

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.декана факультету
комп'ютерних інформаційних
технологій

Ігор ЯКИМЕНКО



« » р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В. о. проректора з науково-
педагогічної роботи

Віктор ОСТРОВЕРХОВ



« » 20 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни:

«ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ»

Ступінь вищої освіти – бакалавр

Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кафедра Спеціалізованих комп'ютерних систем

| Форма навчання | Курс | Се- местр | Лекції (год.) | Лабор. заняття (год.) | РС (год.) | Тренінг КПЗ | СРС | Разом (год.) | Іспит |
|----------------|------|--------------|------------------|-----------------------------|--------------|----------------|-----|-----------------|-------|
| Денна | 4 | 7 | 52 | 38 | 5 | 14 | 101 | 150 | 7 |

Тернопіль
2023

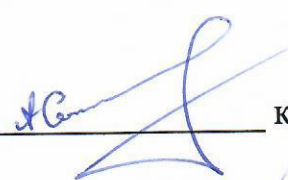
Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавра галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування спеціальності – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, затвердженої на засіданні Вченої ради ЗУНУ протокол № 10 від 24.06.2020 р.

Робочу програму склав старший викладач кафедри СКС: к.т.н. Заставний Олег Михайлович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем протокол № 1 від 28.08.2023 р.

Завідувач кафедри СКС  Андрій СЕГІН

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка протокол № 1 від 28.08.2023 р.

Голова групи забезпечення спеціальності  к.т.н., доцент Андрій СЕГІН

Гарант ОП  к.т.н., доцент Ігор Пітух

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ»

1. Опис дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем»

| Дисципліна – Проектування мікропроцесорних систем | Галузь знань, спеціальність, СВО | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|--|--|
| Кількість кредитів ECTS – 5 | Галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування | Нормативна навчальна дисципліна циклу дисциплін професійної та практичної підготовки Мова викладання - українська |
| Кількість залікових модулів – 4 | Спеціальність — 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології | Рік підготовки – 4 Семестр – 7 |
| Кількість змістових модулів – 2 | Ступінь вищої освіти – бакалавр | Лекції – 52 год. Лабораторні заняття – 38 год. |
| Загальна кількість годин – 150 | | Самостійна робота – 101 год. Тренінг, КПЗ – 14 год. Індивідуальна робота - 5 год. |
| Тижневих годин: 12год. з них аудиторних – 7 год. | | Вид підсумкового контролю – іспит |

2. Мета й завдання вивчення дисципліни

2.1. Мета вивчення дисципліни

Метою дисципліни „Проектування мікропроцесорних систем” є вивчення студентами основних принципів побудови мікропроцесорних систем їх особливостей та елементної бази. Вивчення середовищ розробки та засобів програмування мікроконтролерів.

А також надбання необхідних знань, щодо інтерфейсів та протоколів, які використовуються в мікропроцесорних системах. В результаті вивчення курсу студенти отримують необхідні знання для вірної оцінки необхідних апаратних засобів для реалізації мікропроцесорної системи, а також реалізації програм керування для мікроконтролерів задіяних в реалізації мікропроцесорної системи.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

Для досягнення необхідного рівня знань та навичок, при вивчанні дисципліни використовуються основні засоби впливу на засвоєння навчального матеріалу. Тому в процесі викладання дисципліни розглядаються особливості реалізації проектування типових мікропроцесорних систем.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

K17. Здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

2.4 Передумови для вивчення дисципліни.

Теоретичною базою вивчення дисципліни " Проектування мікропроцесорних систем" є попередні навчальні дисципліни: "Теорія автоматичного управління", "Технічні засоби автоматизації", "Архітектура систем керування", "Цифрова обробка сигналів", "Іноземна мова".

2.5. Результати навчання.

ПР10. Вміти обґрунтовувати вибір структури та розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем управління на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів.

3. Зміст дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем»

Змістовний модуль 1. Основні поняття мікропроцесорних систем.

Тема 1. Поняття та особливості вбудованих систем. Поняття вбудованих систем. Особливості вбудованих систем. Робота в реальному часі. Мініатюризація розмірів і процес тестування. Мінімізація енергії споживання. Інтерфейс користувача та інтерфейс сполучення з об'єктом. Багатозадачність. Мінімізація вартості. Обмеження обсягу пам'яті. Програмно-апаратний дуалізм.

