



# Цифрова електроніка в електроенергетиці

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>																																			
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>																																			
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>																																			
Освітня програма	<i>Управління, захист та автоматизація енергосистем;</i>																																			
Статус дисципліни	<i>Нормативна/ цикл професійної підготовки</i>																																			
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>																																			
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>																																			
Обсяг дисципліни	<i>Кількість кредитів ECTS – 7,5, кількість годин - 225</i>																																			
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/ Модульна контрольна робота/ ДКР/ здача лабораторних робіт</i>																																			
Розклад занять	<p><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a> Розподіл годин за видами занять</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Лекції</th> <th>Практичні заняття</th> <th>Лабораторні заняття</th> <th>Індивідуальні заняття</th> <th>СРС</th> <th>Всього</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>72</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>–</td> <td>117</td> <td>225</td> </tr> <tr> <td>2 рази на 1 тиждні</td> <td>1 раз на 2 тиждні</td> <td>1 раз на 2 тиждні</td> <td>–</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Контрольні заходи</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Іспит</th> <th>Залік</th> <th>МКР (кількість)</th> <th>РГР, РР, ГР (кількість)</th> <th>ДКР (кількість)</th> <th>Реферат (кількість)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+</td> <td>–</td> <td>1</td> <td>–</td> <td>1</td> <td>–</td> </tr> </tbody> </table>						Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Індивідуальні заняття	СРС	Всього	72	18	18	–	117	225	2 рази на 1 тиждні	1 раз на 2 тиждні	1 раз на 2 тиждні	–			Іспит	Залік	МКР (кількість)	РГР, РР, ГР (кількість)	ДКР (кількість)	Реферат (кількість)	+	–	1	–	1	–
Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Індивідуальні заняття	СРС	Всього																															
72	18	18	–	117	225																															
2 рази на 1 тиждні	1 раз на 2 тиждні	1 раз на 2 тиждні	–																																	
Іспит	Залік	МКР (кількість)	РГР, РР, ГР (кількість)	ДКР (кількість)	Реферат (кількість)																															
+	–	1	–	1	–																															
Мова викладання	<i>Українська</i>																																			
Інформація про керівника курсу / викладачів	<p>Лектор: <i>к.т.н., ст. викладач, Тимохін Олександр Вікторович, <a href="mailto:tymokhin@ukr.net">tymokhin@ukr.net</a></i></p> <p>Практичні / Семінарські: <i>ст. викладач, Трубіцин Костянтин Вікторович, <a href="mailto:kpi_tanti@ukr.net">kpi_tanti@ukr.net</a></i></p> <p>Лабораторні: <i>ас., Тимохіна Анастасія Олександрівна,</i></p>																																			
Розміщення курсу	<p>Google classroom <a href="https://classroom.google.com/c/NTQ1NTIxNDUzNzcw?cjc=2ppgg6w">https://classroom.google.com/c/NTQ1NTIxNDUzNzcw?cjc=2ppgg6w</a></p>																																			

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Цифрова електроніка в електроенергетиці» складена відповідно до програми підготовки бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Навчальна дисципліна належить до циклу професійної підготовки.

Предметом вивчення є логічні елементи, а також структурні схеми, що є основою для пристроїв і мікропроцесорних систем, які використовуються в електроенергетиці.

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних компетентностей: К07. Здатність працювати в команді; К22. Здатність розуміти

особливості функціонування обладнання електроенергетичних систем у сфері виробництва, перетворення, передачі, розподілу та споживання електричної енергії; K25. Здатність розуміти принципи та особливості функціонування засобів передачі інформації в електроенергетиці та виконувати розрахунки параметрів їх налаштування; K27. Здатність розробляти проекти автоматизованих систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорної техніки, систем релейного захисту та автоматики електричних підстанцій та станцій, систем передачі інформації в електроенергетиці; K30. Здатність розуміти особливості функціонування та застосування елементів мікропроцесорної техніки для вирішення практичних задач у галузі управління та автоматизації енергосистем.

#### **Програмні результати навчання:**

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР25. Знати основні принципи роботи з прикладним програмним забезпеченням, мікроконтролерами і мікропроцесорною технікою та розуміти особливості їх використання, вміти налаштовувати і програмувати мікропроцесорні пристрої відповідно до поставлених завдань щодо управління, захисту та автоматизації енергосистем.

### **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Даний кредитний модуль базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін як «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Вступ до спеціальності», «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ), «Промислова електроніка».

Кредитний модуль «Цифрова електроніка в електроенергетиці» тісно взаємопов'язаний також з іншими дисциплінами, що спираються на нього, такими як «Релейний захист та автоматизація енергосистем», «Теорія автоматичного керування», «Системна автоматика», «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці», «Автоматизоване та автоматичне управління в енергосистемах», що вивчаються студентами після вивчення даного модулю.

