

Додаток до робочої програми навчальної дисципліни
«Електротехніка та електроніка»

Дію робочої програми продовжено: на 2021/2022 н. р.

Заступник декана факультету комп'ютерних наук з навчальної роботи



Євгенія КОЛОВАНОВА

«25» червня 2021 р.

Голова науково-методичної комісії факультету комп'ютерних наук



Анатолій БЕРДНІКОВ

«25» червня 2021 р.

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра електроніки та управляючих систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор
з науково-педагогічної роботи
Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ
2020 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електротехніка та електроніка

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський) рівень
галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	125 Кібербезпека
освітня програма	Кібербезпека
вид дисципліни	обов'язкова
факультет	комп'ютерних наук

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук
«31» серпня 2020 року, протокол № 12

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки та управляючих систем
Стервоєдов Микола Григорович

Програму схвалено на засіданні кафедри електроніки та управляючих систем


Протокол від «30» травня 2019 року № 10

Завідувач кафедри електроніки та управляючих систем


_____ Микола СТЕРВОЄДОВ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Кібербезпека»

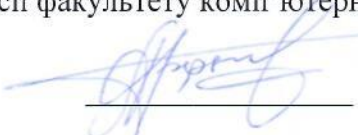
Гарант освітньої програми «Кібербезпека»


_____ Сергій РАССОМАХІН

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від «31» серпня 2020 року № 1

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


_____ Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Електроніка та електротехніка» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 125 «Кібербезпека».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання дисципліни "Електроніки та електротехніки" є ознайомлення студентів з основами схемотехніки аналогових і цифрових пристроїв, в першу чергу, що виготовляються за інтегральною технологією, методами їх аналізу, а також формування у студентів знань і умінь, що дозволяють здійснювати схемотехнічне проектування радіоелектронних пристроїв, що забезпечують аналогову і цифрову обробку сигналів. Ці знання і уміння мають не лише самостійне значення, але повинні також забезпечити базу для освоєння інших інженерних дисциплін.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є дати студентам теоретичну та практичну підготовку в області проектування та експлуатації технічних засобів сучасної електронної техніки, принципи функціонування основних аналогових і цифрових пристроїв, їх базових елементів; проектування схемотехніки цифрових і аналогових пристроїв, що розробляються у тому числі з урахуванням можливості їх реалізації по інтегральній технології; методи розрахунків, пов'язані з вибором параметрів і режимів роботи.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин - 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
_____ год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
20 год.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

знати:

- принципи функціонування основних аналогових пристроїв і їх базових елементів, у тому числі диференціальних каскадів і операційних підсилювачів, а також пристроїв обробки аналогових сигналів, побудованих на їх базі;
- принципи функціонування основних цифрових пристроїв і їх базових елементів;
- особливості схемотехніки аналогових і цифрових пристроїв, що враховують їх реалізацію за інтегральною технологією;

вміти:

- застосовувати методи аналізу аналогових і цифрових пристроїв;
- здійснювати проектування схемотехніки аналогових і цифрових пристроїв, що розробляються, з урахуванням можливості їх реалізації по інтегральній технології; виконувати розрахунки, пов'язані з вибором параметрів і режимів роботи пристроїв.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні компетентності.

Інтегральна компетентність.

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі забезпечення інформаційної безпеки і/або кібербезпеки, що характеризується комплексністю та неповною визначеністю умов.

Загальні компетентності (КЗ).

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (КЗ 1);

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

- здатність відновлювати штатне функціонування інформаційних, інформаційно-телекомунікаційних (автоматизованих) систем після реалізації загроз, здійснення кібератак, збоїв та відмов різних класів та походження (КФ 6);

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні програмні результати навчання (ПРН).

- вирішувати завдання захисту програм та інформації, що обробляється в інформаційно-телекомунікаційних системах програмно-апаратними засобами та давати оцінку результативності якості прийнятих рішень (ПРН 14);
- використовувати сучасне програмно-апаратне забезпечення інформаційно-комунікаційних технологій (ПРН 15);
- проводити атестацію (спираючись на облік та обстеження) режимних територій (зон), приміщень тощо в умовах додержання режиму секретності із фіксуванням результатів у відповідних документах (ПРН 39);
- вирішувати задачі захисту інформації, що обробляється в інформаційно-телекомунікаційних системах з використанням сучасних методів та засобів криптографічного захисту інформації (ПРН 47);
- усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні ((ПРН 54).

