

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Теоретичної механіки, машинознавства та
роботомеханічних систем» (№ 202)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи



(підпис)

Баранов О.О.

(ініціали та прізвище)

« 30 » ____серпня__ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Апаратне та програмне забезпечення
сучасного роботизованого виробництва**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Роботомеханічні системи і комплекси

(найменування спеціалізації)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма «Апаратне та програмне забезпечення сучасного роботизованого виробництва» для студентів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» та освітньою програмою «Роботомеханічні системи і комплекси»

“ 21 ” червня 2021 року – 11 с.

Розробники: к.т.н., доцент Бреус А. О., ст. викладач к. 202 Белявський О. В.

(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)



(підписи)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри «Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем» _____

Протокол № 11 від " 30 " червня 2021 р.

Завідувач кафедри _____ д.т.н., професор
(наукова ступінь та вчене звання)



(підпис)

О. О. Баранов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування Показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		(денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова дисципліна
Модулів – 1		Навчальний рік 2021/2022
Змістових модулів – 1		Семестр 2
Загальна кількість годин – 64/150		
Індивідуальне завдання: «Розробка СК пневмоавтоматом»	<u>Спеціальність</u> <u>131 «Прикладна механіка»</u>	Лекції
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4.0 самостійної роботи студента – 5.4		
	Лабораторні	32 год.
		Практичні -
	<u>Освітня програма</u> <u>Роботомеханічні системи і комплекси</u>	Самостійна робота
		86 год.
	Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	Вид контролю
Іспит		

Примітка:

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/86.

*Аудиторне навантаження може бути збільшене, або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Вступ

Предметом вивчення навчальної дисципліни є технічні засоби та методи керування автоматизованим технологічним обладнанням (ТО) сучасного підприємства: принципи дії та програмування приладів керування ТО, їх інтеграція у розподілені системи керування за допомогою цифрових промислових мереж (ЦПМ).

Метою навчальної дисципліни «Апаратне та програмне забезпечення сучасного виробництва» є надання розуміння послідовності автоматизації, правил монтажу, налагодження та програмування сучасних модулів автоматизації та роботизації виробництва.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Апаратне та програмне забезпечення сучасного виробництва» є формулювання уявлень о сучасних модульних засобах автоматизації, як на базі програмованих логічних контролерів (ПЛК), так і на базі стойки ЧПК.

Компетентності, які набуваються.

Згідно з вище зазначеним студенти повинні набути:

загальних компетентностей:

ЗК1 - вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

ЗК2 - здатність приймати обґрунтовані рішення;

ЗК3 - навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

ЗК8 - здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК9 - здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК11 - здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

фахових компетентностей:

ФК1 - спеціалізованих концептуальних знань новітніх методів та методик проектування і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування;

ФК3 - застосування відповідних методів і ресурсів сучасної інженерії на основі інформаційних технологій для вирішення широкого кола інженерних задач із застосуванням новітніх підходів, методів прогнозування з усвідомленням інваріантності розв'язків;

ФК6 - здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки;

ФК9 - здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи чи структурного підрозділу при виконанні виробничих завдань, комплексних проектів, наукових досліджень. Відповідальність за розвиток професійного знання і практик, оцінку стратегічного розвитку команди;

ФК11 - здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження, обробляти результати експерименту на основі використання сучасних інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів.

Очікувані результати навчання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми **результатами навчання є:**

ПРН4 - показати теоретичні знання і практичні навички використання сучасних методів пошуку оптимальних параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного, імітаційного та комп'ютерного моделювання, зокрема і за умов неповної та суперечливої інформації;

ПРН 8 - продемонструвати знання структури, функціонування, технічного та програмного забезпечення інформаційно-вимірювальних комп'ютеризованих систем в машинобудівному виробництві.

Міждисциплінарні зв'язки: мікропроцесорні пристрої, пристрої електроніки та автоматики, теорія керування.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Принципи керування автоматичним ТО.

Тема 1. Вступ. (4)

Мета лекції: постановка завдання автоматизації сучасного виробництва.

1.1. Системи автоматики, їх роль та місце у сучасному механічному виробництві.

1.1.1. Принципи побудови систем автоматичного управління.

