючу команду
RESET	Reset. Скидання. Високий рівень на цьому вході скидає всі внутрішні реєстри, включаючи реєстри управління, перемикає всі канали (А, В, С) в режим 0, одночасно переводячи їх у режим введення (тільки за /RD = 0 та /WR = 0)

Продовження таблиці 1.2

A0, A1	Адресні входи. Вибір каналу. Дозволяють вибрати один із каналів (А, В, С) або регістри керуючого слова та стану
РА0...РА7	Канал А
РВ0...РВ7	Канал В
РС0...РС7	Канал С

Молодший та старший тетради каналу С можуть використовуватись як 4 бітні порти вводу/виводу.

1.3 Програмування пристрою

Початкове включення або подача високого рівня сигналу на вхід скидання RESET мікросхеми перемикає всі канали (А, В, С) в режим 0, одночасно переводячи їх у режим введення. Скидання виконується лише за умови $\overline{RD} = 0$ та $\overline{WR} = 0$.

Режим роботи та напрямок передачі для кожного каналу задається за допомогою запису керуючого слова в регістр управління відповідно до таблиці 1.3 або 1.4. Відзначимо можливість комбінування режимів роботи різних каналів.

Таблиця 1.3 Формат керуючого слова для вибору режиму роботи

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Прапор управління 1 = вибір режиму	Група А			Група В			
	Вибір режиму: 00 = режим 0 01 = режим 1 1X = режим 2	Канал А: 1 = ввід 0 = вивід	Старша тетрада каналу С: 1 = ввід 0 = вивід	Вибір режиму: 0 = режим 0 1 = режим 1	Канал В: 1 = ввід 0 = вивід	Молодша тетрада каналу С: 1 = ввід 0 = вивід	

Таблиця 1.4 Формат керуючого слова для двонаправленого режиму

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Прапор управління 1 = вибір режиму	Вибір режиму: 1 = режим 2	Довільний стан			Вибір режиму для каналу В: 0 = режим 0 1 = режим 1	Канал В: 1 = ввід 2 = вивід	Біти 0..2 каналу С: 1 = ввід 0 = вивід

Наприклад, канал В може бути запрограмований на виведення в режим 0 для управління різними вимикачами та реле, у той час як канал А може бути запрограмований на режим 1 для введення з клавіатури або перфострічки.

Кожен із восьми бітів каналу С може бути незалежно від інших встановлений або скинутий за допомогою спеціальної команди виводу, що надсилається в регістр управління. Ця властивість каналу С полегшує програмування у разі, коли біти каналу С використовуються для управління передачею даних каналами А або В. Формат команди наведено в таблиці 1.5.

Робота мікросхеми в режимі 1 або 2 характеризується наявністю сигналів, що управляють, які можуть викликати переривання роботи процесора.

Команда установки або скидання відповідного біта каналу С дозволяє заборонити або дозволити видачу необхідного переривання.

Таблиця 1.5 Оперування бітами

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Прапор управління 0 = оперування бітами	Довільний стан			Вибір біту: 0 0 0 = 0 біт 0 0 1 = 1 біт 0 1 0 = 2 біт 0 1 1 = 3 біт 1 0 0 = 4 біт 1 0 1 = 5 біт 1 1 0 = 6 біт 1 1 1 = 7 біт			1 = встановити біт 0 = зняти біт

При записі в мікросхему керуючого слова використовується тимчасова діаграма, наведена на рисунку 1.2. При цьому адресні входи дорівнюють логічній одиниці.

Крім того, мікросхема надає можливість незалежної програмної установки та скидання будь-якого з розрядів регістру каналу ВС. Для цього при записі керуюче слово має містити такі дані: біт D7 може бути скинутий; біти D3 – D1 у двійковій формі містять номер встановлюваного/скидаемого розряду каналу; біт D0 має бути встановлений у разі встановлення розряду каналу ВС і скинуто інакше. Стан бітів D4 – D6 значення немає.

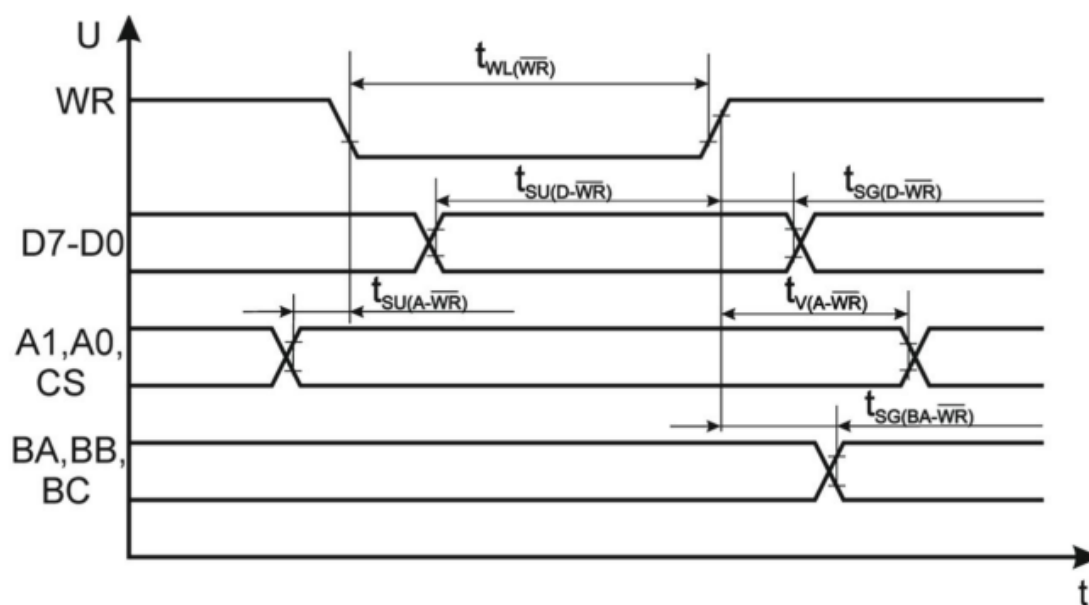


Рисунок 1.2 – Діаграма запису керуючого слова

Опис режимів роботи:

1. Режим 0 (просте введення/виведення)

Робота в цьому режимі дозволяє організувати просте введення або виведення кожного з трьох каналів. Дані записуються або зчитуються з вибраного каналу. Таким чином, основні особливості функціонування мікросхеми в режимі 0:

- два 8-бітові канали (канали А і В) і два 4-бітові канали (старша і молодша половинки каналу С);

- кожен канал може бути незалежно від інших запрограмований на введення або виведення; таким чином, всього може бути 16 різних комбінацій введення/виводу;
- виходи мають пам'ять, входи працюють без буферної пам'яті.

2. Режим 1 (тактоване введення/виведення)

Цей режим служить для однонаправленого обміну даними вибраним каналом з периферійним пристроєм. Для управління передачею або прийомом по каналу А використовується молодший зошит каналу С, канал В управляється старшим зошитом каналу С.

Основні особливості роботи в даному режимі:

- два канали (канали А та В);
- кожен канал може бути запрограмований на вхід чи вихід;
- одна тетрада каналу С використовується управління одного каналу передачі.

3. Режим 2 (двонаправлене тактоване введення/виведення)

У цьому режимі можливий обмін даними по 8-бітовій двонаправленій шині даних. Управління обміном даними, а також напрямок передачі задається за допомогою керуючих сигналів аналогічним режиму 1 способом. Можливе також генерування сигналів переривань та заборони дозволу.

Основні особливості роботи в даному режимі:

- можливе використання каналу А;
- керування обміном забезпечується 5 бітами каналу С;
- входи і виходи мають буферну пам'ять.

1.4 Використання тренажеру ППА в учбовому процесі

Через пандемію ковіду, яка поглинула увесь світ, навчальні заклади змушені були здійснювати учбовий процес в умовах дистанційного навчання задля надання безпечних умов для здобувачів освіти.

Звісно наш університет не став виключенням. Для відтворення звичних лекцій в аудиторіях кафедри був використаний ряд програмних засобів для дистанційного навчання, таких як Zoom, Lider, Telegram та інші. З їх допомогою у викладача не виникає труднощів з проведенням чергової лекції.

Але говорячи про лабораторні та практичні роботи, справа дещо відрізняється. Навіть в умовах офлайн, коли ці роботи проводяться в спеціалізованих лабораторіях університету, у студента не завжди є можливість взаємодії з певним «залізом». Ось, наприклад, для виконання лабораторних робіт по предмету «Проектування мікропроцесорних систем» використовуються навчальні мікропроцесорні комплекси, з якими студенти мають змогу працювати в лабораторіях університету кафедри ЕОМ. Але таких комплексів досить мало і не завжди є можливість забезпечити в повному обсязі взаємодію всіх студентів з ними. Така сама ситуація і з мікросхемою ППА Intel 8255A, яка випускалась ще 20-30 років тому і її наявних екземплярів недостатньо. В умовах дистанційного навчання тип паче у студента немає змоги фізично працювати з комплексами та мікросхемами. Цю проблему покликано вирішити навчальні комп'ютерні тренажери.

Навчальний тренажер у широкому сенсі це комплекс технічних засобів навчання, реалізує комп'ютерні і фізичні моделі, спеціальні методики, що забезпечує контроль якості діяльності студента, а також призначене для формування і вдосконалення в нього навичок та вмінь.

Ефективне застосування навчальних тренажерів у процесі навчання дозволяє в значній мірі зменшити кількість різних помилок, збільшити швидкість як маніпуляції, так і прийняття рішень, скоротити час здобування певних знань, адекватніше оцінювати рівень цих знань та набутих навичок, мати чітке представлення щодо дій студентів інженерних спеціальностей.

Підсумовуючи все вищесказане можна прийти до висновку, що є необхідність у розробці навчального тренажера демонстрації роботи програмованого периферійного адаптеру Intel 8255A для виконання лабораторних робіт.