Література: 1, 5, 7

Тема 2. Ядро Cortex. Знайомство з Cortex. Огляд сімейства STM32. Багатофункціональні ПБВ. Безпека. Захищеність. Розробка програм. Групи Performance Line і Access Line.

Література: 5-8

Тема 3. Огляд процесорів Cortex. Версії архітектур ARM. Процесор Cortex і ЦП Cortex. ЦП Cortex. Конвеєр. Модель програмування. Режим роботи ЦП. Набір інструкцій Thumb-2. Карта пам'яті. Доступ до фрагментованих даних. Метод "Bit Banding". Процесор Cortex. Шини. Матриця шин. Системний таймер. Обробка переривань. Контролер вкладених векторизованих переривань. Режим роботи, що впливають на енергоспоживання. Перехід в економний режим роботи. Література: 3, 7, 11

Тема 4. Схема включення мікроконтролерів STM32. Типи корпусів. Напряга живлення. Схема скидання. Генератори. Зовнішній високочастотний генератор. Зовнішній низькочастотний генератор. Вихід синхронізації. Виводи управління завантаженням і внутрісистемне програмування. Режим завантаження. Налагоджувальний порт.

Література: 3, 4, 7

Тема 5. Архітектура системи мікроконтролерів STM32. Розподіл пам'яті. Робота з максимальною швидкістю. Блок фазового автопідстроювання частоти. Налаштування шин. Буфер Flash пам'яті. Прямий доступ до пам'яті

Література: 3, 5, 7

Тема 6. Пристрої вводу-виводу. ПБВ загального призначення. Порти вводу-виводу загального призначення. Альтернативні функції. Сигналізація подій. АЦП. Таймери загального призначення і багатофункціональні таймери. Годинник реального часу і реєстри з резервуванням живлення. Реєстри з резервуванням живлення і вхід втручання.

Література: 2, 3, 7

Тема 7. Економні режими роботи. Режим RUN. Буфер попередньої вибірки і режим напівцикл. Економні режими роботи. Режим SLEEP. Режим STOP. Режим STANDBY. Споживаний струм області з резервуванням живлення. Можливість налагодження в економних режимах.

Література: 2, 3, 7

Тема 8. Можливості щодо забезпечення безпечної роботи. Управління скиданням. Контроль напруги живлення. Захищена система синхронізації. Сторожові таймери. Віконний сторожовий таймер. Незалежний сторожовий таймер. Особливості ПБВ. Блокування конфігурації ПБВ. Віконний компаратор. Вхід екстреного відключення

Тема 9. Модуль Flash пам'яті. Захист та програмування Flash пам'яті. Операції стирання і запису. Байти опцій. Захист від запису. Захист від читання. Конфігураційний байт

Література: 1-5

Змістовний модуль 2. ARM мікроконтролери сімейства STM32.

Тема 10. Інструментальні засоби для проектування. Поняття інструментальних засобів проектування. Бібліотеки та протокольні стеки. Операційні системи реального часу

Тема 11. Порти вводу/виводу. GPIO. Порти вводу/виводу як невід'ємна частина мікроконтролера. Опис регістрів GPIO. Використання StdPeriph_Lib.

Література: 1-5

Тема 12. Послідовний інтерфейс USART. Загальний огляд STM32 USART. Призначення регістрів STM32 USART. Ініціалізація модуля STM32 USART. Робота з перериваннями STM32 USART. Використання DMA STM32 USART.

Література: 3-5

Тема 13. Таймери загального призначення. Базовий модуль таймера. Режими рахунку. Вибір тактування. Режим захоплення вхідного сигналу. Режим введення ШІМ - сигналу.

Література: 3, 5-7

Тема 14. Аналого-цифровий перетворювач. Основні характеристики АЦП мікроконтролерів STM32. Переривання від АЦП. STM32 ADC Опис регістрів. STM32 ADC. Опис роботи модуля. Управління інжекттованими каналами.

Література: 3, 6

Тема 15. Цифро-аналоговий перетворювач. Основні характеристики ЦАП. Перетворення даних ЦАПом. STM32 DAC. Опис регістрів

Література: 3, 7

Тема 16. STM32 DMA. Опис STM32 DMA. STM32 DMA. Ініціалізація. STM32 DMA. Опис регістрів.