Практичне спрямування дисципліни «Цифрова електроніка в електроенергетиці» зорієнтоване на розвиток умінь і навиків студентів для професій інженера–технолога, експлуатаційника, проектувальника і конструктора, які відповідають в повному обсязі їхнім виробничим функціям, спроможного приймати самостійні творчі рішення при проектуванні, конструюванні, налагоджуванні та експлуатації сучасних мікропроцесорних систем, що використовуються в процесі виробництва та розподілу електроенергії.

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

Змістовний модуль 1. Основи побудови та функціонування мікропроцесорів

Тема 1.1. Автоматичні пристрої, загальні відомості

Тема 1.2. Основи синтезу автоматних пристроїв

Тема 1.3. Напівпровідникові логічні елементи

Змістовний модуль 2. Використання мікропроцесорів в електроенергетиці

Тема 2.1. Підключення МП системи до підстанції 10кВ, 110кВ, 330кВ

Тема 2.2. Структура МП системи захисту підстанції 10кВ, 110кВ, 330кВ

Змістовний модуль 3. Типові вузли та пристрої мікропроцесорної техніки

Тема 3.1. Типові цифрові логічні елементи мікропроцесорних систем

Тема 3.2. Типові аналогові елементи мікропроцесорних систем

Тема 3.3. Основні цифрові та аналогові вузли мікропроцесорних систем

Тема 3.4. Аналогові вимірювальні перетворювачі напруги і струму

Тема 3.5. Особливості фізичної реалізації плат цифрових та цифро-аналогових пристроїв.

Особливості передачі цифрових і аналогових сигналів в довгих лініях зв'язку і міжплатних з'єднаннях

Змістовний модуль 4. Основи мікропроцесорної математики та базові алгебраїчні та логічні можливості сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів.

Тема 4.1. Основи двійкової алгебри у мікропроцесорах та мікроконтролерах

Тема 4.2. Реалізація базових програмних конструкцій на рівні арифметико-логічного ядра мікропроцесора

Змістовний модуль 5. Архітектура мікропроцесорної техніки та мікроконтролерів

Тема 5.1. Основи архітектури мікропроцесорних систем керування

Тема 5.2. Архітектура мікропроцесорів і мікроконтролерів

Тема 5.3. Побудова шин у мікропроцесорних системах

Тема 5.4. Організація пам'яті у мікропроцесорних системах та мікроконтролерах

Тема 5.5. Організація інтерфейсів у мікропроцесорних системах та системах на базі мікроконтролерів

Тема 5.6. Координація взаємодії мікропроцесорних систем із зовнішніми пристроями

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна література

1. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки: Навчальний посібник – К.: Видавництво Ліра-К, 2017. – 392с.

2. Новацький А.О. Архітектура новітніх мікроконтролерів: Програмування мікроконтролерів сімейства ARM: Навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – К.: 2017. – 138с.

3. Цирульник С.М., Азаров О.Д., Крупельницький Л.В., Т.І. Трояновська Програмування мікроконтролерів AVR: Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 111с.

4. Мікропроцесорна техніка в електроустановках. Побудова пристрою шифратора-кодперетворювача для семисегментного світлодіодного індикатора. Домашня контрольна робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Електричні станції» / О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна, Д. Л. Лавренова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,44 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 24 с. – Назва з екрана. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3 від 05.11.2020 р.) за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 2 від 28.09.2020 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42345>.

5. Цифрова електроніка в електроенергетиці. Частина 1: збірник задач і вправ до виконання модульного контролю (для студентів денної форми навчання), домашньої контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 42 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 8 від 07.04.2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48940>.

6. *Цифрова електроніка в електроенергетиці. Частина 2: збірник задач і вправ до виконання модульного контролю (для студентів денної форми навчання), домашньої контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання) [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 461.33 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 11 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 8 від 07.04.2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48944>.*

7. *Цифрова електроніка в електроенергетиці: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / О. В. Тимохін, А. О. Тимохіна ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2.11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 96 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 8 від 27.04.2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48946>.*

8. *Цифрова електроніка в електроенергетиці: практичні завдання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійної програми «Управління, захист та автоматизація енергосистем» / О. В. Тимохін, Д. Л. Лавренова, А. О. Тимохіна ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 863.4 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 34 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 8 від 07.04.2022 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48948>.*

### Додаткова література

9. 74HC Series Logic IC Specification List , [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.creatroninc.com/upload/Logic%20IC%20List.pdf> (дата звернення: 20.01.2020). – 5р.

10. Barrett S. F. *Embedded systems design with the Atmel AVR microcontroller, Synthesis lectures on digital circuits and systems* – [San Rafael, Calif.]: Morgan & Claypool Publishers, 2010. – 24. – 300.

11. Barrett S. F., Pack D. J. *Atmel AVR microcontroller primer: Programming and interfacing. – 2th ed., Synthesis lectures on digital circuits and systems* – [San Rafael, Calif.]: Morgan & Claypool, 2012. – 39. – 226.