1.1.2. Фундаментальні принципи керування. Загальні положення теорії керування.

Принцип розімкненого керування. Принцип компенсації. Регулювання за зворотнім зв'язком.

1.2. Промислові мережеві цифрові системи автоматичного керування (ЦПМ)

1.2.1. Загальні принципи роботи мережевих систем керування розподіленим виробництвом.

1.2.2. Функції та структура інтегрованого програмного середовища «Woonderware Suite»

1.2.3. Історія розвитку та структура мережевих систем керування розподіленим ТО.

Література [1,5,6] (Вор. МГТУ с. 5...15)

Для повторення та самостійного вивчення.

1.1.* Види автоматичного управління. Стабілізація. Програмне управління. Екстремальне та оптимальне управління.

1.2*. Зворотній зв'язок та його дія на систему керування. Види зворотнього зв'язку. Вплив зворотнього зв'язку на сталість об'єкту керування.

1.3*. Пропорційна, інтегруюча та диференціальна ланки та їх моделювання.

1.4*. Аперіодична, коливальна та консервативна ланки другого порядку та їх моделювання.

Тема 2. Програмований логічний контролер (ПЛК). (6)

Мета лекції: вивчення принципової організації ПЛК та методів автоматизації промислових систем на їх основі.

2.1. Структура та принцип дії ПЛК. Різновиди ПЛК.

2.2. Принципи обробки інформації у ПЛК.

2.3. Інтерфейси обміну даними з периферійними пристроями та ТО.

Структура інформаційно-вимірювальної системи

2.4. Інформаційні масиви, типи сигналів та методи їх кодування.

2.5. Телеметричні канали завадостійкої передачі даних.

2.6. Датчики та первинні вимірювальні перетворювачі інформації.

2.7. Типи вимірювальних перетворювачів (ВП). ВП прямої дії та ВП з компенсацією.

2.8. Вторинне перетворення інформації. ЛПП (с.12...24)

2.9. А/Ц та Ц/А перетворення даних.

Тема 3. Виконавча система маніпуляційного робота. (2)

Мета лекції: вивчення методів керування маніпуляційними роботами

6.1. Електричний привод ПР на базі ДПС.

6.2. Математична модель виконавчої системи маніпуляційного робота (МР).

6.3. ПІД та нечітко-логічне регулювання параметрів електропривода МР.

6.4. Динаміка виконавчої системи МР.

Тема 4. Системи керування електричними приводами. (2)

Мета лекції: вивчення методів налаштування СК для використання типових електричних приводів.

4.1. Двигун постійного струму (ДПС). Система пуску та гальмування.

4.2. Асинхронний двигун (АД). Режим керування АД.

4.3. Шаговий двигун (ШД) та методи керування ШД. Література[5,7]

Тема 5. Система керування ТО, як кінцевий автомат (4)

Мета лекції: вивчення методів проектування кінцевих автоматів на основі ПЛК.

5.1. Розуміння складної робототехнічної системи (СРС). Модель СРС.

5.2. Кінцевий автомат (КА), як модель об'єкту керування.

5.3. Робот, як елемент складної системи.

5.4. Синтез КА на базі ПЛК.

Тема 6. Програмування ПЛК за стандартом МЭК 61131-3. (4)

Мета лекції: вивчення базових методів та мов програмування ПЛК.

6.1. Програмування ПЛК мовою FBD (Functional Block Diagram)

6.1.1. Базові принципи програмування мовою FBD.

6.1.2. Базові функціональні блоки мови FBD та їх властивості.

6.1.3. Лінгвістичні засоби надання інтерфейсних сполучень.

6.1.4. Методи вирішення систем алгебраїчних рівнянь мовою FBD.

Тема 7. Програмування ПЛК мовами LD та ST. (4)**Мета лекції: вивчення базових методів та мов програмування ПЛК.**

- 7.1. Програмування ПЛК мовами LD (Ladder Diagram) та ST (Structured Text)
- 7.2. Базові принципи програмування мовою LD.
- 7.3. Базові лінгвістичні конструкції мови ST та приклади їх застосування.
- 7.4. Методи надання змінних та констант у лексику мови ST.
- 7.5. Порівняльні характеристики мовних засобів програмування ПЛК.
- 7.4. Використання входів ПЛК та їх специфікація. Література [1,3,4]
- 7.1.* Алгоритмічні мови «Pascal», «C», AHDL (ALTERA).
- 7.2.* Мова VHDL, як засіб надання цифрових пристроїв. Види інформації та методи її перетворення та відображення у системах керування.