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Аналогова схемотехніка

Тема 1. Ввідна лекція. Завдання курсу, його основні положення і місце дисципліни в підготовці фахівців.

Загальна структура і основні елементи інформаційно-вимірювальної й управляючої системи для фізичного експерименту. Структурна схема підсилювального пристрою. Характеристики джерел сигналу, навантаження і джерела живлення, їх еквівалентні схеми. Поняття зворотного зв'язку. Основні характеристики і показники роботи диференціального каскаду. Ідеальний операційний підсилювач (ОП): властивості і правила розрахунку схем. Неінвертуюче, інвертуюче та диференціальне включення ОП.

Неінвертуючий та інвертуючий суматор на ОП. Схема підсумовування і віднімання на ОП. Інтегратор і диференціатор на ОП. Компаратор напруги на ОП.

Тема 2. Вимірjувальні підсилювачі на ОП. Генератори струму на ОП.

Джерело струму в незаземленне навантаження на ОП. Піковий (амплітудний) детектор на ОП. Перетворювач струм - напруга на ОП. Схема термопарного термометра з диференціальним підсилювачем на ОП. Схема фотометру на ОП.

Тема 3. Компаратор напруги з гістерезисом на ОП. Пасивні і активні фільтри низької і високої частоти на ОП.

Смуговий та ежекторний активні фільтри на ОП. Генератори на ОП. Схема генератора на ОП з регулюванням частоти імпульсів.

Розділ 2. Цифрова схемотехніка

Тема 4. Системи числення.

Визначення булевої (логічної, переключачої) функції. Логічні операції і логічні елементи. Способи визначення булевих функцій. Булеві функції одній і двох змінних. Теорема булевої алгебри. Повні набори булевих функцій. Визначення комбiнаційної схеми. Синтез комбiнаційних схем на прикладі синтезу мажоритарної схеми. Синтез дешифраторів. Синтез комбiнаційної схеми на прикладі синтезу дешифратора для сімисегментного індикатора. Синтез комбiнаційних схем на прикладі синтезу полусуматора. Синтез повного суматора. Арифметичний суматор двійкових чисел.

Тема 5. Визначення тригера.

RS-тригери на елементах І-НІ та АБО-НІ. RST – тригер. D і DT – тригер. Лічильний тригер. Двійкові лічильники. Двійкові та двійково - десяткові лічильники Регістри. Паралельний та паралельно - послідовний регістр. Старт - стопова схема виміру інтервалу часу. Структурна схема частотоміра і лічильника імпульсів з індикацією.

Тема 6. Схема вибірки – зберігання на ОП. ЦАП, АЦП.

Визначення і приклади використання. ЦАП з підсумовуванням струмів (із зваженими резисторами). ЦАП з матрицею R - 2R. Алгоритм роботи і структурна схема АЦП диференціального кодування (прямого підрахунку). Алгоритм роботи і структурна схема АЦП послідовного наближення. АЦП методом перетворення А - Т - код (амплітуда - інтервал часу - код). Алгоритм роботи і структурна схема АЦП подвійного інтегрування.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	Денна форма				
		у тому числі				
1	2	л	п	лаб	інд	ср
3	4	5	6	7		
Розділ 1. Аналогова схемотехніка						
Тема 1. Ввідна лекція. Завдання курсу, його основні положення і місце дисципліни в підготовці фахівців. Загальна структура і основні елементи інформаційно-вимірювальної й управляючої системи. Проходження сигналів крізь RLC кола.	19	4	4		5	6
Тема 2. Схеми зі зворотнім зв'язком. Схеми включення ОП. Вимірювальні підсилювачі на ОП. Генератори струму на ОП.	19	4	4		5	6
Тема 3. Компаратор напруги з гістерезисом на ОП. Пасивні і активні фільтри низької і високої частоти на ОП.	23	6	6		5	6
Разом за розділом 1	61	14	14		15	44
Розділ 2. Цифрова схемотехніка						
Тема 4. Системи числення. Визначення булевої (логічної, переключуючої) функції. Логічні операції і логічні елементи. Синтез комбінаційних схем.	18	6	6			6
Тема 5. Визначення тригера. Rs-тригери на елементах І-НІ та АБО-НІ. Rst – тригер. D і DT – тригер. Лічильний тригер. Лічильники. Регістри.	18	6	6			6
Тема 6. Схема вибірки – зберігання. ЦАП, АЦП. Визначення і приклади використання. ЦАП з підсумовуванням струмів (із зваженими резисторами). ЦАП з матрицею R - 2R. Алгоритм роботи і структурна схема АЦП диференціального кодування (прямого підрахунку). Алгоритм роботи і структурна схема АЦП послідовного наближення.	23	6	6		5	6
Разом за розділом 2	59	18	18		5	18
Усього годин	120	32	32		20	36