12. Bayliss C., Hardy B. *Transmission and Distribution Electrical Engineering: Electrical Engineering. – 2th ed. – Burlington: Elsevier Science, 2014. – 1003.*

13. Clayton G. B. *Operational Amplifiers. – 5th ed., 691R/EDN Ser. for Design Engineers Ser – San Diego, Los Angeles: Newnes [Imprint]; Elsevier Science & Technology Books; Sony Electronics [distributor], – 1 online resource.*

14. *Digital Circuits/Karnaugh Maps* , [Електронний ресурс]. – 16.12.2013. – Режим доступу: [https://en.wikibooks.org/wiki/Digital\\_Circuits/Karnaugh\\_Maps](https://en.wikibooks.org/wiki/Digital_Circuits/Karnaugh_Maps).

15. Frenzel L. E. *Handbook of serial communications interfaces: A comprehensive compendium of serial digital input/output (I/O) standards / Louis Frenzel – Amsterdam: Newnes, 2015.*

16. *FUNDAMENTALS OF INDUSTRIAL ELECTRONICS* – [Place of publication not identified]: CRC Press, 2017. – 1 online resource.

17. Givone D. D. *Digital principles and design* – New York, NY: McGraw-Hill, 2003.

18. *Includes IEEE Std 91A-1991 Supplement, and IEEE Std 91-1984 (IEEE Graphic Symbols for Logic Functions)* – Piscataway, NJ, USA: IEEE.

19. Mathur S., Panda J. *Microprocessors and microcontrollers* – Delhi: PHI Learning Private Limited, 2016.



20. Mazidi M. A., Naimi S., Naimi S. *The AVR microcontroller and embedded systems: Using Assembly and C* – Upper Saddle River N.J.: Prentice Hall, 2011. – xiv, 776.
21. Pelgrom M. J.M. *Analog-to-digital conversion*. – 2th ed. – New York: Springer, 2013. – xx, 584.
22. Sonali S. *DIGITAL LOGIC DESIGN* – [Place of publication not identified]: BPB Publications, 2018. – 1 online resource.
23. Yiu J. *The definitive guide to ARM Cortex-M3 and Cortex-M4 processors* – Amsterdam: Newnes, 2013.
24. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. *Електроніка і мікросхемотехніка*. / Під ред. Сосков, А.Г. – К.: Каравела, 2009. – 416с.
25. Матвієнко М. П. *Комп'ютерна логіка: Навчальний посібник* – К.: Ліра-К, 2012. – 288с.
26. Матвієнко М. П., Розен В.П., Закладний О.М. *Архітектура комп'ютера: Навчальний посібник* – К.: Ліра-К, 2013. – 264с.
27. Сенько В. І., Панасенко М. В., Сенько Є. В., Юрченко М. М., Сенько Л. І., Ясинський В. В. *Електроніка і мікросхемотехніка*. / Під ред. Сенько В. І. – К.: Каравела, 2008. – Т.3. – 400с.
28. Цирульник С.М., Лисенко Г.Л. *Проектування мікропроцесорних систем: навчальний посібник* – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 201с.
29. Щерба А.А., Победаш К.К., Святненко В.А. *Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»* – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 360с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
Змістовний модуль 1. Основи побудови та функціонування мікропроцесорів	
Тема 1.1. Автоматичні пристрої, загальні відомості	
1.	<b>Призначення і особливості автоматичних пристроїв (АП). Основні сигнали в АП.</b> Місце ЕС РЗА в загальній системі керування виробництвом та розподілом електричної енергії. Призначення ЕС РЗА. Основні вимоги до ЕС РЗА. Основні визначення. Поняття алгоритмів функціонування та управління. Призначення АП. Електричні сигнали постійного та змінного струму. Неелектричні сигнали. Вхідні сигнали АП. Різновиди аналогових та дискретних сигналів. Література: [1, 12, 29]
2.	<b>Функціональні частини і елементи АП. Прямі та зворотні зв'язки в АП.</b> Вимірювальні, передуючі, логічні та виконавчі частини АП. Поняття структурної, функціональної та принципової схем. Поняття прямого та зворотного зв'язку в АП. Головний прямий та головний зворотній зв'язок. Додаткові прямі та зворотні зв'язки. Надійність елементів. СРС: Типи зворотних зв'язків. Література: [12, 27]
Тема 1.2. Основи синтезу автоматних пристроїв	
3.	<b>Автоматний опис АП. Алгебра висловлювань і формалізація опису. Основні теореми алгебри Буля. Способи представлення булевих функцій. Перехід від структурної форми до логічних схем і зворотній перехід. Функціонально повні</b>