Його реалізація дозволить викладачу перевіряти надбанні студентом знання з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем», а студенту отримати навички в умовах дистанційного навчання, коли немає змоги працювати з «залізом».

За допомогою розробленого тренажеру буде змога подивитися і зрозуміти принципи синхронного та асинхронного обміну між мікропроцесорною системою та зовнішніми приладами, зрозуміти як треба налаштовувати подібні мікросхеми на режими роботи та як їх програмувати, отримувати/видавати дані.

1.5 Висновки

В цьому розділі ми познайомилися з програмованим периферійним адаптером (ППА) Intel 8255A – це мікросхема контролера програмованого паралельного введення/виведення інформації. Застосовується як елемент введення/виведення загального призначення, що сполучає різні типи периферійних пристроїв з магістраллю даних систем обробки інформації.

І зараз маємо чітке уявлення про структуру та функціонування цього ППА, переглянули режими роботи та знаємо як його програмувати. Крім того було досліджено доцільність та ефективність використання навчального комп'ютерного інтерактивного тренажеру в умовах дистанційного навчання і/або відсутності певного «заліза» при роботі в лабораторіях університету.

2 ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ INTEL 8255A

У спробах знайти повноцінний навчальний тренажер, подібний до того, який розроблятиметься в цій кваліфікаційній роботі виявилось, що кількість таких інструментів зводиться до мінімуму. Можливо вони є у закритому доступі в деяких навчальних закладах України, але пошук у відкритих джерелах результату не дав.

Тобто є велика нестача таких програм, на яких студенти могли б тренуватися в роботі з мікросхемою, наглядно ознайомитися з принципами синхронного та асинхронного обміну інформацією, програмувати такі мікросхеми та відслідковувати їх роботу.

Тому у цьому розділі ми переглянемо та проаналізуємо програмне забезпечення, яке хоч і з деякими труднощами та не в повній мірі, але дозволить змоделювати роботу нашої мікросхеми. Виявимо їх переваги та недоліки, та зрозуміємо, чи можна їх використовувати в навчальному процесі.

2.1 OrCAD

Розглянемо одну з найбільш популярних програм проектування та моделювання електронної апаратури, що надає РСВ дизайнерам практично безмежні можливості в розробці та моделюванні електронних схем.

Сьогодні OrCAD це цілий ряд модулів, у кожному з яких є власні унікальні функції. Від версії до версії змінюються їх кількість та склад. Виділити можна два основні модулі, які використовуються в учбовому процесі:

– *Capture* – графічний редактор

Цей модуль призначений для створення проекту, у якому частина може бути реалізована у вигляді принципової електричної схеми, а друга частина описана з допомогою мови високого рівня - VHDL.

Для створення та редагування великих та складних проектів OrCAD Capture підтримує мультисторінкові та ієрархічні зв'язки. Потужні засоби перевірки цих зв'язків дають змогу відстежувати можливі порушення правил проектування.

Можна додати, що з OrCAD Capture запускаються інструменти моделювання цифрових, аналогових та змішаних аналого-цифрових пристроїв PSpice.

– *PSpice* – програма моделювання

За допомогою PSpice можливе моделювання широкого діапазону схем – від джерел живлення до високочастотних систем та невеликих мікросхем. PSpice дає можливість інженеру:

- зрозуміти та дослідити характеристики схеми, а також функціональні взаємозв'язки зі сценаріями "що якщо" та аналізом проекту;
- моделювання складних проектів із змішаними сигналами, що містять аналогові та цифрові елементи з підтримкою таких типів моделей, як IGBT, імпульсні модулятори, ЦАП та АЦП.

На рисунку 2.1 зображений інтерфейс програми OrCAD

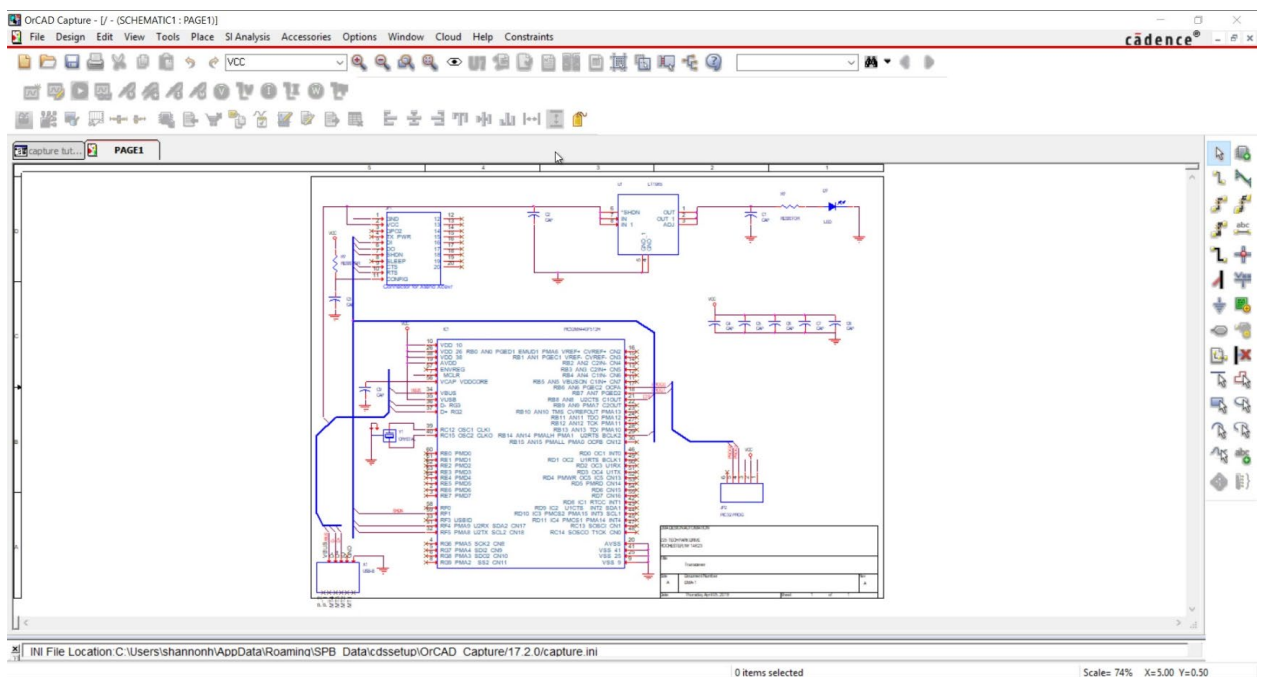


Рисунок 2.1 – Інтерфейс OrCAD

Говорячи про використання OrCAD в учбовому процесі виникають деякі складності. По-перше моделювання в OrCAD це доволі складний процес для студентів з невисоким рівнем знань. Щоб навчитися досконало працювати в цій програмі треба витратити досить багато часу, ознайомитись з документацією та інструкціями по роботі.

Також мінусом використання OrCAD у навчанні студентів є те, що цей комплекс програм не є безкоштовним. Пробної версії буде недостатньо для повного курсу «Проектування мікропроцесорних систем», а у версії для студентів відсутня більша частина потрібного функціоналу.

Крім того важливим недоліком є відсутність української мови. Користувачам запропоновано тільки англійський інтерфейс OrCAD, що також знижує швидкість навчання студентом роботи з програмою.

2.2 Proteus

Це один з найповніших електронних наборів інструментів на ринку, тому що в його найновішій версії він дозволяє нам створювати з нашого ПК всі види РСВ або друкованих плат, використовуючи майже 800 різних мікропроцесорів, і моделювати їхнє реальне функціонування прямо зі схематичного уявлення схеми. І, як не могло бути інакше в сучасні часи, він інтегрує інструменти, за допомогою яких ми можемо проектувати та моделювати середовище Arduino, однієї з найпопулярніших плат.

Основні компоненти Proteus Design Suite. Це програмне забезпечення включає два основних компоненти, навколо яких обертається вся робота програми:

- ISIS: аббревіатура Intelligent Schematic Input System або Інтелектуальна Система Введення Схем. Програма дозволяє нам проектувати електричні схеми, включаючи різні компоненти, такі як резистори, котушки, конденсатори, джерела живлення і навіть мікропроцесори.
- ARES: скорочення від Advanced Routing and Editing Software або Розширене Програмне Забезпечення для редагування та трасування. Цей інструмент призначений для проектування друкованих плат або РСВ, з функціями трасування, локалізації та редагування електронних компонентів.

Використовуючи Proteus є можливість побудувати та симулювати роботу мікросхеми програмованого периферійного адаптера Intel 8255A (рисунок 2.3).