4. Теми лабораторних (практичних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	RLC компоненти і ланцюги в часовій та частотній областях. / Заряд і розряд конденсатора та стала часу.	6
2	Амплітудна і фазова характеристики фільтра низької частоти. / Комплексна лабораторна робота № 1 “Дослідження підсилювальних властивостей резистивного каскаду зі СЗЕ . Порівняльна характеристика резистивних каскадів СЗЕ, СЗК, СЗБ та диференціального каскаду”.	4
3	Амплітудна і фазова характеристики фільтра високої частоти. / Комплексна лабораторна робота № 2 “Дослідження лінійних аналогових схем на ОУ”	4
4	Диференціюючі кола. / Комплексна лабораторна робота № 3 “Дослідження цифрових схем”	6
5	Скорочувальний ланцюг. / Комплексна лабораторна робота № 4 “Дослідження цифро - аналогово перетворювача”	6
6	Інтегрувальне коло. / Комплексна лабораторна робота № 5 “Дослідження аналого - цифрового перетворювача”	6
	Разом	32

Виконуються реальні і віртуальні частини лабораторної роботи.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт	12
2	Повторення матеріалу з аналогової електроніки. Виконання розрахункової роботи.	20
3	Повторення матеріалу з цифрової електроніки	10
4	Підготовка до контрольної роботи	5
5	Вивчення комп'ютерних систем моделювання електронних схем Electronics Workbench, MicroCAP, Multisim , PROTEUS VSM та моделювання схем.	9
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Виконати розрахунково-графічну роботу “ Проходження сигналів крізь RLC – ланцюги”.

7. Методи навчання

Як правило лекційні та практичні заняття проводяться аудиторне. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторне або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

8. Методи контролю

Підсумковий семестровий контроль - *Іспит – письмово*. Поточний контроль – *звіти з виконання лабораторних робіт, контрольна робота, розрахунково-графічна робота/ «Проходження сигналів крізь RLC – ланцюги».*

9. Схема нарахування балів

Розподіл балів для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Контрольна робота.	Розрахунково-графічна робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6					
5	5	5	5	5	5	15	15	60	40	100

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ УСПІШНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Критерії оцінки виконання лабораторних робіт (до 30 балів).

Максимальна кількість балів, які можна отримати протягом семестру.

1. Залік по приборам, які використовуються при виконанні лабораторних робіт – 5 балів;
2. Відвідування лабораторних занять – 5 балів;
3. Виконання лабораторних робіт – 10 балів;
4. Оформлення результатів лабораторних робіт – 10 балів;
5. Здача лабораторних робіт – 10 балів.

Відвідування лабораторних занять

5,0 бали: студент відвідав 100% лабораторних занять;
 4,5 бали: студент відвідав 86 – 90% лабораторних занять;
 4,0 бали: студент відвідав 76 – 80% лабораторних занять;
 3,5 бали: студент відвідав 71 – 75% лабораторних занять;
 3,0 бали: студент відвідав 66 – 70% лабораторних занять;
 2,5 бали: студент відвідав 61 – 65% лабораторних занять;
 3,0 бали: студент відвідав 51 – 60% лабораторних занять;
 2,0 бали: студент відвідав 41 – 50% лабораторних занять;
 1,5 бали: студент відвідав 31 – 40% лабораторних занять;
 1,0 бали: студент відвідав 21 – 30% лабораторних занять;
 0,5 бали: студент відвідав 16 – 20% лабораторних занять;
 0,25 бал: студент відвідав 11 – 15% лабораторних занять;
 0,1 бали: студент відвідав 5 – 10% лабораторних занять;
 0,0 балів: студент не відвідував лабораторні заняття.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт.

Протягом семестру студент має виконати 6 лабораторних робіт за темами T1...T6:

Тема 1. Заряд і розряд конденсатора та стала часу.– максимальна кількість балів: 1,5 балів; термін виконання – 2 тижні.

Тема 2. Амплітудна і фазова характеристики фільтра низької частоти. – максимальна кількість балів: 2 бала; термін виконання – 2 тижні.