	<p><b>системи логічних елементів.</b></p> <p>Опис автомата за допомогою слів. Автоматні таблиці. Автомати без пам'яті та з пам'яттю. Автомати Мілі, автомати Мура. Основні поняття. Елементи "І", "АБО", "НІ". Теорема одної змінної, теорема двох і більше змінних. Опис за допомогою слів, табличний спосіб, алгебраїчний спосіб. Перша, та друга стандартні форми опису. Способи переходу, та приклади переходу від структурної форми до логічних схем і навпаки. Система, що складається з елементів "АБО", "НІ". Система, що складається з елементів "І", "НІ". Система, що складається з одного елемента "АБО-НІ". Система, що складається з одного елемента "І-НІ".</p> <p>СРС: Логічний елемент "Виключаючи АБО"</p> <p>Література: [29]</p>
4.	<p><b>Мінімізація булевих функцій за допомогою алгебраїчних перетворень.</b></p> <p>Основна задача мінімізації. Закони склеювання та скорочення, теорема де Моргана. Приклади мінімізації.</p> <p>Література: [29]</p>
5.	<p><b>Мінімізація булевих функцій за допомогою карт Карно. Використання факультативних ситуацій.</b></p> <p>Основні поняття карти Карно. Принцип заповнення карти Карно. Порядок роботи з картою Карно при мінімізації функції в першій стандартній формі. Порядок роботи з картою Карно при мінімізації функції в другій стандартній формі. Особливості мінімізації АП з декількома виходами.</p> <p>СРС: Карты Карно із пам'яттю.</p> <p>Література: [14, 29]</p>
Тема 1.3. Напівпровідникові логічні елементи	
6.	<p><b>Класифікація логічних елементів, електронні схеми логічних елементів.</b></p> <p>Вісім основних типів напівпровідникових логічних елементів: РТЛ, ДТЛ, ТТЛ, ТЛ, ЕЗЛ, І<sup>2</sup>Л, МОП, КМОП. Діодний логічний елемент – основні переваги та недоліки. Три основні частини з яких складається ЛЕ. Характеристика ЛЕ. Коефіцієнт множення по виходу, коефіцієнт об'єднання по входу, час затримки розповсюдження сигналу, розсіювана потужність..</p> <p>СРС: Функціонально повні системи елементів на ТТЛ.</p> <p>Література: [9, 18]</p>
7.	<p><b>Електронні схеми ТТЛ логічних елементів.</b></p> <p>Принципова схема побудови базового елемента ТТЛ. ТТЛ з навантажувальним транзистором. Вихідні схеми з трьома положеннями. ЛЕ. Різновиди ТТЛ схем. Схеми ТТЛ з приладами Шотки.</p> <p>Література: [9, 18, 22]</p>
8.	<p><b>Логічні елементи з емітерно-зв'язними зв'язками (ЕСЛ). Логічні елементи на польових транзисторах (МОП).</b></p> <p>Принципова схема транзистора з емітерним опором для обмеження току колектора. Основні переваги та недоліки ЕСЛ. Інтегральна інжекційна логіка (І<sup>2</sup>Л) Схема І<sup>2</sup>Л елемента НІ, схема І<sup>2</sup>Л елемента "АБО-НІ". Основні переваги та недоліки. Схема МОП елемента "АБО-НІ", схема МОП елемента "І-НІ". Переваги та недоліки МОП логіки. Логічні елементи на К-МОП структурах. Схема К-МОП</p>

	<p>елемента "НІ", схема К-МОП елемента "І-НІ". Переваги та недоліки ЛЕ К-МОП.  СРС: Функціонально повні системи елементів на К-МОП.  Література: [9, 18, 22]</p>
Змістовний модуль 2. Використання мікропроцесорів в електроенергетиці; 4.07.01.02	
Тема 2.1. Підключення МП системи до підстанції 10кВ, 110кВ, 330кВ	
9.	<p><b>Організація вводу інформації та виводу керуючих сигналів на підстанції 10 кВ, 110 кВ, 330 кВ.</b>  Розглядаються питання вводу аналогової і дискретної інформації в окремі вузли МП системи керування підстанції.  Література: [12, 18]</p>
Тема 2.2. Структура МП системи захисту підстанції 10кВ, 110кВ, 330кВ	
10.	<p><b>Структурна схема МП системи управління енергооб'єктами. Основні вузли та блоки.</b>  Розглядається сучасний підхід до побудови АСУ ТП підстанції та способи її побудови.  Література: [12]</p>
Змістовний модуль 3. Типові вузли та пристрої мікропроцесорної техніки; 4.07.01.03	
Тема 3.1. Типові цифрові логічні елементи мікропроцесорних систем	
11.	<p><b>Тригери. Регістри.</b>  RS-тригер, синхронний RS-тригер. Двоконтактний RS-тригер. D-тригер. T-тригер. JK-тригер. Тригери, що перемикаються фронтом синхроімпульсів. Двотактний D-тригер. Основні поняття. Паралельний регістр Регістр із "здвигом" інформації – послідовний регістр. Послідовно-паралельний регістри.  СРС: Структура регістра із здвигом вправо і вліво одночасно  Література: [1, 22, 24]</p>
12.	<p><b>Лічильники. Генератори прямокутних імпульсів.</b>  Основні поняття. Двійковий лічильники. Асинхронний та синхронний лічильники. Паралельний синхронний двійковий лічильник. Лічильники зі зменшенням числа. Принцип організації лічильника з модулем, що не є кратним числу 2. Десяткові лічильники. Трьох декадний десятковий синхронний лічильник. Кільцеві лічильники. Схеми формування імпульсів. Схеми подвоювання імпульсів. Схеми знищення дребезгу контактів.  Література: [1, 24]</p>
13.	<p><b>Приклади комбінаційних схем.</b>  Дешифратори "1 з 2". Селектори. Шифратори-кодоперетворювачі. Шифратор-кодоперетворювач для 7-сегментного індикатора.  СРС: Шифратори-кодоперетворювачі для схем із загальним анодом та катодом.  Література: [1, 22]</p>
14.	<p><b>Побудова засобів комп'ютерної арифметики</b>  Концепція побітних операцій над словами інформації. Побудова повного суматора та повного віднімача.  СРС: Апаратне множення двійкових чисел.  Література: [16]</p>
Тема 3.2. Типові аналогові елементи мікропроцесорних систем	
15.	<p><b>Основні схеми та особливості функціонування ОП зі зворотним зв'язком.</b></p>