Тема 8. Системи групового керування технологічним обладнанням (2)**Мета лекції: вивчення методів групового керування обладнанням.**

- 8.1. Групове керування обладнанням (ГКО). Групове керування СРС.
- 8.2. Алгоритми диспетчеризації групового керування технологічним процесом.
- 8.1* Методи управління автоматичним обладнанням.
- 8.2* ПІД - регулювання. Нечітко-логічний регулятор.
- 8.3* Методи пропорційного управління об'єктами промислової автоматики.
- 8.4* Релейний, частотно-імпульсний та широтно-імпульсний регулятори.

Тема 9. SCADA-системи автоматизованого проектування СК. (2)**Мета лекції: вивчення методів керування розподіленим виробництвом.**

- 9.1. Загальні поняття та технічні характеристики SCADA-систем.
- 9.2. СК розподіленим ТО. САПР «MASTERSCADА».
- 9.3. Мережеві інтерфейси. Open Platform Communication (OPC) сервер.
- 9.4. Призначення та характеристики OPC сервера.
- 9.5. Налаштування OPC-сервера MASTER-SCADA фірми INSAT (ЛР)
- 9.6. Переваги та недоліки мережевих систем керування розподіленим ТО. Література [1,3,4]

Тема 10.* Сучасні систем керування ТО. Модульний контроль. (2)

* Для повторення та самостійного вивчення.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин (денна форма)				
	усього	у тому числі			
		Л	П	Лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Програмований логічний контролер					
Тема 1. Вступна лекція	20	4	PM	4	8S0
Тема 2. Програмований логічний контролер.	24	6	FBD	6	10S1
Тема 3. Виконавча система маніпуляційного робота.	12	2	FBD	2	6S1
Тема 4. Системи керування електричними приводами.	14	2	FBD	2	4S2
Тема 5. Система керування ТО, як кінцевий автомат.	18	4	LD	4	12S2
Тема 6. Програмування ПЛК за стандартом МЭК 61131-3	18	4	LD	4	12S2
Тема 7. Програмування ПЛК мовами LD та ST	22	4	HEM	4	8S4

Тема 8. Системи групового керування технологічним обладнанням	12	2	HEM	2	6S4
Тема 9. SCADA-системи автоматизованого проектування СК.	16	2	HEM	2	5S3
Тема 10.* Модульний контроль.	14	2	HEM	2	5S3
Разом	64	10		10	24
Разом за семестр	140	32		32	76
Модуль 2.					
Індивідуальне завдання	10				10 РГР
Контрольний захід	-				-
Усього	150	32		32	86

5. Теми семінарських занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин
------	------------	-----------------

6. Теми лабораторних занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин

7. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість г.
1*	Розробка системи RFID-ідентифікації матеріального потоку RFD	-
2*	Дослідження нагрузочної характеристики ПМ MASM-200 PM	4
3	Мова програмування Ladder Diagramm LD	8
4	Синтез алгоритмів та програми керування засобами упорядкування технологічного середовища мовою FBD (Гідрост.) FBD	10
5	Визначення передаточної характеристики технічної системи CD	-
6	Моделювання завадостійкого інтерфейсу телеметричного каналу HEM	10
	Разом за семестр	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Фундаментальні принципи керування S0	8
2	Програмований логічний контролер S1	16
3	GX DEVELOPER. Система програмування та відпрацювання S2	28
4	SCADA-системи та їх використання у сучаснім виробництві S3	10
5	Системи керування маніпуляційними промисловими роботами S4	14
6	Розробка системи керування пневматичним автоматом RGR	10
7	Разом за семестр	86

9. Індивідуальне завдання

«Розробка системи керування пневматичним автоматом». Завдання передбачає розробку системи керування пневматичним технологічним обладнанням автоматизованої ділянки механічного виробництва із застосуванням програмованого логічного контролера (ПЛК) у середовищі «Owen Logic» фірми «OWEN» мовою FBD, або у середовищі «GX IECDeveloper» фірми MITSUBISHI. Завдання передбачає розробку алгоритмічного та програмного забезпечення системи керування та його відпрацювання у інтегральному середовищі розробки програмного забезпечення. Час виконання - до 10 годин.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), підготовка тез доповідей на наукових конференціях.