Тема 3. Амплітудна і фазова характеристики фільтра високої частоти.– максимальна кількість балів: 2 бала; термін виконання – 2 тижні.

Тема 4. Диференціюючі кола – максимальна кількість балів: 1,5 бала; термін виконання – 2 тижні.

Тема 5. Скорочувальний ланцюг – максимальна кількість балів: 1,5 балів; термін виконання – 2 тижні.

Тема 6. Інтегрувальне коло. – максимальна кількість балів: 1,5 балів; термін виконання – 2 тижні.

Перед виконанням лабораторної роботи студент вивчає вимоги та технічне завдання, яке занотовує в лабораторний зошит. Після цього відбувається обговорення та перевірка того, що завдання було зрозуміле коректно. Кожен студент виконує роботу самостійно. Дозволяється сумісне вимірювання величин згідно технічного завдання, але, результати досліджень кожен студент занотовує власноруч в свій лабораторний зошит. Результати роботи оформлюються у вигляді розрахованих значень, таблиць та графіків згідно технічного завдання.

Критерії оцінювання оформлення результатів лабораторної роботи:

- обчисленні результати зрозумілі, таблиці та графіки виконані акуратно і згідно завдання – студент отримує 100% від максимальної кількості балів;
- обчисленні результати не зрозумілі, таблиці і графіки виконані неакуратно або не зрозумілі - студент отримує 50% від максимальної кількості балів;

Захист лабораторних робіт складається з двох етапів

Перший етап – представлення результатів у вигляді графіків та обчислених значень згідно до завдання лабораторної роботи.

Критерії оцінювання результатів роботи:

- робота була виконана у відповідності з технічним завданням за вказаний час – студент отримує 100% від максимальної кількості балів;
- робота була виконана у відповідності з технічним завданням с запізненням до одного тижня – студент отримує 80 % від максимальної кількості балів;

Другий етап здачі лабораторних робіт – відповідь на контрольні питання. Кількість питань визначає викладач за результатами представлених результатів, але не менше ніж 3. Кожне контрольне питання оцінюється таким чином:

- повна відповідь – кількість балів дорівнює 10 балів;
- неповна відповідь, або відповідь, що містить незначні та некритичні помилки чи суперечності – кількість балів зменшується на 20 %;
- відповідь, що містить критичні помилки - – кількість балів зменшується на 50 %;
- відсутність відповіді – кількість балів зменшується на 100 %.

Критерії оцінки контрольної роботи (до 15 балів).

При розробці критеріїв оцінки контрольної роботи за основу беруться повнота і правильність виконання завдань. Оцінка рівня знань проводиться згідно до нормативів Міністерства освіти та науки України, а також з урахуванням перерахунку, діючого в ХНУ імені В.Н. Каразіна, 1бальної шкали оцінок у 4-бальну.

А саме:

Оцінка «15 (5 з 4 – бальної шкали)» виставляється за:

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, обґрунтований, безпомилковий виклад матеріалу;
- вільне формування висновків та узагальнень;
- самостійне застосування знань в конкретних ситуаціях;
- правильне, охайне оформлення контрольної роботи.

Оцінка «12 (4 з 4 – бальної шкали)» виставляється за:

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, безпомилковий виклад матеріалу;
- формування висновків та узагальнень;
- допущення окремих несуттєвих помилок;
- коли відповідь в основному відповідає вимогам, що і відповідь на оцінку «відмінно», але студент допускає незначні помилки, які не впливають у цілому на загальне рішення задачі.

Оцінка «8 (3 з 4 – бальної шкали)» виставляється за:

- знання і розуміння тільки основного матеріалу;
- спрощений і неповний виклад матеріалу;
- допущення окремих суттєвих помилок;
- коли студент в основному виконав завдання, але не глибоко володіє матеріалом, його знання мають розрізнений характер, допускаються помилки, які можна легко виправити і не викликають поважних ускладнень.

Оцінка «5 (2 з 4 – бальної шкали)» виставляється за:

- поверхове знання і розуміння основного матеріалу;
- спрощений і непослідовний виклад матеріалу з допущенням істотних помилок;
- відсутність узагальнень і висновків;
- коли студент орієнтується, дає невірну відповідь, має слабкі теоретичні знання.

Критерії оцінки розрахунково-графічна роботи (до 15 балів).

Результати роботи оформлюються згідно діючим на ФКН вимогам у вигляді розрахованих значень, таблиць та графіків згідно технічного завдання.