	<p><b>Використання ОП в обчислювальній техніці</b></p> <p>Три основних правила аналізу ОП. Основні схеми підключення ОП. Інверсійний підсилювач. Неінверсійний підсилювач. Підсилювачі змінного струму. Повторювач. Основні особливості при використанні ОП. Диференційний ОП. Лічильні ОП. Активні випрямлячі на базі ОП. Інтегратори. Диференціатори. Компаратори. Тригери Шмітта.</p> <p>Література: [13, 24]</p>
<p>Тема 3.3. Основні цифрові та аналогові вузли мікропроцесорних систем</p>	
16.	<p><b>Цифроаналоговий перетворювач (ЦАП). Цифроаналоговий перетворювач інтегруючого типу.</b></p> <p>Призначення ЦАП на опорах. Побудова генераторів напруги для ЦАП. Принцип дії інтегруючого ЦАП. Швидкості дії інтегруючого ЦАП.</p> <p>Література: [21, 24]</p>
17.	<p><b>Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП)</b></p> <p>Призначення АЦП. Побудова АЦП з сумуючим лічильником. Побудова АЦП з реверсивним лічильником. Побудова АЦП за методом послідовних наближень.</p> <p>Література: [1, 21, 24]</p>
18.	<p><b>Аналого-цифрові перетворювачі(АЦП).</b></p> <p>Сігма-дельта АЦП. Інтегруючий АЦП.</p> <p>Література: [1, 21, 24]</p>
<p>Тема 3.4. Аналогові вимірювальні перетворювачі напруги і струму</p>	
19.	<p><b>Активні вимірювальні трансформатори струму та напруги.</b></p> <p>Основні відомості. Схема активного вимірювального трансформатора з компенсацією МДС намагнічування магнітопроводу. Схема активного вимірювального трансформатора напруги.</p> <p>Література: [16]</p>
<p>Тема 3.5. Особливості фізичної реалізації плат цифрових та цифро-аналогових пристроїв. Особливості передачі цифрових і аналогових сигналів в довгих лініях зв'язку і міжплатних з'єднаннях</p>	
20.	<p><b>Особливості розведення друкованих цифрових та аналогово-цифрових пристроїв. Внутрішньоплатні з'єднання. З'єднання та збудження на платі. Шини передачі даних.</b></p> <p>Трасування кіл живлення. Робота з струмом повернення. Аналогове та цифрове заземлення. Струм перехідного процесу в вихідному каскаді логічного елемента. Збудження на шині землі. Ємнісне навантаження як причина збудження. Особливості проходження сигналів по шинах. Можливі помилки та спотворення сигналів. Способи захисту.</p> <p>СРС: Основні способи захисту від спотворень сигналів. Трасування високошвидкісних ліній</p> <p>Література: [1, 2]</p>
21.[ 16]	<p><b>Міжплатні зв'язки. Кабелі зв'язку.</b></p> <p>Особливості міжплатних зв'язків. Основні способи захисту від помилок та спотворень сигналів. Робота елементів ТТЛ на лінії середньої довжини. Використання диференційних структур ТТЛ. Поняття скрученої пари. Схеми підключення для коаксіального кабелю.</p>