11. Методи контролю

Виконання та захист лабораторних та практичних робіт, виконання та захист РГР, письмовий модульний контроль, поточний фінальний контроль у вигляді підсумку балів за семестр, семестровий контроль (іспит).

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного контролю та за наявності допуску до контролю у вигляді **письмового іспиту** (комплексне завдання, що містить 2 теоретичних питання, які оцінюються до 30 балів та одне практичне завдання, що оцінюється до 40 балів). При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Контрольні питання до модуля 1.

1. Цифрові мережеві системи автоматизованого керування промисловим виробництвом.
2. Типові технологічні процеси механічного виробництва та засоби їх автоматизації.*
3. Автоматизовані MMI/SCADA системи, їх призначення та характеристики.
4. Режими роботи цифрових промислових мереж (ЦПМ) (M/S, Q/S, MQTT)
5. Приборний інтерфейс SPI.
6. Приборний інтерфейс RS232.
7. Приборний інтерфейс RS485.
8. Мережевий інтерфейс MODBUS RTU.
9. Мережевий інтерфейс ETHERNET_MODBUS RTU.
10. Мережева модель каналу зв'язку за стандартом ISO/OSI.
11. Топологія цифрових промислових мереж зв'язку.
12. Методи забезпечення завадостійкості мережевих сполучень на виробництві.
13. Базові принципи функціонування програмованих логічних контролерів (ПЛК).
14. Призначення і структурно-функціональний склад ПЛК.
15. Методи розробки програмного забезпечення до ПЛК за стандартом MEK6 1131/3.
16. Інформаційне забезпечення промислових систем автоматизованого керування.*
17. Місце та функції SCADA-систем у сучаснім виробництві.
18. Структура сучасного автоматизованого виробництва (PLC, SCADA, MES, ERP).
19. Переваги та недоліки SCADA-систем серед сучасних засобів керування виробництвом.
20. Прогнозування розвитку автоматизованих систем керування ТО.
21. Фундаментальні принципи керування. Принцип розімкненого керування. Принцип компенсації. Принцип регулювання за зворотнім зв'язком.
22. OPC сервер. Призначення та функціонування.
23. Використання мови ST при програмуванні ПЛК.
24. Програмування ПЛК мовою FBD.
25. Програмування ПЛК мовою LD.
26. Складна робототехнічна система.
27. Моделі багатозв'язкових систем автоматичного керування.
28. Принципи групового керування розподіленим технологічним обладнанням.
29. Принципи проектування СК на базі цифрових кінцевих автоматів.
30. Диспетчеризація групового керування ТО.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1 Розподіл балів, які отримують студенти впродовж семестру (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання та захист лабораторних робіт	0...10	3	0...30
Модульний контроль	0...30	1	0...30
Розрахункова робота	0...40	1	0...40
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Складові білету семестрового іспиту	Бали за одне завдання	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Теоретичне запитання	0...30	1	0...30
Тестове завдання: вибрати варіанти правильних відповідей	0...10	3	0...30
Задача	0...40	1	0...40
Всього за семестровий іспит			0...100

12.2 Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи організації модульної системи керування на базі ПЛК;
- стандарт програмування ПЛК МЭК 61131-3 та всі його мови;
- методи керування розподіленими системами автоматики.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

- застосовувати сенсорні засоби ідентифікації параметрів ТП;
- розробляти алгоритмічне забезпечення до мікропроцесорних систем керування пристроями автоматики механічного виробництва;

проектувати програмн керування технологічних контролерів (ПЛК) для вирішення задач автоматизації технологічного обладнання..