Література: 3, 5-7

Тема 17. STM32 USB. Опис STM32 USB. Передача даних. Протоколи транзакцій.

Література: 3, 5-7

Тема 18. STM32 ВКР. Годинник на STM32F103C8. STM32 ВКР. Опис регістрів та їх використання. Регістри резервних даних ВКР_DRx. Програмне скидання регістрів області ВКР. Годинник реального часу. STM32 RTC. Ініціалізація і використання. STM32 RTC. Переривання.

Література: 3, 5-7

4. Структура залікового кредиту дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем»

| Теми занять | Кількість годин | | | | | |
|---|-----------------|---------------|-----|--------------|-----|------------------|
| | Лекції | Лабор. роботи | ІРС | Тренінг, КПЗ | СРС | Контр. заходи |
| <i>Змістовний модуль 1. Основні поняття мікропроцесорних систем.</i> | | | | | | |
| Тема 1. Поняття та особливості вбудованих систем. | 2 | 2 | 2 | 7 | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 2 Ядро Cortex. | 2 | 2 | | | 7 | Поточн. опит. |
| Тема 3. Огляд процесорів Cortex. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 4. Схема включення мікроконтролерів STM32. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 5. Архітектура системи мікроконтролерів STM32. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 6. Пристрої вводу-виводу. | 4 | 2 | | | 7 | Поточн. опит. |
| Тема 7. Економні режими роботи. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 8. Можливості щодо забезпечення безпечної роботи. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 9. Модуль Flash пам'яті | 4 | 2 | | | 5 | Письмо ва робота |
| <i>Змістовний модуль 3. Функціональні структури САУ. Типові ланки. Передавальні функції</i> | | | | | | |
| Тема 10. Інструментальні засоби для проектування. | 2 | 2 | 3 | 7 | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 11. Порти вводу/виводу. GPIO. | 2 | 2 | | | 6 | Поточн. опит. |
| Тема 12. Послідовний інтерфейс USART. | 4 | 2 | | | 7 | Поточн. опит. |
| Тема 13. Таймери загального призначення. | 4 | 4 | | | 5 | Поточн. опит. |

| | | | | | | |
|---|-----------|-----------|----------|-----------|------------|---------------|
| Тема 14. Аналого-цифровий перетворювач. | 4 | 2 | | | 7 | Поточн. опит. |
| Тема 15. Цифро-аналоговий перетворювач. | 2 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 16. STM32 DMA. | 4 | 2 | | | 7 | Поточн. опит. |
| Тема 17. STM32 USB. | 4 | 2 | | | 5 | Поточн. опит. |
| Тема 18. STM32 ВКР. Годинник на STM32F103C8 | 4 | 2 | | | 5 | Письм. робота |
| Всього: | 52 | 38 | 5 | 14 | 101 | |

5. Тематика лабораторних робіт.

Лабораторна робота № 1

Тема: 32-х розрядні мікроконтролери та середовище їх програмування.

Мета: Ознайомитися з середовищем програмування 32-х розрядних мікроконтролерів

Питання для обговорення:

1. Встановлення середовища програмування;
2. Налаштування порта для програмування та відлагодження;
3. Структура програми;
4. Основні елементи програми.

Література: 1-5

Лабораторна робота № 2

Тема: Робота з вбудованим АЦП.

Мета: Навчися працювати з вбудованим АЦП

Питання для обговорення:

1. Характеристики вбудованого АЦП;
2. Режим роботи АЦП;
3. Ініціалізація АЦП;
4. Переривання АЦП.

Література: 2, 3

Лабораторна робота № 3

Тема: Робота з послідовним інтерфейсом USART.

Мета: Ознайомитися з роботою та конфігурацією послідовного інтерфейсу USART.

Питання для обговорення:

1. Характеристики послідовного інтерфейсу USART;
2. Режим роботи USART;
3. Ініціалізація USART;
4. Переривання USART.

Література: 2, 3

Лабораторна робота № 4

Тема: Робота з пристроями по інтерфейсу SPI.

Мета: Ознайомитися з роботою та конфігурацією послідовного інтерфейсу SPI.