	<p><i>СРС: Підключення до лінії Ethernet</i></p> <p><i>Література: [15]</i></p>
<p>Змістовний модуль 4. <i>Основи мікропроцесорної математики та базові алгебраїчні та логічні можливості сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів</i></p>	
<p>Тема 4.1. <i>Основи двійкової алгебри у мікропроцесорах та мікроконтролерах</i></p>	
22.	<p><b>Основи двійкової алгебри мікропроцесорів. Математичні основи роботи із бінарними сигналами.</b></p> <p><i>Основи двійкової арифметики. Переведення чисел між системами числення. Формати цілих двійкових чисел. Поняття додаткового коду. Розмір та межі двійкових слів. Робота із багатобайтними словами. Поняття бінарних сигналів. Принцип їх отримання, виділення та обробки. Поняття маски та маскування сигналів.</i></p> <p><i>СРС: Реалізація процесорного множення та ділення двійкових чисел</i></p> <p><i>Література: [22, 25]</i></p>
<p>Тема 4.2. <i>Реалізація базових програмних конструкцій на рівні арифметико-логічного ядра мікропроцесора</i></p>	
23.	<p><b>Базові програмні конструкції та їх реалізація на рівні арифметико-логічного ядра мікропроцесора</b></p> <p><i>Принципи реалізації умов та циклів. Реалізація підпрограм. Поняття стеку.</i></p> <p><i>Література: [22]</i></p>
<p>Змістовний модуль 5. <i>Архітектура мікропроцесорної техніки та мікроконтролерів</i></p>	
<p>Тема 5.1. <i>Основи архітектури мікропроцесорних систем керування</i></p>	
24.	<p><b>Покоління ЕОМ. Типова структура ЕОМ.</b></p> <p><i>Місце МП КЕ в загальній системі керування виробництвом та розподілом електричної енергії. Призначення МП КЕ. Основні вимоги до МП. Основні вузли та блоки ЕОМ.</i></p> <p><i>СРС: Історія розвитку ЕОМ.</i></p> <p><i>Література: [19, 26]</i></p>
<p>Тема 5.2. <i>Архітектура мікропроцесорів і мікроконтролерів</i></p>	
25.	<p><b>Структура мікро ЕОМ з шинною організацією. Синхронізація в мікропроцесорній системі.</b></p> <p><i>Основні вузли мікропроцесора, призначення та виконувані функції. Часові діаграми обмінів сигналами в МП.</i></p> <p><i>Література: [19, 26]</i></p>
26.	<p><b>Гіпотетичний мікропроцесор.</b></p> <p><i>Загальні відомості про архітектуру мікропроцесора. Структурна схема гіпотетичного мікропроцесора. Мікропроцесор з точки зору програміста.</i></p> <p><i>СРС: Принстонська та гарвардська архітектури побудови мікропроцесорів</i></p> <p><i>Література: [1, 2]</i></p>
27.	<p><b>Архітектурні особливості 8-и розрядних мікроконтролерів серії АТмега фірми Atmel</b></p> <p><i>Архітектура побудови мікроконтролерів серії АТмега фірми Atmel та їх базові можливості.</i></p> <p><i>СРС: Система команд 8-и розрядних мікроконтролерів серії АТмега фірми Atmel</i></p> <p><i>Література: [3, 10, 11, 20, 28]</i></p>

28.	<p><b>Архітектурні особливості 32-и розрядних мікроконтролерів на базі ядра ARM</b></p> <p>Архітектура побудови 32-и розрядних мікроконтролерів на базі ядра ARM та їх базові можливості</p> <p>СРС: Різновиди сімейств мікроконтролерів ARM сімейства Cortex-M</p> <p>Література: [2, 23]</p>
Тема 5.3. Побудова шин у мікропроцесорних системах	
29.	<p><b>Шини мікропроцесорних систем</b></p> <p>Поняття шин. Паралельні шини. Двонапрявлені шини. Базові підходи до побудови шини даних, шини адреси та шини керування, ідея, місце та призначення селектора адреси</p> <p>СРС: Послідовні шини передачі даних</p> <p>Література: [17, 19]</p>
Тема 5.4. Організація пам'яті у мікропроцесорних системах та мікроконтролерах	
30.	<p><b>Організація запам'ятовувальних пристроїв і з довільним доступом</b></p> <p>Внутрішня організація класичного запам'ятовувального пристрою з довільним доступом, Структура запам'ятовувального елемента на звичайних логічних елементах.</p> <p>СРС: Пам'ять із послідовним доступом. Її принцип та область застосування</p> <p>Література: [19]</p>
31.	<p><b>Електронні схеми оперативної пам'яті</b></p> <p>Розглядаються схеми статичної та динамічної пам'яті, принципи роботи, переваги та недоліки. Інтерфейс із головною пам'яттю</p> <p>СРС: Сучасні модулі динамічної пам'яті та їх структура</p> <p>Література: [19]</p>
32.	<p><b>Простір пам'яті мікропроцесора</b></p> <p>Організація простору пам'яті мікропроцесорних систем. Принцип заповнення адресного простору фізичними модулями пам'яті.</p> <p>СРС: Адресні простори мікроконтролерів ARM та AVR</p> <p>Література: [19, 23]</p>
33.	<p><b>Електронні схеми постійної пам'яті</b></p> <p>Принцип побудови пам'яті однократного програмування та багатократного програмування.</p> <p>СРС: Організація Flash та EEPROM пам'яті</p> <p>Література: [1, 19]</p>
Тема 5.5. Організація інтерфейсів у мікропроцесорних системах та системах на базі мікроконтролерів	
34.	<p><b>Порти вводу/виводу. Порти вводу/виводу у мікроконтролерах</b></p> <p>Поняття портів вводу/виводу, їх призначення. Схема класичного порту вводу-виводу та принцип роботи. Поняття портів вводу/виводу у мікроконтролерах. Їх зв'язок із периферійними пристроями та принципи роботи із ними.</p> <p>СРС: Порти стану та порти керування. Порти вводу/виводу в адресному просторі мікроконтролерів AVR</p> <p>Література: [11, 19, 23]</p>
Тема 5.6. Координація взаємодії мікропроцесорних систем із зовнішніми пристроями	