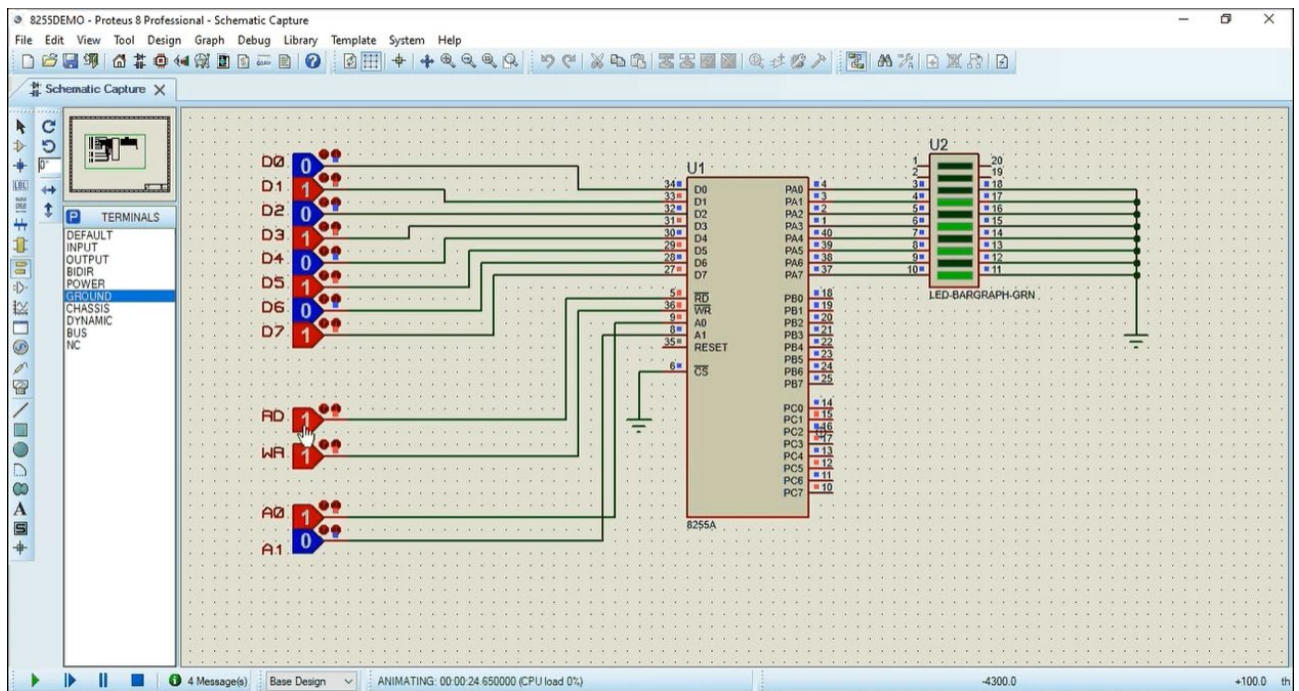


Рисунок 2.2 – Симуляція роботи Intel 8255A в Proteus

Але варто зазначити, що студентів без досить високого досвіду роботи з програмою, цей процес може здатися дещо складним. У роботі з ПЗ при навчанні студентів присутні такі недоліки:

- Відсутність україномовної локалізації
- Тяжкий у сприйнятті інтерфейс програми
- Ціна продукту. Хоч і є демонстраційна версія, але її можливостей недостатньо для повноцінного навчання.

2.3 Multisim

Досліджуючи проектування електричних кіл, як однієї з дисциплін у галузі електротехніки, можна говорити про нестачу просунутого програмного забезпечення для проектування схем належним чином та для перевірки помилок проектування.

Multisim – це одна з найпопулярніших та просунутих програм для створення та моделювання різного роду мікросхем. Вона включає в себе одні з передових інструментів галузі.

Крім того, програмне забезпечення Multisim дає змогу перетворити будь-яку електричну схему на простий процес, з можливістю додати будь-який елемент у схему, так як є бібліотека з більш ніж 4000 об'єктами, а також тестова система, яка включається і вимикається за допомогою невеликого перемикача.

Версія Multisim Education призначена саме для учбових закладів, містить в собі початкові курси, підручники та досить розгорнуту довідку по роботі з цим програмним забезпеченням. Але, на жаль, ця програма не використовується в багатьох університетах України, насамперед через високу ціну.

Плюсами експлуатації цього програмного забезпечення є наявність безкоштовної пробної версії, великий функціонал програми, а також наявність реальних аналогів елементів.

На рисунку 2.4 зображено інтерфейс Multisim.

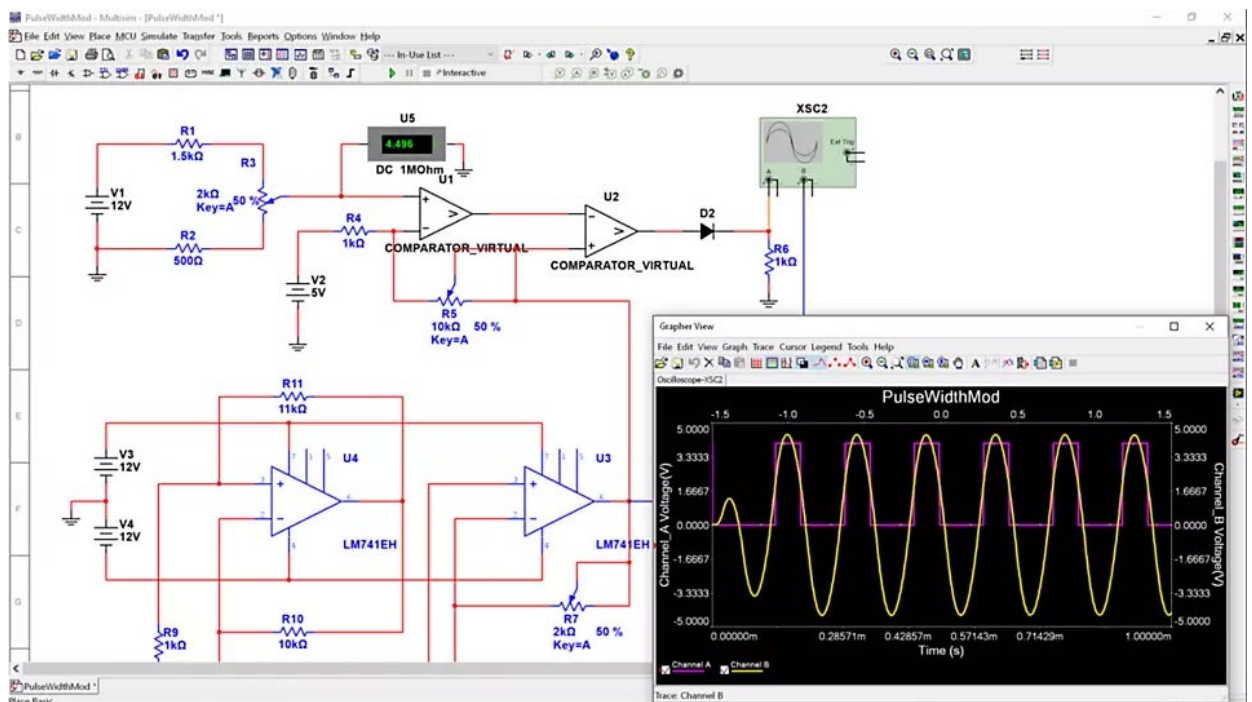


Рисунок 2.3 – Інтерфейс програми Multisim

З недоліків Multisim можна визначити:

- Відсутність україномовного інтерфейсу
- Висока ціна платної версії
- Обмежений функціонал пробної версії (немає можливості друку діаграм та експорту файлів)
- Немає підтримки 64-розрядної версії Windows XP.

2.4 Порівняння програм моделювання роботи Intel 8255A

Навчання студентів на курсі «Проектування мікропроцесорних систем» не уявляється без інструментів проектування та моделювання.

Таблиця 2.1 Аналіз існуючого програмного забезпечення для моделювання роботи мікросхеми програмованого периферійного адаптера Intel 8255A

Критерій	Назва програми		
	OrCAD	Proteus	Multisim
Мета	проектування та моделювання електронної апаратури	створення всіх видів РСВ або друкованих плат	створення та моделювання різного роду мікросхем
Функціонал	проектування, моделювання	проектування, моделювання, трасування, симуляція	проектування, моделювання, трасування
Елементи управління	за допомогою комп'ютерної мишки та клавіатури	за допомогою комп'ютерної мишки та клавіатури	за допомогою комп'ютерної мишки
Наявність демонстраційної версії	+	+	+
Версія для учбових закладів	-	-	+
Україномовний інтерфейс	-	-	-
Ціна продукту	У зв'язку з особливостями ліцензування ціна на даний продукт надається за запитом.	Ціна для підприємств – 6972 доларів США. Версія на замовлення – від 248 доларів США.	99,9 доларів США за місяць або 999 доларів США за рік

Переглядаючи простори Інтернету, можна сказати, що програмного забезпечення для цих цілей досить велика кількість, але більшість з них не підходить для учбового процесу. Саме тому в пунктах 1-3 цього розділу був проведений аналіз деяких таких програм, та на основі цього побудована таблиця їх порівняння.

Проаналізувавши деякі з існуючих інструментів для моделювання роботи ППА Intel 8255A можна було б стверджувати, що вони підходять для навчання на них студентів, але, на жаль, через певні складності використання цих програм в учбовому процесі не є доцільним.

По-перше в кожному з них відсутній україномовний інтерфейс, що в достатній мірі перешкоджатиме комфортній експлуатації цього ПЗ, а також уповільнить темпи навчання роботи з ним.

Наступним недоліком всіх трьох програм можна визначити те, що інтерфейс не є інтуїтивно зрозумілим для звичайного користувача без досвіду роботи. Тобто для освоєння та отримання певних навичок знадобиться дещо більше часу, ніж хотілося б.

Крім того, напевно, найочевиднішим фактором недоцільного їх використання є висока вартість придбання повної версії програм. Хоч кожна з них і має демонстраційну версію в своєму арсеналі, але вона буде недостатньою при використанні в процесі навчання, насамперед через обмеження в кількості днів пробної версії, а також в обмеженні функціоналу.

2.5 Висновки

Переглянувши та проаналізувавши в цьому розділі деякі з наявних інструментів моделювання роботи ППА Intel 8255A, ми прийшли до висновку, що використання їх для наших потреб не є доцільним. Вони потребують досить великої кількості часу для освоєння роботи з ними студентів та мають ще ряд значущих недоліків, таких як: складний у сприйнятті інтерфейс, іншомовна локалізація та ціна ліцензійної версії ПЗ. Тому маємо потребу в розробці

навчального тренажера, який покриє ці недоліки та допоможе студентам і викладачам у проходженні курсу «Проектування мікропроцесорних систем».

В ході аналізу ми виявили для себе ряд функціоналу та особливостей розглянутого ПЗ, який буде враховано при розробці навчального тренажера.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРЕНАЖЕРА

3.1 Зовнішній вигляд інтерфейсу навчального тренажера

Після завантаження та запуску розробленого навчального тренажера користувач може побачити початкове вікно програми, яке містить елементи графічного відображення та управління програмою. На рисунку 3.1 зображений загальний вигляд початкового вікна тренажеру.