Питання для обговорення:

1. Характеристики послідовного інтерфейсу SPI;
2. Режим роботи SPI;
3. Ініціалізація SPI;
4. Переривання SPI.

Література: 2, 4, 9

Лабораторна робота № 5

Тема: Робота з портами вводу-виводу GPIO.

Мета: Навчитися працювати з портами вводу-виводу ARM мікроконтролерів.

Питання для обговорення:

1. Режим роботи портів вводу-виводу;
2. Налаштування роботи портів вводу виводу;
3. Робочі частоти портів вводу-виводу;

4. Альтернативні функції портів вводу-виводу.
Література: 1, 3

Лабораторна робота № 6.

Тема: Робота з таймерами загального призначення.

Мета: Навчитися конфігурувати та використовувати таймери загального призначення

Питання для обговорення:

1. Характеристики таймерів загального призначення;
2. Налаштування таймерів загального призначення;
3. Переривання таймерів загального призначення;
4. Режими роботи таймерів загального призначення.

Література: 3, 5,8

6. Комплексне практичне індивідуальне завдання

Індивідуальна робота студента передбачає виконання комплексного практичного індивідуального завдання, яке виконується кожним студентом одноосібно. Студенти повинні вибрати одну з областей дисципліни та сформулювати тему дослідження, наприклад:

1. Опрацювання сигналів аналогових сенсорів температури.
2. Опрацювання даних цифрових сенсорів температури.
3. Опрацювання даних сенсорів вологості.
4. Опрацювання звукових сигналів.
5. Опрацювання даних сенсорів вимірювання відстані.
6. Робота з картами пам'яті.
7. Робота з цифровими відеокамерами.
8. Робота з кольоровими дисплеями.
9. Опрацювання сигналів гіроскопа.
10. Опрацювання сигналів магнітометра.
11. Опрацювання сигналів акселерометра.
12. Створення людино-машинного інтерфейсу для автоматизованої системи.

Студентові дозволяється обрати інший напрямок зацікавлень, заздалегідь обговоривши та затвердивши у викладача конкретне завдання у вибраній області.

Комплексне практичне індивідуальне завдання повинно містити:

- теоретичний опис обраної області;
- опис поставленого завдання;
- шляхи розв'язання поставленого завдання;
- представлення результатів.

7. Тематика самостійної роботи студентів.

| №п/п | Тематика |
|------|---|
| 1. | Типи мікроконтролерів |
| 2. | Периферійні пристрої мікропроцесорних систем. |
| 3. | Текстові дисплеї |
| 4. | Графічні монохромні дисплеї. |
| 5. | Графічні кольорові дисплеї. |
| 6. | Периферійні пристрої мікроконтролера STM32. |
| 7. | Організація пам'яті STM32. |
| 8. | Бібліотека StdPeriph_Lib. |
| 9. | Особливості обробки переривань в STM32. |
| 10. | Операції з дійсними числами з використанням модуля DSP. |
| 11. | ШІМ модуляція |
| 12. | Сенсори мікропроцесорних систем |
| 13. | Інтерфейс CAN. |
| 14. | Інтерфейс Ethernet. |

| | |
|-----|---|
| 15. | Контролер DMA. |
| 16. | Криптографічний модуль STM32. |
| 17. | Годинник реального часу та енергонезалежна пам'ять. |
| 18. | Тренінг |

Організація і проведення тренінгу

Порядок проведення тренінгу:

Вступна частина проводиться з метою ознайомлення студентів з темою тренінгу.

Організаційна частина полягає у створенні робочого настрою у колективі студентів.

Практична частина реалізується шляхом виконання завдань з певних проблемних питань теми тренінгу.

Підведення підсумків. Обговорення результатів виконаних завдань. Обмін думками з питань, що виносились на тренінг.

Рекомендується проведення тренінгу за наступною темою:

1. Інтерфейси мікропроцесорних систем — особливості роботи з промисловими інтерфейсами для передавання даних в межах проєктованої мікропроцесорної системи та для взаємодії з іншими системами.
2. Периферійні елементи мікропроцесорних систем — знати сучасні периферійні модулі для використання в мікропроцесорних системах та отримання практичних навичок для роботи з ними.

8. Методи навчання.