35.	<p><b>Базова координація взаємодії мікропроцесорних систем із зовнішніми пристроями</b></p> <p>Принципи координації мікропроцесорної системи із зовнішніми пристроями. Пуск із сторони програми, пуск із сторони пристрою</p> <p>Література: [19]</p>
36.	<p><b>Переривання у мікропроцесорних системах</b></p> <p>Поняття переривань. Переривання із програмним опитуванням. Векторна система переривань. Векторна система переривань як складова частина сучасних мікроконтролерів</p> <p>СРС: Векторна система переривань у мікроконтролера ARM</p> <p>Література: [11, 19, 23]</p>

### **Практичні заняття**

Практичні заняття дозволяють більш поглиблено проробити теоретичний матеріал, викладений на лекціях, набути навички практичного використання.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Алгебра висловлювань. Основні теореми Булевих функцій. Література: [1, 4, 8, 12]
2	Мінімізація Булевих функцій за допомогою алгебраїчних перетворень. Література: [1, 5, 8]
3	Мінімізація за допомогою карт Карно Література: [6, 8, 18]
4	Використання факультативних умов при мінімізації Література: [1, 8]
5	Перехід від структурної формули до логічної схеми й зворотний перехід Література: [8, 9, 18]
6	Особливості проектування друкованих плат автоматичних пристроїв Література: [8, 9, 18, 22]
7	Оформлення технічної документації для проєктованих автоматичних пристроїв Література: [8, 9, 18, 22]

### **Семінарські заняття**

не передбачені

### **Лабораторні заняття**

№ з/п	Назва лабораторної роботи
1.	Ознайомлення із середовищем розробки AVR Studio 4 та засобами програмування і відлагодження для мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel. [7]
2.	Дослідження структури програм на мові асемблер та системи команд

	<i>мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel. [7]</i>
3.	<i>Дослідження структури мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel, робота із портами вводу/виводу. [7]</i>
4.	<i>Реалізація базових конструкцій мов програмування високого рівня на мові асемблера для мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel, створення програмних затримок. [7]</i>
5.	<i>Дослідження роботи із матрицею клавіатури на мові асемблера для мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel. [7]</i>
6.	<i>Дослідження реалізації динамічної індикації на мові асемблера для мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel. [7]</i>
7.	<i>Дослідження роботи із апаратними перериваннями на мові асемблера для мікроконтролерів ATmega сімейства AVR фірми Atmel. Робота із апаратними таймерами. [7]</i>

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у ретельній підготовці до тематичних модульних контрольних робіт та заліку, виконання РГР.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Підготовка до аудиторних занять Літературні джерела: [1- 8]	57
2.	Підготовка до МКР Літературні джерела: [9, 10]	15
3.	Виконання ДКР Літературні джерела: [7]	15
4.	Підготовка до екзамену	30
	<b>ЗАГАЛОМ</b>	<b>117</b>

## Контрольна робота

- Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка практичних знань із освітнього компоненту, набуття студентами практичних навичок роботи із числами у різних системах числення, що використовуються у сучасних цифрових пристроях.
- Модульна контрольна робота (МКР) виконуються після вивчення Змістовного модулю №1 Кожний студент отримує індивідуальне завдання, відповідно до якого необхідно розв'язати по 2 (дві) задачі.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять студентами є обов'язковими. У разі наявності у студента документа, що виправдовує неможливість своєчасного проходження модульної контрольної роботи, йому надається можливість здати роботу протягом тижня після його появи на заняттях.

Під час виконання **модульних контрольних робіт (МКР)** та написанні **екзаменаційної роботи забороняється**:

- користуватися джерелами інформації у паперовому чи електронному вигляді,

- забороняється консультиватися зі сторонніми особами. За несамотійне виконання завдання (після консультації із іншими особами чи колективної наради) студенти, що були задіяні у консультиванні чи колективній нараді, отримують штрафні бали.

**За порушення вище зазначених правил при:**

- написанні МКР стягується 5 балів від оцінки студента
  - написанні **екзаменаційної роботи** – студент відправляється на перездачу
- Заохочувальні бали нараховуються за активну участь студента на лекції +1 бал.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** МКР, ДКР, відповіді на практичних заняттях, задача лабораторних робіт.