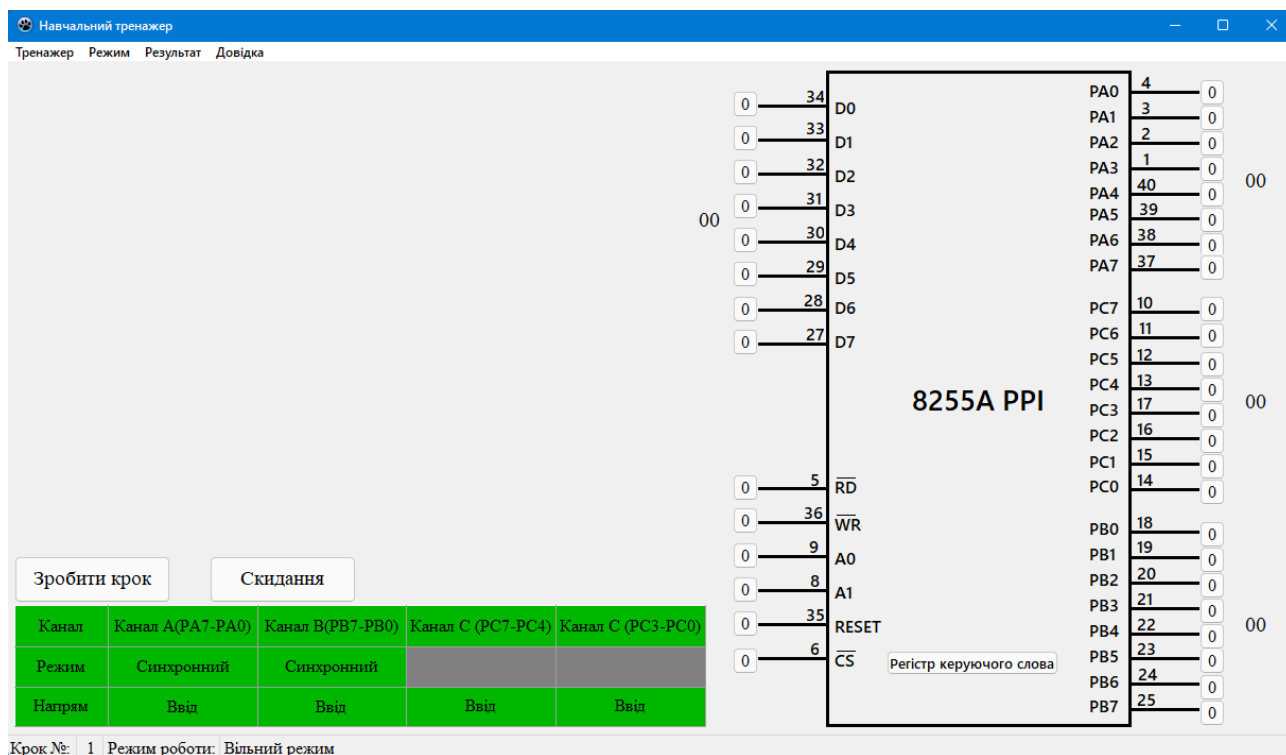


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд початкового вікна навчального тренажеру

Опис елементів, які є на початковому екрані тренажера:

а) Елементи графічного відображення:

1) *Графічний інтерфейс мікросхеми програмованого периферійного адаптера Intel 8255A.*

В інтерфейсі реалізовано вивід на екран всіх ніг мікросхеми. Наявна можливість керувати ними натискаючи на відповідну кнопку, змінюючи їх значення з «0» на «1» та навпаки. Додатково виводиться 16-річний вивід інформації з каналів. Вигляд графічного інтерфейсу ППА зображений на рисунку 3.2.

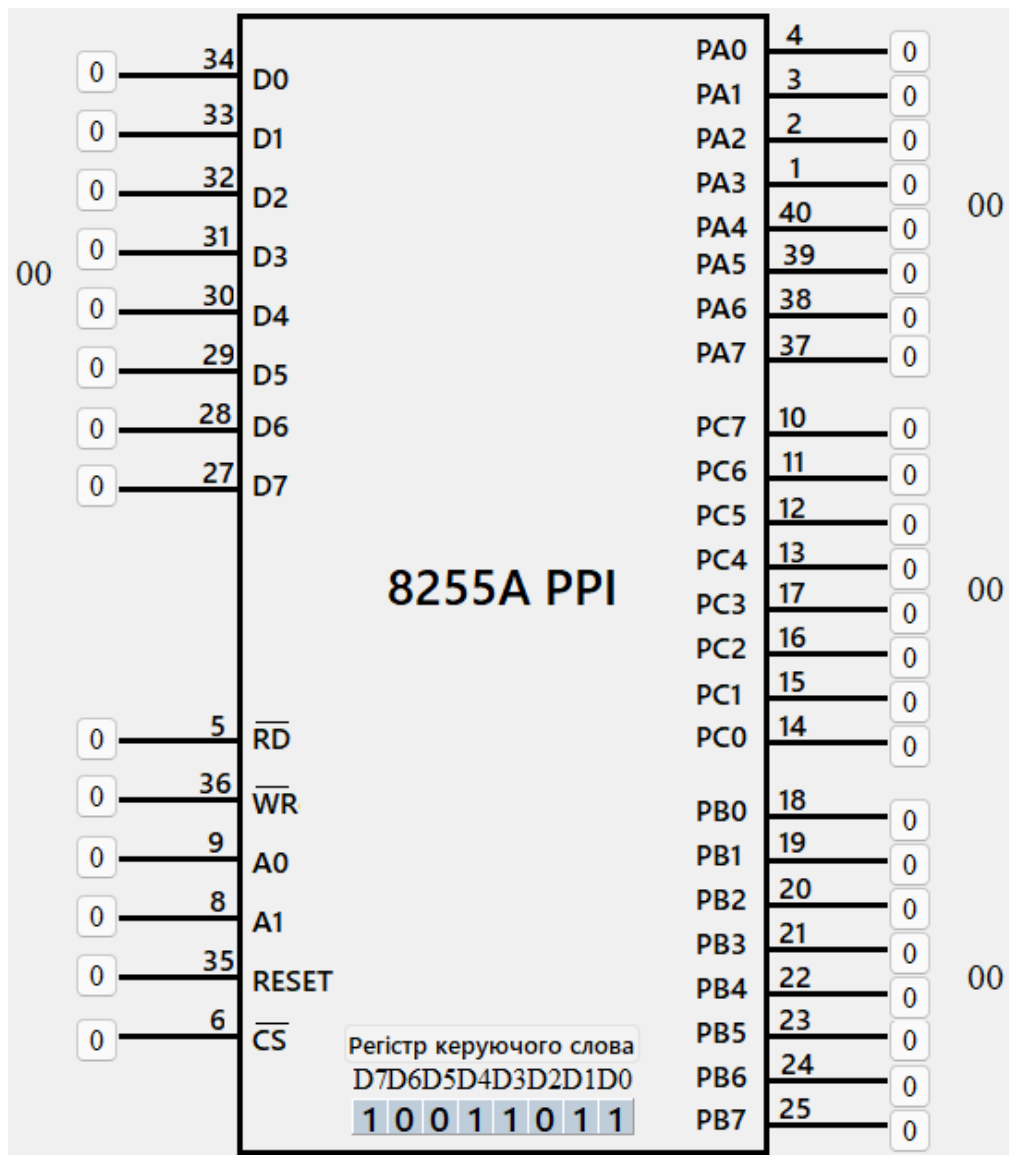


Рисунок 3.2 – Вигляд графічного інтерфейсу ППА

Також всередині графічного інтерфейсу ППА знаходиться кнопка по натисненню якої відкривається панель з інформацією про поточний стан регістру керуючого слова.

2) *Панель з повною інформацією про режим роботи та напрям каналів вводу/виводу інформації.*

Дізнатися про режим та напрям роботи каналів програмованого периферійного адаптера можна за допомогою панелі статусу, яка відображає відповідну інформацію. Реалізована вона у форматі

таблиці. По горизонталі відображені канали вводу/виводу, по вертикалі – режим та напрям роботи. На рисунку 3.3 зображена панель статусу каналів ППА.

Канал	Канал А(РА7-РА0)	Канал В(РВ7-РВ0)	Канал С (РС7-РС4)	Канал С (РС3-РС0)
Режим	Синхронний	Синхронний		
Напря́м	Ввiд	Ввiд	Ввiд	Ввiд

Рисунок 3.3 – Панель статусу каналів вводу/виводу

Інформація на панелі змінюється відповідно до стану регістру керуючого слова, саме через який і задається режим та напрям роботи каналів.

3) Статус бар з відображенням номера кроку та режиму роботи тренажера

Статус бар відображає інформацію про поточний номер кроку при роботі з програмою, а також і сам режим роботи, в якому перебуває користувач. Відповідно від цього режиму в статус барі відображається наступна інформація:

- Вільний режим
- Тренування: виводиться рівень завдання та його номер
- Іспит: показує в статусі кого ви працюєте з іспитом, «Викладач» чи «Студент»

На рисунку 3.4 зображений статус бар програми.

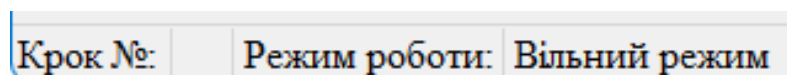


Рисунок 3.4 – Статус бар програми

б) Елементи управління

1) Кнопка «Зробити крок»

При натисненні цієї кнопки відбувається перехід на наступний крок, супроводжується це зміною графічного відображення ППА та панелі статусу каналів. Також змінюється номер кроку в лічильнику статусу бара. На рисунку 3.5 зображена кнопка управління «Зробити крок».



Рисунок 3.5 – Кнопка управління «Зробити крок»

2) Кнопка «Скидання»

Ця кнопка переводить мікросхему в початковий режим роботи, тобто всі канали в режимі «Синхронний» з напрямом «Ввід». Вся інформація на ніжках мікросхеми скидається, та стає «0». На рисунку 3.6 зображена кнопка управління «Скидання».