Критерії оцінювання оформлення результатів роботи:

- обчисленні результати зрозумілі, таблиці та графіки виконані акуратно і згідно завдання – студент отримує 8 балів ;
- обчисленні результати не зрозумілі, таблиці і графіки виконані неакуратно або не зрозумілі - студент отримує 5 балів;

На захисті роботи викладачем задається 3 питання.

- повна відповідь – кількість балів дорівнює 7 балів;
- неповна відповідь, або відповідь, що містить незначні та некритичні помилки чи суперечності – кількість балів зменшується на 20 %;
- відповідь, що містить критичні помилки - – кількість балів зменшується на 50 %;
- відсутність відповіді – кількість балів зменшується на 100 %.

Нарахування балів за екзамен (до 40 балів).

Умовою допуску до екзамену є виконання і захист не менш, як 60% лабораторних робіт (більш 15 балів), обов'язкового виконання контрольної роботи (від 5 до 15 балів) та виконання і успішний захист розрахунково-графічна роботи (від 5 до 15 балів).

Екзаменаційний білет складається з 3 питань, вичерпна відповідь на кожне з них зараховується як 12 балів – перше питання, 12 балів – друге питання і 16 балів – третє питання, що дає в сумі максимальні 40 балів за іспит. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить письмова робота студента.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. А.Г.Алексенко. Основы микросхемотехники. – М.: Физматлит Юнимедиастайл. – 2002.
2. П.Хоровиц, У.Хилл. Искусство схемотехники. – М.: «Мир». – Т. 1 ÷ 3. – 1993.
3. А.И.Кучумов. Электроника и схемотехника. – М.: «Гелиос АРВ». – 2002.
4. Ю.Ф.Опадчий, О.П.Глудкин, А.И.Гуров. Аналоговая и цифровая электроника. – М.: «Горячая линия – Телеком». – 1999.
5. В.И.Каганов. Радиотехника + компьютер + mathcad. – М.: «Горячая Линия – Телеком». – 2001.
6. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. Уч. пособие. – СПб.: БХВ Петербург, 2001.–528 с.
7. В.И.Карлащук. Электронная лаборатория на IBM PC. – М.: «Солон Р». – 1999.
8. Дж.Гринфилд. Транзисторы и линейные ИС. – М.: «Мир». – 1992.
9. Густав Олссон, Джангуидо Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления. – Санкт-Петербург: «Невский Диалект». – 2001.
10. Майс Предко. Руководство по микроконтроллерам. – М.: Постмаркет. –2001.
11. У. Титце, К. Шенк. Полупроводниковая схемотехника. М. Мир, 1982
12. М.П. Бабич, І.А. Жуков. Комп'ютерна схемотехніка. Київ. МК-Прес, 2004
13. М.Х. Джонс. Электроника-практический курс. М. Постмаркет, 1999
14. Алексенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. Учебное по-собие для ВУЗов. – М.: «Радио и связь». 1990, – 496 с.
15. Бабич М.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка. Навч. посібник. – К.: НАУ, 2002. – 508 с.

Допоміжна література

1. ДСТУ 3212-95. Мікросхеми інтегровані. Класифікація та система умовних позначень.
2. ДСТУ 2399-94. Системи обробки інформації. Логічні пристрої, схеми, сигнали. Терміни та визначення.
3. ДСТУ 2383-94. Мікросхеми інтегровані. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів.
4. ДСТУ 2533-94. Системи обробки інформації. Арифметичні та логічні операції. Терміни та визначення.

5. ГОСТ 2.708-81. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем цифровой вычислительной техники.
6. ГОСТ 2.7043-91. ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Элементы цифровой техники.
7. Цифровые интегральные микросхемы: справочник «П.П. Мальцев, Н.С. Долидзе и др. – Радио и связь, 1994. – 240с.»

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Компьютерное моделирование электронных схем: [Электронный ресурс] // AudioKiller, 2005 -2017. URL:www.electroclub.info/article/comp_modeling.htm
2. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов: [Электронный ресурс] // Российское образование, 2017. URL: www.fcior.edu.ru.
3. Федеральный портал "["Российское образование"](http://www.edu.ru/) : [Электронный ресурс] // ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ, 2002-2018. URL:<http://www.edu.ru/>
4. Electronics Workbench 5.12: программа для моделирования электронных схем.
5. MicroCAP 8: программа моделирования электронных схем.
6. Multisim 7: современная система компьютерного моделирования.
7. PROTEUS VSM: система виртуального моделирования схем.