**Календарний контроль:** провадиться одного разу в семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за ДКР, виконані та захищені всі лабораторні роботи, виконані та захищені всі практичні завдання, семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання та захист лабораторних робіт;
  - виконання домашньої контрольної роботи (ДКР);
  - виконання та захист практичного завдання;
  - виконання модульної контрольної роботи (МКР).
- відповіді на екзамені.

Виконання та захист лабораторних робіт	ДКР	виконання та захист практичних завдань	МКР	Rc	Рекз	R
21	8	21	10	60	40	100

### Виконання та захист лабораторних робіт

Для допуску до поточної лабораторної роботи кожному студенту необхідно мати Протокол, оформлений відповідно до норм оформлення технічної документації, який має містити всі необхідні пункти, відповідно до Навчальних посібників з лабораторного практикуму [6]. Лабораторні роботи виконуються побригадно, розрахунок та аналіз отриманих результатів проводяться індивідуально.

Ваговий бал – 3,0.

Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях – 3.0 бали \* 7 = 21.0 балів.

Критерії оцінювання:

- лабораторна робота не виконана або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 1,8 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 1,9 - 2,4 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має неточності – 2,5 - 2,9 балів;
- виконання лабораторної роботи, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою лабораторної роботи – 3 бали.

УВАГА! Захист всіх лабораторних робіт є умовою допуску до складання екзамену. Студенти, що на момент консультації перед екзаменом не захистили лабораторні роботи, не допускаються до основної здачі та готуються до перескладання.

УВАГА! Для допуску до перескладання екзамену треба у визначений викладачем термін здати всі заборгованості по лабораторним роботам.

### **Виконання та захист практичних завдань**

Ваговий бал – 8,0.

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях – 3.0 бали \* 7 = 21.0 балів.

Критерії оцінювання

- практичне завдання не виконано або протокол не представлений – повертається на відпрацювання або доопрацювання - 0 балів.
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана повністю помилковою – 1,0 – 1,4 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з суттєвими помилками – 1,5 - 1,8 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту надана з несуттєвими помилками – 1,9 - 2,1 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має ряд неточностей – 2,2 - 2,4 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, відповідь на питання до захисту має одну неточність – 2,6 - 2,9 балів;
- виконання практичного завдання, самостійне виконання обчислень, оформлення протоколу досліджень, повна відповідь на питання за темою – 3 балів.

### **Індивідуальне семестрове завдання (ДКР)**

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує домашню контрольну роботу [7].

Максимальна кількість балів за виконання ДКР – 8,0.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання, повна відповідь на питання за темою розрахунково-графічної роботи – 8,0 балів;
- є окремі несуттєві помилки – 5...7,8 балів;
- робота неповна, є окремі суттєві помилки – 3,0...4,8 балів;
- робота виконана невірно – 0 балів;

на виконання ДКР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача ДКР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -0,2 за кожен тиждень понад встановлений термін.



## **Модульна контрольна робота**

Модульна контрольна робота складається з двох практичних задач.

Ваговий бал задач – 5.

Максимальний бал за МКР – 10.

Критерії оцінювання

правильне розв'язання задачі – 100% від кількості балів за задачу;

часткове розв'язання задачі, наявність незначних помилок – 60-95% від кількості балів за задачу;

часткове розв'язання задачі, наявність значних помилок – 10-55% від кількості балів за задачу;  
відсутність відповіді – 0 балів.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань та задач

Рейтинг  $R_c \geq 0,6 * R$ , тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг  $R_c$  в межах  $(0,4 - 0,59) * R$ , тобто 40 – 59 балів – студенти складають екзамен.

Максимальний рейтинг екзамену  $R_z = 40$  балів.

Критерії оцінювання кожного з двох теоретичних екзаменаційних питань

Рейтинг завдання  $R_z = 15$  балів – студент дав вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг завдання  $R_z = 13 - 14$  балів – студент дав вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні, але містять незначні неточності.

Рейтинг завдання  $R_z = 9 - 12$  балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг завдання  $R_z = 6 - 8$  балів – студент частково відповідає на екзаменаційне питання, показує знання, але недостатньо розуміє суть процесів. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг завдання  $R_z \leq 5$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті процесів. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Критерії оцінювання задачі

Рейтинг завдання  $R_z = 10$  балів – студент дав вичерпний і вірний розв'язок .

Рейтинг завдання  $R_z = 8 - 9$  балів – студент дав вірний хід розв'язку, який містить незначні неточності.

Рейтинг завдання  $R_z = 6 - 7$  балів – студент дав вірний хід розв'язку, який містить значні неточності.

Рейтинг завдання  $R_z = 4 - 5$  балів – студент частково дав вірний хід розв'язку, який містить значні неточності.

Рейтинг завдання  $R_z \leq 3$  балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

## **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено ст. викладач, к.т.н., Тимохін Олександр Вікторович

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол № 8 від 26.05.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету1 (протокол №10 від 16.06.2022р.)