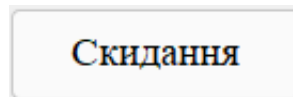


Рисунок 3.6 – Кнопка управління «Скидання»

в) Меню програми

1) Тренажер

Цей пункт меню відповідає за налаштування програми навчального тренажера, а також можливість виходу з програми за допомогою вбудованого функціоналу. Містить наступні підпункти:

- Налаштування – здійснюється налаштування тренажера
- Вихід – при натисненні відбувається вихід з програми

2) Режим

За допомогою цього пункту обирається режим роботи з навчальним тренажером. Містить наступні підпункти:

- Вільний режим
- Тренування
- Іспит

Детальніше режими роботи будуть розглянуті в розділі 3.2.

3) Результат

Користувач після роботи у вільному режимі чи виконаного завдання має змогу зберегти свій результат. Зробити це можна за допомогою функції «Зробити скріншот» обравши відповідний пункт в меню «Результат». Скріншот буде збережено в форматі .bmp після вибору місця збереження.

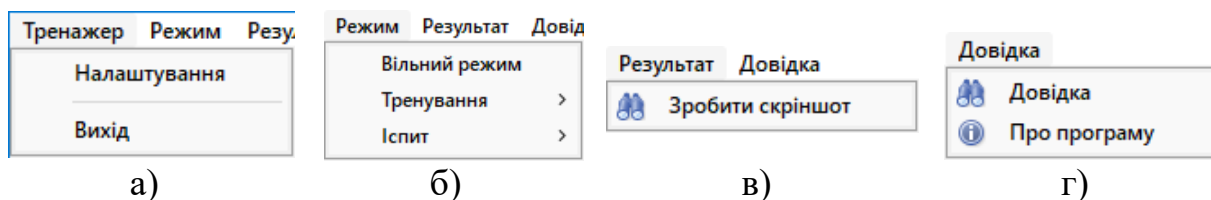
Таким чином викладач може перевірити рівень знань з предмету певного студента, а також перевірити виконання завдання, яке було задане.

4) Довідка

В цьому пункті меню користувачеві доступна довідка по роботі з навчальним тренажером, а також інформація про програму. Відповідно є наступні підпункти:

- Довідка по роботі
- Про програму

Детальніше про довідку по роботі з навчальним тренажером буде описано в розділі 3.4.



а – пункт меню «Тренажер», б – пункт меню «Режим»,
в- пункт меню «Результат», г – пункт меню «Довідка»

Рисунок 3.7 – Пункти головного меню програми

3.2 Режими роботи тренажера

Користувач має змогу працювати в наступних режимах роботи тренажера:

1) Вільний режим

В цьому режимі користувач має змогу вільно програмувати та налаштовувати роботу програмованого периферійного адаптера як він бажає.

Також відповідно до обраного режиму може записувати/зчитувати дані з каналів вводу/виводу мікросхеми.

Цей режим дозволяє студентові підготуватись до завдань та іспиту з дисципліни «Мікропроцесорні системи», а також в повній мірі побачити та відчутти як саме працює мікросхема, якщо немає змоги працювати з «залізом» в лабораторії університету. На рисунку 3.8 зображений вільний режим роботи з тренажером.

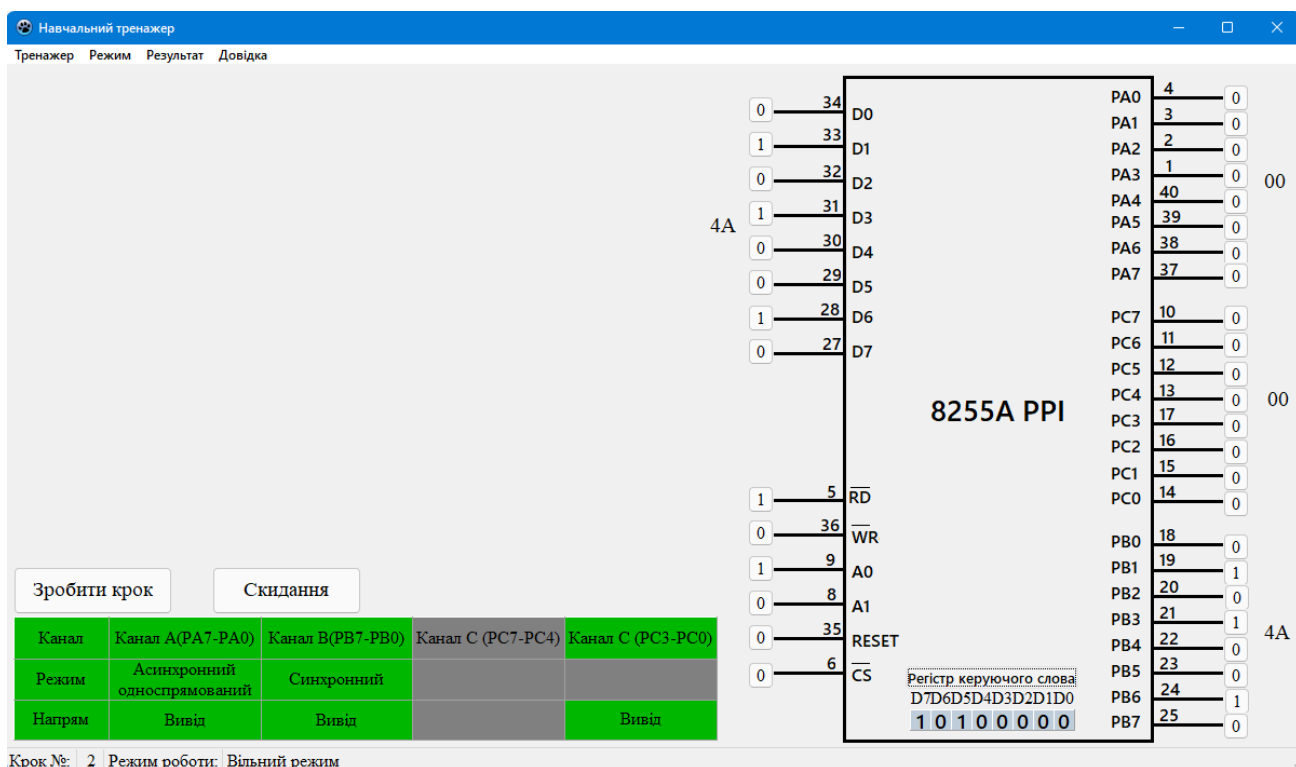


Рисунок 3.8 – Вільний режим роботи тренажера

Вільний режим роботи з тренажером чудово підходить для демонстрації роботи мікросхеми програмованого периферійного адаптера під час лекцій в аудиторії університету. Викладач може вивести зображення програми через проектор та показати студентам яким чином працює мікросхема, в якому

режимі роботи каналів передаються або зчитуються ті, чи інші дані та як правильно програмувати ППА. На рисунку 3.9 схематично зображена аудиторія з проектором та проекційним екраном де демонструється тренажер.

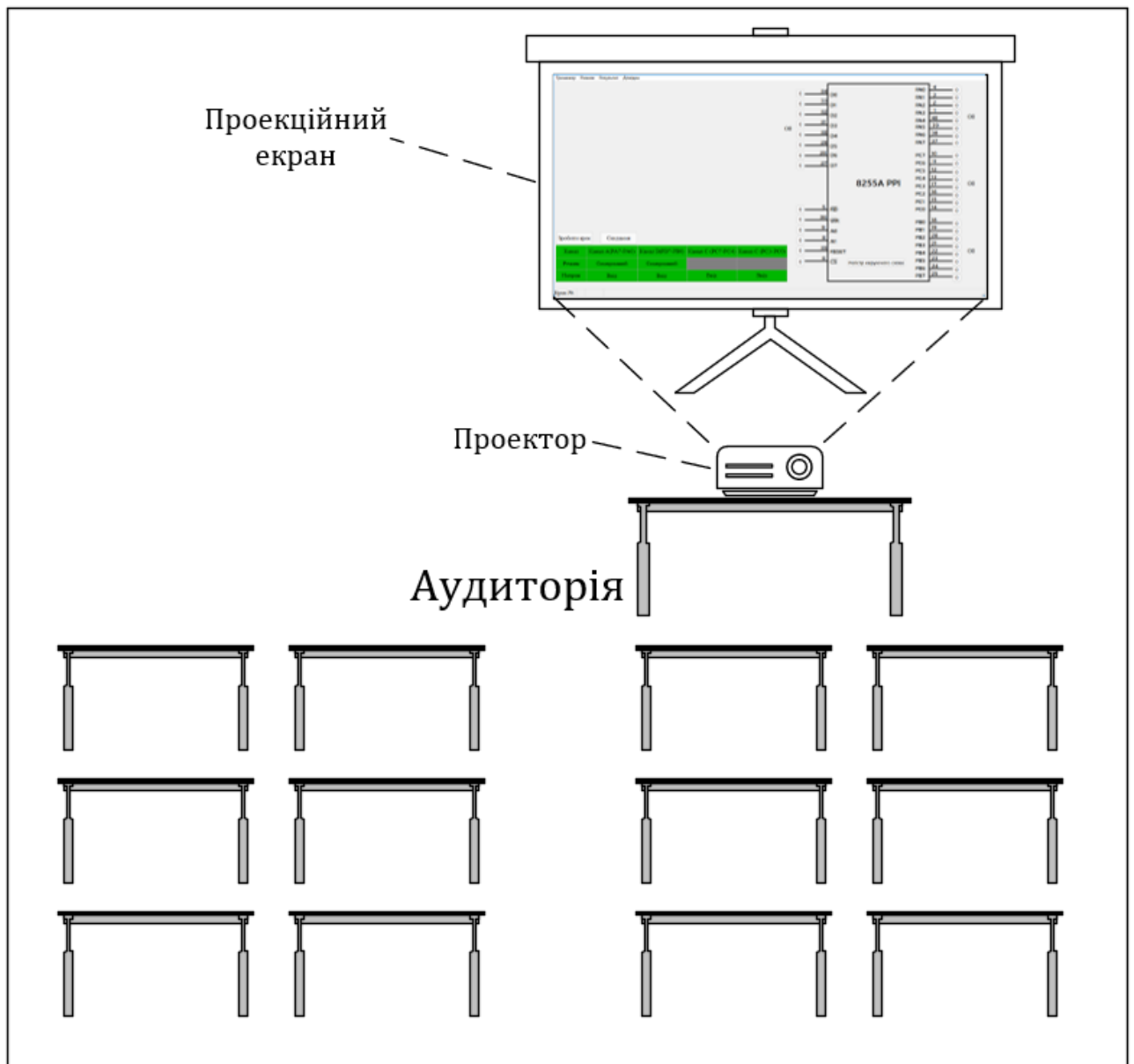


Рисунок 3.9 – Демонстрація тренажера в аудиторії

Те ж саме стосується відеоконференцій в умовах дистанційного навчання, де викладач за допомогою демонстрації екрану може транслювати вікно навчального тренажера.