У навчальному процесі використовуються: лекції, лабораторні заняття під керівництвом викладача, індивідуальні заняття, групова робота, самостійне вивчення спеціалізованих літературних джерел та джерел Інтернет. Виконання лабораторних робіт проводиться в спеціалізованій лабораторії із відповідними засобами розробки.

9. Методи оцінювання.

В процесі вивчення дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем» використовуються наступні методи оцінювання навчальної роботи студентів:

- поточне тестування та опитування;
- залікове модульне тестування та опитування;
- оцінювання виконання КПЗ;
- ректорська контрольна робота;
- підсумковий екзамен;

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Проектування мікропроцесорних систем» визначається як середньозважена величина, залежно від питомої ваги кожної складової залікового кредиту:

Семестр 7 - іспит

| Заліковий модуль 1 | Заліковий модуль 2 (ректорська контрольна робота) | Заліковий модуль 3 (підсумкова оцінка за КПЗ) | Заліковий модуль 4 (письмовий екзамен) |
|---|--|---|--|
| 20 % | 20 % | 20 % | 40 % |
| 1. Письмова робота – мах 40 балів. 2. Лабораторні роботи: 6 робіт по 10 балів – мах 60 балів | 1. Письмова робота – мах 40 балів. 2. Лабораторні роботи: 4 роботи по 15 балів – мах 60 балів | 1. Підготовка КПЗ – мах 30 балів. 2. Захист КПЗ – мах 30 балів. 3. Участь у тренінгах – мах 10 балів. 3. Лабораторні роботи: 2 роботи по 15 балів – мах 30 балів | 1. Теоретичні питання: 3 питання по 20 балів - мах 60 балів. 2. Практичне завдання - мах 40 балів |

Шкала оцінювання:

| За шкалою університету | За національною шкалою | За шкалою ECTS |
|------------------------|------------------------|---|
| 90–100 | відмінно | A (відмінно) |
| 85–89 | добре | B (дуже добре) |
| 75–84 | | C (добре) |
| 65–74 | задовільно | D (задовільно) |
| 60–64 | | E (достатньо) |
| 35–59 | незадовільно | FX (незадовільно з можливістю повторного складання) |
| 1–34 | | F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом) |

10. Інструменти, обладнання, ПЗ, перелік наочних матеріалів, використання яких передбачає навчальна дисципліна.

| № | Найменування | Номер теми |
|---|--|------------|
| 1 | Мультимедійний проектор та проєкційний екран | 1-17 |
| 2 | Персональні комп'ютери | 1-17 |
| 3 | Наявність доступу до мережі Інтернет | 1-17 |
| 4 | Комунікаційне програмне забезпечення (Zoom) для проведення занять у режимі он-лайн (за необхідності) | 1-17 |
| 5 | Комунікаційна навчальна платформа (Moodle) для організації дистанційного навчання (за необхідності) | 1-17 |
| 6 | Операційна система Windows або Linux, STM32CubeIde | 1-17 |

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Kurniawan A. Getting Started With STM32 Nucleo Development // PE Press, 2015. — 137 p.
2. Gay Warren. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopenm3 and GCC // Apress, 2018. — 409 p.
3. Kurniawan A. MicroPython for STM32 Nucleo Technical Workshop (+code) // PE Press, 2018. - 125 p.
4. Norris Donald. Programming with STM32: Getting Started with the Nucleo Board and C/C++ // McGraw-Hill Education, 2018. — 304 p.
5. Noviello C. Mastering STM32. Rel.0.21 // Leanpub, 2017. — 819 p.
6. Watanabe K. Introduction to STM32 ARM Microcontroller with STM HAL-Library & SW4STM32 (+ sources code) // Amazon Digital Services LLC, 2017. — 99 p.
7. Карпенков А.С. Проектирование микропроцессорных систем // Учебно-методическое пособие. — Ковров: Ковровская государственная технологическая академия, 2015. — 38 с.
8. Огородников И.Н. Микропроцессорная техника: введение в Cortex-M3 // Учебное пособие. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2015. — 116 с.
9. Торгаев С.Н., Мусоров И.С., Солдатов А.А., Сорокин П.В. Программирование микроконтроллеров с ядром Cortex-M3 в задачах диагностики и контроля // Учебное пособие. — Томск: STT, 2017. — 104 с.