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь, необхідний для подальшого навчання та роботи за фахом. Справлятися з завданнями та відпрацювати всі практичні роботи, виконати домашнє завдання, та володіючий необхідними знаннями для усунення помилок, що виникли при його виконанні та здати модульне тестування.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, успішно захистити індивідуальне завдання, виконати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк, здати модульну роботу у вигляді тестів. Виявити системний характер знань по дисципліні.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно», та правильно виконати всі практичні завдання. Досконально знати всі теми та уміти застосовувати отримані знання та навички. Мати всебічне, систематичне та глибоке знання матеріалу та вміти вільно виконувати завдання, проявляти творчі здібності в розумінні, та використанні матеріалів дисципліни.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна та ECTS

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Заліку
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 -74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Порядок оформлення учебных документов [Текст]: учеб. пособие П60 / В.Н. Павленко, В.В. Воронько, Ю.А. Сысоев, И.М. Тараненко. – 3-е изд., доп. и испр. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 76 с.

Навчально-методичне забезпечення дисципліни розміщене у системі MENTOR <https://MENTOR.khai.edu> включає в себе:

- скановану копію робочої програми з дисципліни «Апаратне та програмне забезпечення сучасного виробництва »;
- розширений план лекцій з дисципліни «Апаратне та програмне забезпечення сучасного виробництва»;
- контрольні запитання з дисципліни;
- перелік навчально-методичного забезпечення з дисципліни що наведений в цій програмі;
- посібник з розрахункової роботи по дисципліні «Гідравліка гідро- та пневмопривод »; рекомендації та вказівки до лабораторних робіт з дисципліни

14. Рекомендована література

Базова література.

1. GX IEC Developer Система программирования и документации: Руководство по курсу обучения [текст] – Mitsubishi Electric, 2009. - 294с.
2. Е. В. Пашков. Электропневмоавтоматика в производственных процессах: Учеб. пособие [текст] – Е. В. Пашков, Ю. А. Осинский, А. А. Четверкин: Под редакцией Е. В. Пашкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Севастополь: Изд. СевНТУ, 2003. -496с
3. С. А. Воротников, «Информационные устройства робототехнических систем». М. МГТУ имени Н.Э. Баумана 2005, 384с.
4. И. В. Петров. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования [текст] – И. В. Петров. – М: ООО «СОЛОН-Пресс», 2004.
5. А. Е. Васильев. Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений [текст] А. Е. Васильев – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 304 с.

Довідкова література.

6. В. Фритч. Применение микропроцессоров в системах управления [текст]/ Фритч В.: пер. с нем. – М. Мир, 1984. – 464с.
7. В. Н. Дроздов. Системы автоматического управления с микроЭВМ [текст]/ Дроздов В. Н., Мирошник И. В., Скорубский В. И. – Л.: Машиностроение, Лен. отд., 1989. - 284с.
8. В. Л. Сосонкин. Программное управление технологическим оборудованием: учеб. для вузов/ В. Л. Сосонкин. М. Машиностроение, 1991. – 512с.
9. В.В. Кангин. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры. Учебное пособие./ В.В.Кангин, В.Н, Козлов – М. «Бином. Лаборатория знаний», 2010. – 418с.
10. А. В. Белявский, И.П. Бойчук, И.А. Сыпченко Устройства электроники и автоматики. Харьков, «ХАИ», 2013 г., 80с.

11. А. В. Белявский, И.П. Бойчук, О.В. Косенко. Транспортная телематика и мониторинг транспортных систем. Харьков, «ХАИ», 2014 г., электронный ресурс.
12. А.М. Корытин, И.К. Петров, С.Н. Радимов, И.К. Шапарев. Автоматизация типовых технологических процессов и установок. М.: Энергоатомиздат, 1988г.
13. Д.А.Комолов, Р.А.Мяльк, А.А.Зобенко, А.С. Филиппов. Системы автоматизированного проектирования фирмы ALTERA\ Краткое описание и самоучитель. М., «РадиоСофт», 2002г.
14. Зенкевич С. Л. Управление роботами : учебник для вузов / С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 482с.
15. К. Фу, Р. Гонсалес. Робототехника, М. Мир, 1989. – 624с.
16. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника. Справочное руководство. / М., Мир, 1983, - 512с.

15. Інформаційні ресурси

<https://education.khai.edu/department/202>

<https://k202.tilda.ws/>