2) Тренування

Даний режим дозволяє студентові тренуватись на завданнях різного типу перед проходженням іспиту. В ньому користувач має змогу сам обрати собі завдання і виконати його без підключення до мережі «Інтернет».

Для того, щоб обрати завдання, потрібно в меню «Режим» навестися на «Тренування», після чого обрати рівень складності та завдання на цьому рівні. На екрані тренажера з'явиться панель, на якій присутні наступні елементи:

- Рядок з рівнем складності завдання та його номером
- Опис обраного завдання
- Кнопка «Розпочати», яка запускає роботу з завданням

На рисунку 3.10 зображена панель завдання в режимі «Тренування».

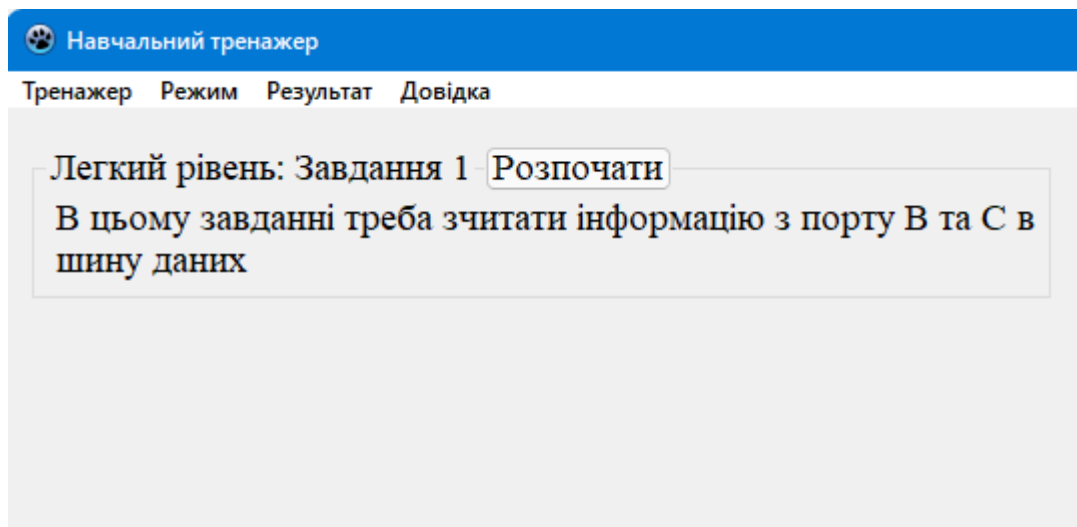


Рисунок 3.10 – Панель завдання в режимі «Тестування»

Щоб розпочати роботу з завданням, студентові треба натиснути кнопку «Розпочати». Після цього з'явиться панель з прогресом виконання де розташовані пункти з прапорцями. На рисунку 3.11 зображена панель «Прогрес виконання».

3) Іспит

Цей режим роботи призначений для проведення викладачем іспиту студента. Для цього реалізована можливість приєднатися один до одного за допомогою мережі «Інтернет». Щоб провести іспит викладачеві потрібно перейти у відповідний пункт меню, а саме «Режим» → «Іспит» → «Викладач». Після цього з'явиться панель для викладача з наступними елементами:

- Кнопка «Запустити сервер»
- Поле порту
- Текстова панель статусу сервера
- Випадаючий список із завданнями для студента

За створення сервера для подальшої роботи відповідає кнопка «Запустити сервер». В панелі статусу з'явиться відповідна інформація, що сервер створено.

Для того щоб приєднатися до сервера та отримати завдання, студент має відкрити відповідну панель. Для цього треба перейти в меню «Режим» → «Іспит» → «Студент». На головному екрані з'явиться панель, яка відображає наступні елементи:

- Кнопка «Приєднатися»
- Поле порту
- Поле адреси
- Текстова панель статусу клієнта
- Кнопка «Отримати завдання»

Наступним кроком студент повинен ввести дані в поля «Порт» та «IP-адреса», далі натиснути кнопку «Приєднатися», після чого він побачить в текстовій панелі статусу інформацію про приєднання до серверу. Викладачеві також прийде інформація про приєднання студента.

Для отримання завдання студент натискає кнопку «Отримати завдання», після чого викладач на своїй панелі обирає завдання та воно надходить студентові. Коли останній виконав завдання, викладачеві приходить відповідне повідомлення.

Рисунок 3.13 – Панель іспиту викладача

Рисунок 3.14 – Панель іспиту студента

3.3 Опис алгоритму роботи програми

Перед розробкою програмного забезпечення навчального тренажера була побудована спрощена блок-схема алгоритму роботи програми. На ній демонструється процес експлуатації користувачем нашого тренажера.

Після запуску програми користувач повинен обрати режим, в якому він хоче працювати (за замовчуванням це «вільний режим»). Далі, відповідно до свого вибору він може:

- вільно працювати з ППА
- виконувати завдання

На рисунку 3.15 зображено спрощений алгоритм вибору режиму роботи з тренажером.

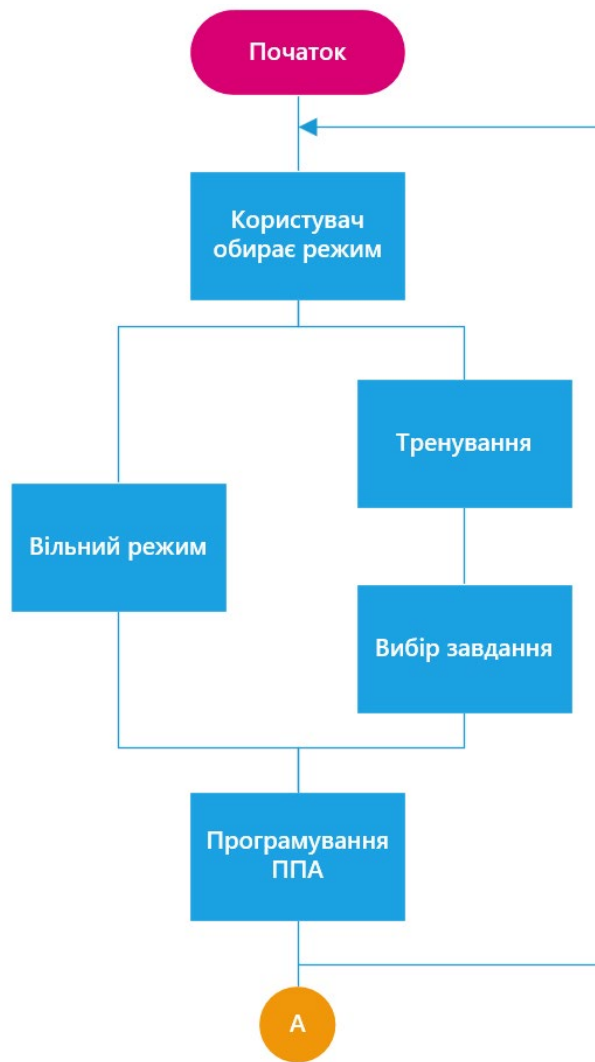


Рисунок 3.15 – Спрощений алгоритм вибору режиму роботи

Наступним кроком йде процес програмування нашої мікросхеми за допомогою кнопок управління та елементів керування входами/виходами ППА. Для початку записується керуюче слово в регістр управління, відповідно до якого налаштовується режим роботи каналів вводу/виводу програмованого периферійного адаптера.

Після вводу потрібних даних на ніжки мікросхеми та натисненні кнопки «Зробити крок» запускається процедура автомата, яка зчитує дані на ніжках та відповідно до них переводить автомат в певний стан. Далі, виходячи з цього стану, запускається процедура перемальовування інтерфейсу, яка бере до уваги режим, на який зараз налаштовані канали, та відповідно до нього зчитує/записує певну інформацію на ніжках мікросхеми.

Якщо ж користувач хоче скинути всі налаштування каналів та інформацію на ніжках мікросхеми, він натискає однойменну кнопку «Скидання». Запущена після цього процедура переводить всі канали в «Синхронний» режим з напрямом «Ввід» та скидає всю інформацію з ніг мікросхеми. На рисунку 3.16 зображено спрощений алгоритм програмування мікросхеми ППА.



Рисунок 3.16 – Спрощений алгоритм програмування мікросхеми

На основі побудованих блок-схем було розроблене програмне забезпечення навчального тренажера.

3.4 Розробка ПЗ та основні особливості тренажера

Для розробки програмного забезпечення навчального тренажера було застосовано інтегроване середовище розробки Lazarus та мову програмування Object Pascal.

Усе вікно програми структурно поділене на панелі, які відображають різного роду інформацію або використовуються як засоби управління.

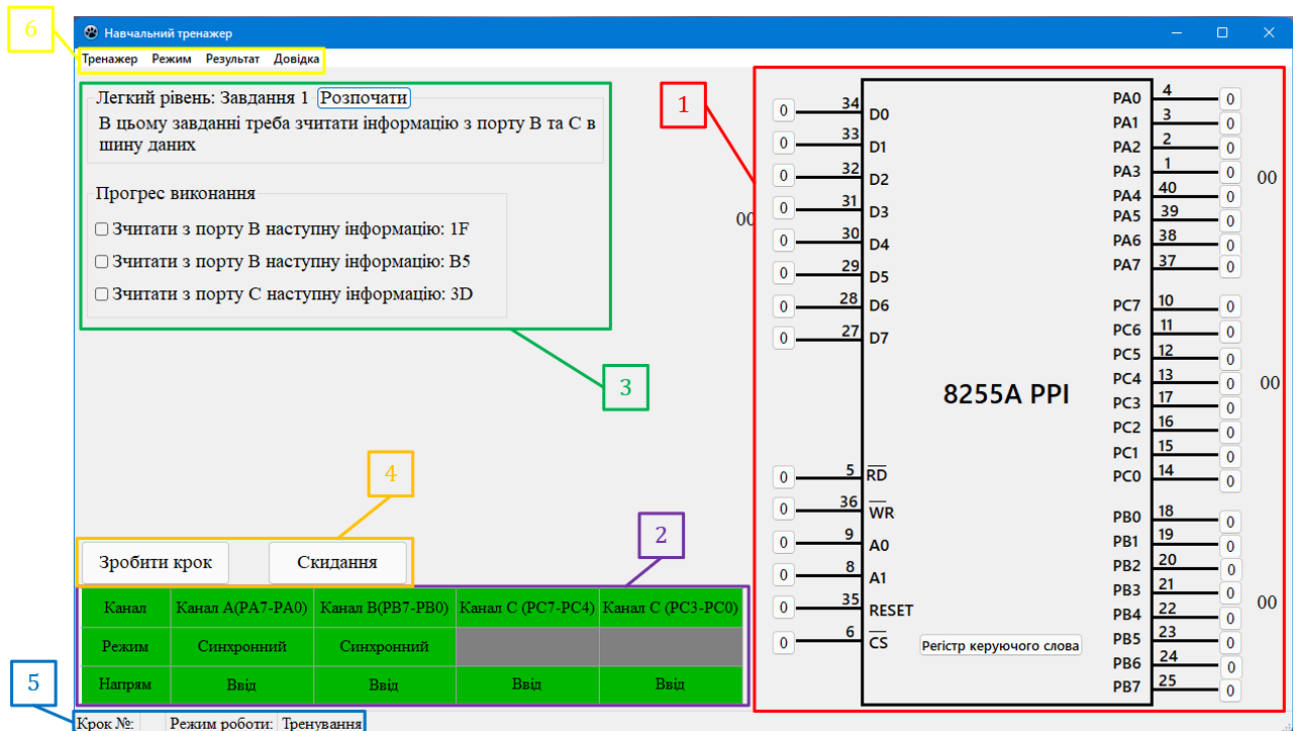


Рисунок 3.17 – Структура вікна навчального тренажера

Інтерфейс мікросхеми (1) реалізовано за допомогою компонента *TPanel*, на якому розміщені *TStaticText* відображаючи підписи до ніжок ППА. Напроти кожної ніжки знаходиться звичайна кнопка *TButton*, по натисненні якої змінюється властивість *Caption* з «0» на «1» та навпаки. Потім інформація з *Caption* використовується в коді для процедури автомату, перемальовування інтерфейсу та іншого. Панель з інформацією про поточний стан регістра керуючого слова реалізована за допомогою кнопки *TToggleBox* та набору компонентів *TLabel* та *TPanel*, які приховуються чи відкриваються за допомогою властивості *Visible* відповідно до події натискання на кнопку.

Панель статусу (2) каналів вводу/виводу ППА була реалізована за допомогою набору компонентів *TPanel*, в яких відповідно до налаштувань реєстру керуючого слова змінюються значення властивостей *Caption* та *Color*.

Кнопки управління (4) «Зробити крок» та «Скидання» розроблені за допомогою компоненту *TButton*.

Статус бар (5), який відображає поточний крок та режим роботи, реалізований за допомогою відповідного компонента *TStatusBar*.

Панелі з завданнями (3) для роботи в режимі тренування розроблені за допомогою компонента *TGroupBox*, на якому розміщені 2 компонента *TLabel* із інформацією про завдання та кнопка, яка запускає роботу з ним та відкриває *TCheckGroup*, на якому знаходяться пункти завдання з прапорцями. Панелі з завданнями сховані за допомогою властивості *Visible*, яка за замовчуванням вимкнута. Коли користувач переходить в режим тренування та обирає потрібне йому завдання, ця властивість стає активною та панель відображається.

Прапорці на панелі прогресу виконання відмічаються після процедури перевірки виконання, яка зчитує інформацію з відповідних до завдання ніжок та перевіряє збіги.

Меню до програми було реалізоване за допомогою компонента *TMainMenu*, який було наповнено потрібними пунктами для комфортної експлуатації тренажера.

На рисунку 3.18 зображено компонент *TMainMenu*.

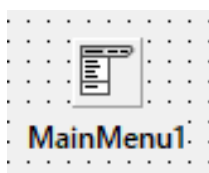


Рисунок 3.18 – Компонент *TMainMenu*

З основних особливостей розробленого навчального тренажера можна відмітити:

- зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс
- можливість виконання завдання студентом в режимі тренування

- розроблена зручна довідка по експлуатації навчального тренажера

Програмне забезпечення було протестоване на різних операційних системах, таких як Windows, Linux та Mac OS. Для запуску тренажера користувач має завантажити два файли: .exe файл програми та .chm файл з довідкою. Об'єм цих файлів 92 мб та 1 мб відповідно.

3.5 Довідка по використанню ПЗ тренажера

3.5.1 Розробка довідки по роботі з навчальним тренажером

До навчального тренажера була розроблена довідка на мові HTML за допомогою безкоштовних програм NVU та HTML Help Workshop. В першій були створені HTML документи з інформацією по експлуатації тренажера та теоретичними відомостями про ППА Intel 8255A. Створення HTML файлів зображене на рисунку 3.19.

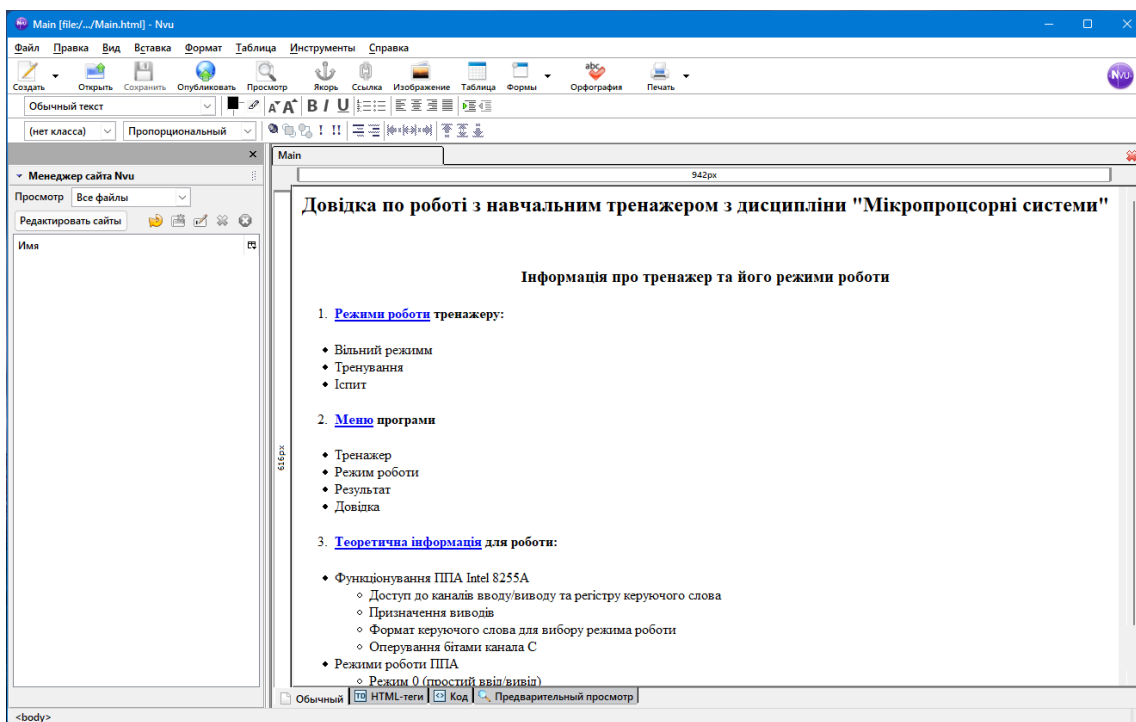


Рисунок 3.19 – Створення HTML файлів довідки

Далі за допомогою HTML Help Workshop була проведена конвертація документів HTML у файл довідки формату .chm. На рисунку 3.20 зображений процес конвертації у файл довідки.

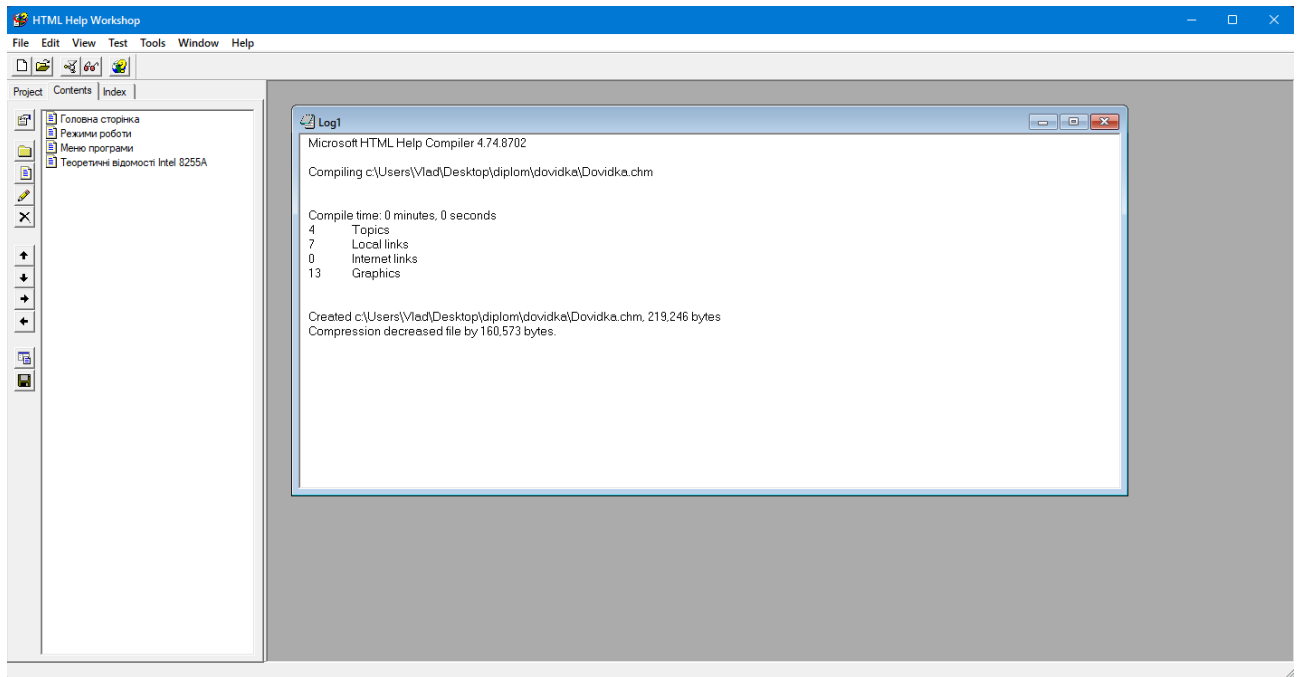


Рисунок – 3.20 Процес конвертації

Наступним кроком файл довідки було додано у проект програми, побачити його можна обравши пункт «Довідка по роботі» у меню «Довідка».

3.5.2 Скорочений зміст довідки

3.5.2.1 Складові частини довідки

Довідка тренажера складається з таких пунктів:

- 1) Головна сторінка
- 2) Режими роботи
 - Вільний режим
 - Тренування
 - Іспит
- 3) Меню програми
- 4) Теоретичні відомості

На рисунку 3.21 зображена довідка по роботі з навчальним тренажером та теоретичними відомостями.

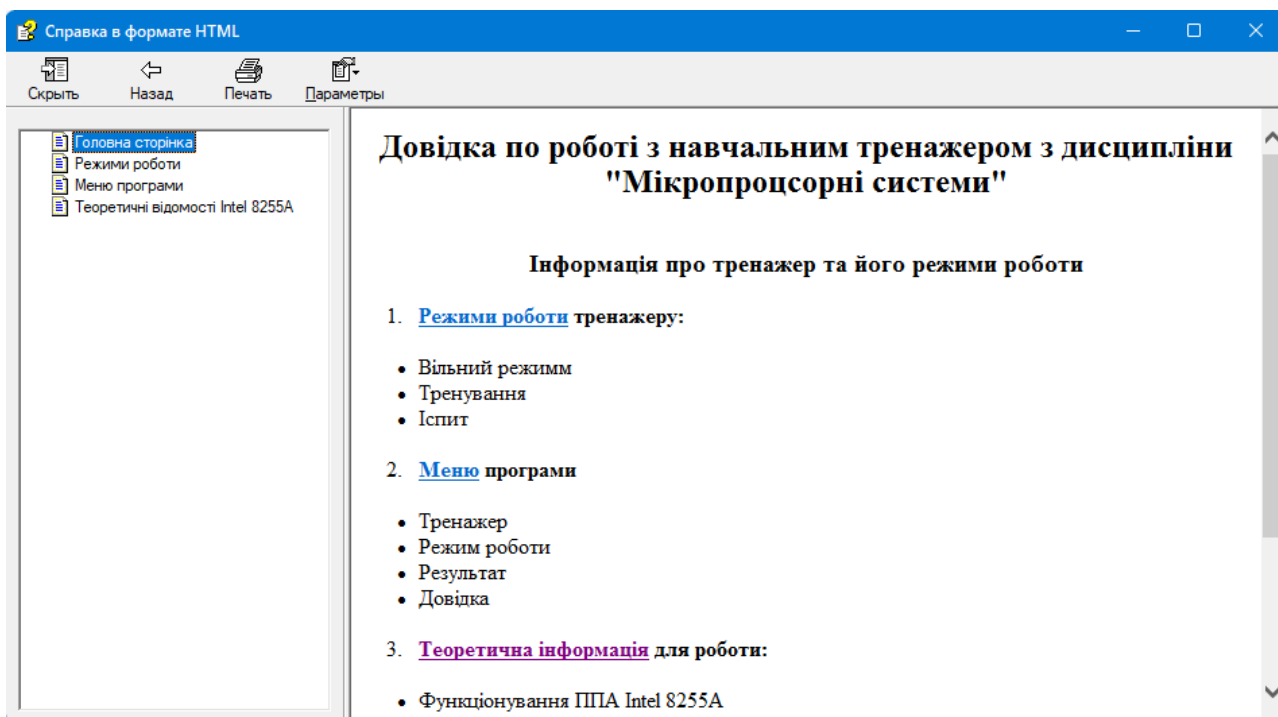


Рисунок 3.21 – Довідка по роботі з навчальним тренажером

3.5.2.2 Вибір режиму роботи тренажера

Для вибору режиму роботи з програмою, користувачеві необхідно звернутися до пункту меню «Режим», де він може обрати режим, в якому хоче працювати. «Вільний режим» для вільної роботи з мікросхемою та її програмування, «Тренування» для виконання завдань різного рівня складності та підготовки до іспиту, та «Іспит» в якому можна здати або прийняти іспит через мережу Інтернет.

3.5.2.3 Елементи управління

При роботі з програмою користувач частіше всього взаємодіє з двома кнопками управління, це «Зробити крок» та «Скидання». Після вводу необхідних даних на ніжки мікросхеми, користувач може натиснути кнопку «Зробити крок» та побачити як відповідно до введених даних передається або зчитується інформація на каналах вводу/виводу, або налаштовуються на потрібний режим ці ж самі канали. Кнопка «Скидання» обнуляє всі дані з ніжок мікросхеми та переводить канали в синхронний режим з напрямом ввід.

3.6 Висновки

В цьому розділі була розглянута розробка навчального тренажера для курсу «Мікропроцесорні системи». Проаналізована та обрана найбільш оптимальна середа розробки та мова програмування для реалізації програмного забезпечення тренажера.

Попередньо, для спрощення написання, була побудована блок-схема алгоритму, відповідно до якої проходив процес розробки.

Крім того в розділі були розглянуті та описані зовнішній вигляд програми, а також режими роботи тренажера.

Для комфортної експлуатації навчального тренажера була розроблена зручна довідка по роботі.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи був розроблений центральний модуль навчального тренажера, який допоможе студентам краще опанувати надбані знання з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем».

В ході виконання роботи були проаналізовані документація та технічний лист мікросхеми програмованого периферійного адаптера Intel 8255A.

Крім того, було переглянуто програмне забезпечення за допомогою якого можна проводити моделювання роботи ППА. В ході аналізу з'ясувалося, що використання цих інструментів в учбовому процесі не є доцільним, тим самим було доведено необхідність розробки навчального демонстраційного тренажера

Розроблений навчальний тренажер дозволить викладачам демонструвати роботу ППА та перевіряти надбані студентом знання по курсу «Програмування мікропроцесорних систем», а студентів подивитися і зрозуміти принципи синхронного та асинхронного обміну між мікропроцесорною системою та зовнішніми приладами, зрозуміти як треба налаштовувати подібні мікросхеми на режими роботи та як їх програмувати, отримувати/видавати дані. Цим самим студент має можливість закріпити раніше отримані знання з курсу.

Основні результати кваліфікаційної роботи:

- 1) Проведено інформаційний огляд ППА Intel 8255A;
- 2) Розглянуто та проаналізовано програмне забезпечення для моделювання подібних мікросхем;
- 3) Побудовано блок-схему спрощеного алгоритму роботи тренажера;
- 4) Розроблено центральний модуль навчального тренажера;
- 5) Програмно реалізовано вільний режим роботи для демонстрації та вільного програмування мікросхеми;
- 6) Програмно реалізовано можливість виконання завдань в режимі тренування;
- 7) Розроблена зручна довідка по роботі з навчальним тренажером.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Архітектура комп'ютерів. Проектування інформаційно-керуючих систем на базі однокристальних ЕОМ.[Текст] : навчальний посібник у 2 ч. Ч.1/ Ю.І.Хмарський; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.- Днепропетровськ, 2015.-100 с.
2. 8255A/8255A-5 PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE, 1985, 120с
3. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: Підручник / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 399 с.: іл.
4. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем / С. М. Цирульник, Г. Л. Лисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 201 с.
5. Мікропроцесорна техніка: Підручник / [Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін.]; за ред. Т. О. Терещенко. – 2-ге вид., перероб. і доповн. – К.: ІВЦ "Політехніка"; "Кондор", 2004. – 440 с.
6. Периферийные устройства микропроцессорной электроники: методические рекомендации по выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 200100.62 «Приборостроение» / Е.В. Сыпин, Е.С. Повернов, О.Ю. Якушева; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2013. – 52 с.
7. 8255 PPI (Programmable Peripheral Interface) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://easyelectronics.co.in/8255-ppi>
8. OrCAD [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.orcad.com/>
9. Proteus [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.labcenter.com/>
10. Multisim [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.multisim.com/>
11. Lazarus [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.lazarus-ide.org/>
12. Программирование на Lazarus [Електронний ресурс] / В. Ю. Ачкасов // – Режим доступу: <http://intuit.valrkl.ru/course-1265/index.html>